



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA,  
BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO JEQUIEZINHO,  
SEMIÁRIDO BAIANO, ATRAVÉS DE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS E  
COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS**

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

**VALÉRIA SHEILA RIBEIRO DO NASCIMENTO**



**Jequié-BA  
2016**

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



**VALÉRIA SHEILA RIBEIRO DO NASCIMENTO**

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO JEQUIEZINHO,  
SEMIÁRIDO BAIANO, ATRAVÉS DE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS E  
COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS**



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, para obtenção do título de Mestre em Genética, Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Marcos de Almeida Bezerra  
Co-orientador: Prof. Dr. Sérgio Luiz Sonoda



Jequié-BA

2016

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Nascimento, Valéria Sheila Ribeiro do.  
N199 Avaliação da qualidade da água do Rio Jequezinho, semiárido baiano, através de variáveis limnológicas e comunidades de macroinvertebrados aquáticos/Valéria Sheila Ribeiro do Nascimento.- Jequié, UESB, 2016.  
100 f. il.; 30cm. (Anexos)

Dissertação de Mestrado (Pós-graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação)- Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2016. Orientador: Profº. Drº. Marcos de Almeida Bezerra.

1. Rio Jiquezinho, semiárido baiano – Características limnológicas 2. Rio Jequezinho, Jequié/Bahia - Macroinvertebrados 3. Rio Jequezinho, região semiárida/Bahia – Contaminação por metais I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia II. Título.

CDD-577.34

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



## FOLHA DE APROVAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

---

**Prof. Dr. Marcos de Almeida Bezerra**  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, Jequié  
Departamento de Química e Exatas-DQE  
Orientador



---

**Prof. Dr. Ivan Cardoso Nascimento**  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, Jequié  
Departamento de Ciências Biológicas-DCB

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

---

**Prof. Dr. Nadson Ressayé Simões da Silva**  
Universidade Federal do Sul da Bahia-UFSB, Porto Seguro  
Membro externo



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



*Dedico aos meus pais, pela compreensão e incentivo!*

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente tenho que agradecer ao Bom Deus, que me deu o dom da vida, força, coragem e disciplina para chegar até aqui.

Ao Programa de Pós Graduação em Genética, Biodiversidade, Conservação e Análise e caracterização ambiental, pela oportunidade de estudar e evoluir.

À FAPESB pelo apoio financeiro para realização da pesquisa.

Ao setor de transportes da UESB pela disponibilidade em sempre atender as minhas necessidades de transporte.

Fabiano, Waldys...meus motoristas corajosos e pacientes (hahaha), muito obrigada!

Às secretárias do PPG-GBC pela paciência de sempre.

Aos mestres que tanto me ensinaram durante esses dois anos. Obrigada por todo o conhecimento que a mim foi apresentado.

Ao meu orientador Marcos Bezerra, muito obrigada por ter aceitado me orientar, e, por ter me oferecido a oportunidade de conhecer novas áreas da ciência.

Ao meu coorientador Serginho, muito obrigada pela paciência na definição da metodologia, pelo super apoio nas idas à campo, pela ajuda e resenhas no laboratório.

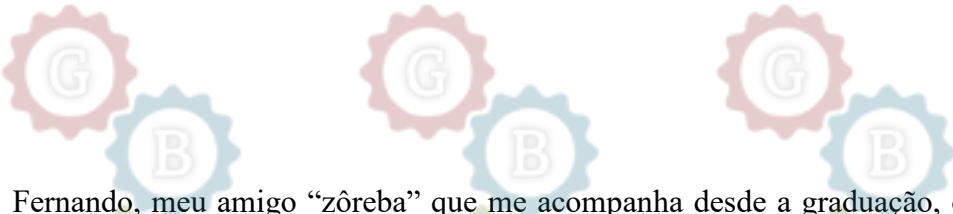
Às professoras Dôra e Mírian pela participação e contribuição na minha banca de qualificação e ajuda nas análises estatísticas, respectivamente. E à professora Marluce por ceder sempre que necessário sua sonda multiparamétrica HORIBA, fundamental para realização deste trabalho.

Alan, meu braço direito nas coletas e laboratório, não consigo imaginar como teria sido sem sua ajuda, “UFA”! Valeu mesmo!

Grande Jose, como sempre me salvando, muito obrigada pelos conselhos, pelo bom ouvido para minhas lamentações (hahaha), pela super ajuda nas análises estatísticas.

À Jefinho, Gi e Uilliam do Laboratório de Química Analítica II, pela ajuda no desenvolvimento da parte química do meu trabalho. Obrigada pelo acolhimento, pela prestatividade e descontrações.





Fernando, meu amigo “zôreba” que me acompanha desde a graduação, obrigada pela companhia, pelas resenhas e pela amizade doida e sincera de sempre. Nessa fase conheci e “re-conheci” pessoas que nunca imaginei ter como amigos... Joseli, Jefferson Rogim, Marcinha, como foi bom conhecer vocês. Lane, Polly, MK, Bel, Ansermo, obrigada pelo companheirismo sempre. Pessoal obrigada por me permitirem fazer parte dos seus círculos de amizade.

Papis e Mamis, muito obrigada por tudo, tudo, tudo que fizeram e fazem por mim. Mesmo não entendendo meus horários doidos, meus materiais e “bichinhos” de coleta, sempre estiveram ao meu lado, e, sem o apoio de vocês eu não estaria completando essa fase.

Alexandre, obrigada por ouvir meus desabafos, minhas alegrias, por aguentar meu cansaço, meus estresses, minhas ausências. Você estará para sempre em meu músculo que bombeia sangue.

Meu Pingo, que me acompanhou em cada madrugada em claro, que aguentou meus estresses, minhas ausências. Meu coroa, dono dos meus sorrisos, te amo “bebêco”.



## BIOGRAFIA

Chamo-me Valéria Sheila Ribeiro do Nascimento, nasci no dia 23 de abril de 1992, na cidade de Alagoa Grande, interior do Estado da Paraíba. Fui morar em João Pessoa-PB, com meus pais e meu irmão (seis anos e cinco meses mais velho) quando ainda era bebê, e, nesta cidade vivi até meus 14 anos. Por conta da transferência imposta pelo trabalho do meu pai, mudei-me aos 15 anos para a cidade de Jequié-BA, onde resido atualmente. Cursei Ensino Médio em escola pública da rede estadual, concluído no final de 2009 e logo ingressei no curso de Bacharelado em Ciências Biológicas na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia- UESB, campus de Jequié. No decorrer do curso optei pela área ecologia de águas continentais. Meu trabalho de conclusão de curso foi na área de caracterização limnológica, o qual trabalhei em uma represa artesanal utilizada por moradores e por um matadouro. Em 2014 concluí o curso e tornei-me bióloga. Ainda em 2014 ingressei no curso de pós-graduação, nível mestrado, na mesma instituição pela qual recebi o título de bacharela em ciências biológicas. Meu trabalho envolveu a análise e caracterização ambiental de um rio temporário do semiárido baiano. Anseio continuar na carreira acadêmica, e caso não seja possível pretendo seguir meu objetivo o qual é trabalhar como bióloga.





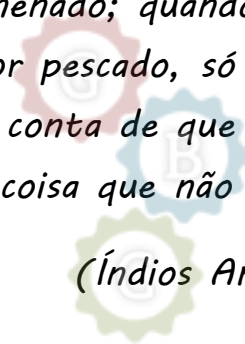
Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

*“Quando a última árvore cair,  
derrubada; quando o último rio  
for envenenado; quando o último  
peixe for pescado, só então nos  
daremos conta de que dinheiro é  
coisa que não se come.”*

*(Índios Amazônicos)*



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

## RESUMO

A qualidade e quantidade de água presente nos corpos hídricos vêm sofrendo modificações há décadas por conta da má utilização dos mesmos. A escassez de trabalhos para diagnóstico da saúde de ambientes aquáticos na região semiárida da Bahia contribui para que os mesmos não sejam preservados e/ou recuperados. O objetivo do presente trabalho foi analisar as características limnológicas e a comunidade de macroinvertebrados bentônicos da região do Rio Jequezinho, na cidade de Jequié, Bahia, a fim de verificar a contaminação por metais potencialmente tóxicos. O Rio Jequezinho é um rio temporário, localizado no semiárido Baiano, o qual possui trecho com aproximadamente 10 km de extensão em perímetro urbano. As coletas foram realizadas no período de seca da região (maio, julho e setembro/2015) em seis trechos, três em ambientes lóticos e três em ambientes lênticos. Foram mensurados os seguintes parâmetros limnológicos: temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ), oxigênio dissolvido (mg/L), pH, alcalinidade (mg/L), condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), turbidez (NTU), potencial de oxidação-redução (mV), material em suspensão total (mg/L) e clorofila  $\alpha$  (mg/L). Também foram coletadas amostras de água, sedimento e macroinvertebrados para determinação das concentrações de metais, e ainda foram realizadas análises da composição da comunidade de macroinvertebrados. O Rio Jequezinho apresentou valores elevados de pH, alcalinidade e condutividade elétrica, além de concentrações de oxigênio dissolvido abaixo do permitido pelo CONAMA. Também foram determinados concentrações de Mn, Fe, Zn, Ca, Na, Co, Cr, Mg, K, Pb, Cu, Ni nas amostras de sedimento e macroinvertebrados, sendo detectado neste último também a bioacumulação. Na água foram determinadas apenas concentrações de Ca, Na, Mg e K. A comunidade de macroinvertebrados também foi utilizada na aplicação de índices bióticos, os quais classificaram, de modo geral, a qualidade da água do Rio Jequezinho como poluída. O Rio Jequezinho sofre influência das cargas poluentes que o mesmo recebe através de fontes pontuais e difusas, tais poluentes influenciam na qualidade de água e na diversidade da comunidade de macroinvertebrados. O registro da presença de todos os metais analisados, neste trabalho, nas amostras de sedimento e nos macroinvertebrados mostram que o rio está contaminado, principalmente devido à presença de chumbo em alguns pontos. É necessária mais atenção com este ambiente devido sua importância para o semiárido baiano e para o Rio de Contas.

**Palavras-chave:** Rio Jequezinho, semiárido, poluição, macroinvertebrados, metais



## ABSTRACT

The quality and quantity of water present in water bodies have been modified for decades due to the misuse of them. The paucity of diagnostic health of aquatic environments in the semiarid region of Bahia State contributes to that they are not preserved and/or restored. The objective of this study was to analyze the limnological features and the benthic macroinvertebrate community of Jequezinho River region, in the city of Jequié, Bahia, in order to detect contamination by potentially toxic metals. The Jequezinho River is a temporary river, located in the semiarid region of Bahia State, which has stretch with about 10 km long in the urban area. Samples were collected in the dry season in the region (May, July and September/2015) in six sections, three in lotic and three in lentic environments. Limnological the following parameters were measured: water temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), dissolved oxygen ( $\text{mg L}^{-1}$ ) pH Alkalinity ( $\text{mgL}^{-1}$ ), electrical conductivity ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ), turbidity (NTU) oxy-reduction potential (mV), total suspended matter ( $\text{mgL}^{-1}$ )  $\alpha$  chlorophyll ( $\text{mgL}^{-1}$ ), width and depth. It were also collected water, sediments and macroinvertebrates samples for metal determination and also analysis of macroinvertebrate community composition were carried out. Jequezinho River showed high values of pH, alkalinity and electrical conductivity, and concentrations of dissolved oxygen below permitted by CONAMA. It were also determined concentrations of Mn, Fe, Zn, Ca, Na, Co, Cr, Mg, K, Pb, Cu, and Ni in sediment and macroinvertebrates samples. In the latter also being detected bioaccumulation. In the water were determined just concentrations of Ca, Na, Mg and K. Macroinvertebrates community has also been used in the application of biotic indices, which classified, in general, the water quality of Jequezinho river as polluted. Jequezinho River is influenced by loads of pollutants that it receives through point and diffuse sources and these pollutants affect water quality and diversity of macroinvertebrate community. The record of the presence of all metals analyzed in this work, in sediment samples and macroinvertebrates show that the river is contaminated, mainly due to the presence of lead in some points. More attention to this environment because of its importance to the semi-arid Bahia and the Rio de Contas is required.

**Keywords:** Jequezinho River, semiarid, pollution, macroinvertebrates, metals

## LISTA DE FIGURAS

### REFERENCIAL TEÓRICO

Figura 1. Formas de poluição e contaminação de corpos hídricos ..... 21

### CAPÍTULO 1

Figura 1. Localização dos pontos de coleta no Rio Jequezinho, semiárido da Bahia ..... 40

Figura 2. Precipitação mensal acumulada na cidade de Jequié, Ba, entre março e setembro/2015 ..... 43

Figura 3. Variação da temperatura (°C) entre os ambientes e meses amostrados ..... 44

Figura 4. Variação do oxigênio dissolvido (mg/L) entre os ambientes e meses amostrados .. 45

Figura 5. Variação do pH entre os ambientes e meses amostrados ..... 45

Figura 6. Variação da alcalinidade (mg/L) entre os ambientes e meses amostrados ..... 46

Figura 7. Variação da condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) entre os ambientes e meses amostrados ..... 46

Figura 8. Variação da turbidez (NTU) entre os ambientes e meses amostrados ..... 47

Figura 9. Variação do potencial de oxi-redução- ORP (mV) entre os ambientes e meses amostrados ..... 47

Figura 10. Variação do material em suspensão total (mg/L) entre os ambientes e meses amostrados ..... 48

Figura 11. Variação da clorofila (mg/L) entre os ambientes e meses amostrados ..... 48

Figura 12. Ordenação dos pontos de amostragem no espaço de acordo com os dois eixos da Análise de Componentes Principais, a partir dos valores das variáveis mensuradas. Significado de das abreviações: C- corredeira; P- poção; M- maio; J- julho; S- setembro; TEMP- temperatura; OD- oxigênio dissolvido; PH: pH; ALC- alcalinidade; C.E.- condutividade elétrica; TURB- turbidez; ORP- potencial oxi-redução; MST- matéria em suspensão total; CL- clorofila; L- largura e P- profundidade ..... 49

## CAPÍTULO 2

- Figura 1. Localização do Rio Jequeizinho, Bahia, e dos pontos amostrados no trecho urbano, localizado na cidade de Jequié-Ba-Brasil..... 63
- Figura 2. Abundância por ordem e composição da comunidade de macroinvertebrados amostrada nos trechos estudados do Rio Jequeizinho, semiárido Baiano ..... 66
- Figura 3. Concentração (mg/L) de metais potencialmente tóxicos na água do Rio Jequeizinho em maio, julho e setembro/2015 ..... 67
- Figura 4. Concentração (mg/g) de metais potencialmente tóxicos no sedimento do Rio Jequeizinho em maio, julho e setembro/2015 ..... 68
- Figura 5. Concentração (mg/g) de metais potencialmente tóxicos em macroinvertebrados aquáticos do Rio Jequeizinho em maio, julho e setembro/2015..... 68
- Figura 6. Análise de componentes principais das amostras de água coletadas em seis trechos, nos meses de maio (M), julho (J) e setembro (S) de 2015, no Rio Jequeizinho, Bahia ..... 69
- Figura 7. Análise de componentes principais das amostras de sedimento coletadas em seis trechos, nos meses de maio (M), julho (J) e setembro (S) de 2015, no Rio Jequeizinho, Bahia..... 70
- Figura 8. Análise de componentes principais das amostras de macroinvertebrados coletadas em seis trechos, nos meses de maio (M), julho (J) e setembro (S) de 2015, no Rio Jequeizinho, Bahia ..... 70
- Figura 9. Fator de bioacumulação da comunidade de macroinvertebrados do Rio Jequeizinho nos meses de maio, julho, e setembro de 2015..... 71

## CAPÍTULO 3

- Figura 1. Localização da área de estudo com as seis trechos amostrados, no perímetro urbano do Rio Jequeizinho, semiárido Baiano ..... 83
- Figura 2. Riqueza observada e estimada, dominância e equitabilidade da comunidade de macroinvertebrados aquáticos de seis trechos no perímetro urbano do Rio Jequeizinho, semiárido Baiano ..... 88



Figura 3. Análise de agrupamento dos trechos amostrados no Rio Jequeezinho, semiárido Baiano de acordo com pontuações obtidas a partir dos índices bióticos BMWP, BMWP- ASPT e IBF..... 90

**APÊNDICE**

**Capítulo 3**

Figura 1A. Indivíduos representantes das famílias registradas nos pontos de coleta do perímetro urbano do Rio Jequeezinho, semiárido baiano ..... 99

Figura 1B. Indivíduos representantes das famílias registradas nos pontos de coleta do perímetro urbano do Rio Jequeezinho, semiárido baiano.....100





## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

Tabela 1. Descrição e localização dos trechos amostrados no estudo realizado na parte urbana do Rio Jequezinho, semiárido da Bahia .....	41
--	----

### CAPÍTULO 2

Tabela 1. Descrição das condições utilizadas para operação dos espectrômetros na análise de metais potencialmente tóxicos do Rio Jequezinho-Bahia .....	65
---	----

Tabela 2. Descrição dos comprimentos de onda utilizados na determinação, por espectrometria atômica dos metais nas amostras coletadas no Rio Jequezinho-Bahia .....	65
---	----

### CAPÍTULO 3

Tabela 1. Descrição e localização dos trechos amostrados no estudo realizado na parte urbana do Rio Jequezinho, semiárido Baiano .....	84
--	----

Tabela 2. Pontuação das famílias de macroinvertebrados bentônicos para a obtenção do índice BMWP, adaptado .....	85
--	----

Tabela 3. Valores de tolerância de macroinvertebrados aquáticos utilizados na determinação de Índice Biótico de Famílias (IBF), adaptado de Zimmerman (1993).....	85
---	----

Tabela 4. Qualidade de água baseada no índice biótico BWMP adaptado Alba-Tercedor e Sánchez-Ortega (1988).....	86
--	----

Tabela 5. Qualidade de água baseada no índice biótico BMWP-ASPT adaptado de Mandaville (2002) .....	86
---	----

Tabela 6. Qualidade de água baseada no índice biótico famílias (IBF), adaptado de Zimmerman (1993).....	86
---	----

Tabela 7. Composição e abundância da comunidade de macroinvertebrados aquáticos coletada em seis trechos do perímetro urbano do Rio Jequezinho, semiárido Baiano .....	87
--	----

Tabela 8. Determinação da qualidade de água através da aplicação do índice BMWP utilizando famílias de macroinvertebrados aquáticos do trecho urbano do Rio Jequezinho, semiárido Baiano.....	89
---	----

Tabela 9. Determinação da qualidade de água através da aplicação do índice BMWP-ASPT utilizando famílias de macroinvertebrados aquáticos do trecho urbano do Rio Jequeizinho, semiárido Baiano .....	89
--	----

Tabela 10. Determinação da qualidade de água através da aplicação do IBF utilizando famílias de macroinvertebrados aquáticos do trecho urbano do Rio Jequeizinho, semiárido Baiano .....	89
--	----

## APÊNDICE

### Capítulo 1

Tabela 1. Valores das médias e desvios-padrão dos parâmetros limnológicos analisados, para cada ponto e mês estudado, no Rio Jequeizinho, Jequié-Ba .....	96
---	----

### Capítulo 2

Tabela 1. Concentrações de metais potencialmente tóxicos nas matrizes ambientais: água, sedimento e macroinvertebrados aquáticos coletados no Rio Jequeizinho, Bahia em maio/2015 .....	97
---	----

Tabela 2. Concentrações de metais potencialmente tóxicos nas matrizes ambientais: água, sedimento e macroinvertebrados aquáticos coletados no Rio Jequeizinho, Bahia em julho/2015 .....	97
--	----

Tabela 3. Concentrações de metais potencialmente tóxicos nas matrizes ambientais: água, sedimento e macroinvertebrados aquáticos coletados no Rio Jequeizinho, Bahia em setembro/2015 .....	98
---	----

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ACP- Análise de componentes principais

ALC- Alcalinidade

ASPT- Average Score Per Taxon (sem tradução formal para o português)

BAF- Bioaccumulation factors

BMWP- Biological Monitoring Working Party-score (sem tradução formal para o português)

Ca- Cálcio

C.E. - Condutividade

CL- Clorofila

Co- Cobalto

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente

Cr- Cromo

Cu- Cobre

FAAS- Espectrometria de absorção atômica na chama (Flame atomic absorption spectrometry)

FAES- Espectrometria de emissão atômica na chama (Flame atomic emission spectrometry)

FBI - Family Biotic Index

Fe- Ferro

K- Potássio

L- Largura

LQ- Limite de quantificação

Mg- Magnésio

Mn- Manganês

MST- Material em suspensão total

Na- Sódio

Ni- Níquel

O.D.- Oxigênio dissolvido

ORP- Potencial de oxi-redução

P- Profundidade

Pb- Chumbo

pH- Potencial hidrogeniônico

TEMP- Temperatura

TURB- Turbidez

Zn- Zinco

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	20
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	21
2.1.Parâmetros limnológicos indicadores da qualidade da água .....	21
2.2.Metais potencialmente tóxicos .....	24
2.2.1. Poluição da água por metais potencialmente tóxicos.....	25
2.3.Macroinvertebrados aquáticos .....	26
2.3.1. Uso de macroinvertebrados aquáticos como bioindicador .....	28
3. OBJETIVOS .....	30
3.1.Geral .....	30
3.2.Específicos .....	30
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	31
5. CAPÍTULO 1. Caracterização limnológica espacial do trecho urbano do Rio Jequezinho, semiárido Baiano .....	36
Introdução .....	38
Objetivo .....	39
Material e métodos .....	40
Resultados.....	42
Discussão .....	48
Conclusão .....	53
Referências bibliográficas .....	54
6. CAPÍTULO 2. Concentração de metais potencialmente tóxicos na água, sedimento e comunidade de macroinvertebrados do Rio Jequezinho, Bahia.....	60
Introdução .....	61
Objetivo .....	62
Material e métodos .....	62
Resultados.....	65
Discussão .....	70
Conclusão .....	74
Referências bibliográficas .....	74
7. CAPÍTULO 3. Avaliação da qualidade da água do perímetro urbano do Rio Jequezinho, semiárido baiano: aplicação de índices bióticos utilizando macroinvertebrados aquáticos .....	77



Introdução .....	79
Objetivo .....	80
Material e métodos .....	80
Resultados .....	85
Discussão .....	88
Referências bibliográficas .....	91
8. CONCLUSÕES GERAIS .....	95
9. APÊNDICES .....	96

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



## 1. INTRODUÇÃO

A água é um elemento de fundamental importância para todos os seres vivos, é essencial não só para manter as reações metabólicas de um organismo, mas também para reações e processos que ocorrem em todo o meio ambiente.

O uso inadequado da água começou com o crescimento populacional e com o desenvolvimento econômico. As pessoas passaram a explorar, excessivamente, os corpos hídricos, sem se preocupar com a preservação na qualidade e quantidade de água existente no meio.

A poluição, seja da água, do ar ou do ambiente terrestre, altera as características naturais do meio causando consequências negativas para os indivíduos que vivem naquele ambiente. Neste trabalho será enfatizada a poluição de corpos hídricos.

Corpos hídricos podem receber poluentes de fontes pontuais, fáceis de identificar, e, de fontes difusas que chegam à água por vários pontos difíceis de identificar. Muitos desses poluentes são persistentes, ou seja, não são degradados pelos organismos e consequentemente se acumulam ao longo do tempo seja no sedimento ou nos organismos vegetais ou animais. É o que ocorre com os metais potencialmente tóxicos.

Metais potencialmente tóxicos são prejudiciais a curto e longo prazo e podem causar danos de forma direta e indireta para o indivíduo, ou, para toda uma comunidade.

Caracterizar limnologicamente os corpos hídricos e conhecer a comunidade de organismos dos mesmos, aplicando assim o biomonitoramento, são de suma importância para um diagnóstico da saúde do meio. Os macroinvertebrados aquáticos estão sendo cada vez mais utilizados em estudos de qualidade ambiental, pois, são constituintes importantes do meio aquático.

Estudos de biomonitoramento geram informações que possibilitam a implantação de projetos para gestão e recuperação, de corpos hídricos que já apresentem algum grau de degradação, e, conservação de ambientes que ainda não sofrem tanta influência antrópica.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Parâmetros limnológicos indicadores da qualidade da água

O meio ambiente vem sofrendo muitas alterações ao longo do tempo, tanto de origem natural quanto artificial, sendo esta última a responsável por causar os impactos ambientais.

Impacto ambiental é definido, pela resolução nº 001 de 1986 do CONAMA, como:

*“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetem: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; IV - a qualidade dos recursos ambientais.”*

A degradação ambiental é um tipo de impacto ambiental, e é definida, pela Política Nacional de Meio Ambiente, como: “degradação da qualidade ambiental, alteração adversa das características do meio ambiente” (Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, artigo 3, inciso II).

A partir da Segunda Guerra Mundial o processo de urbanização sofreu forte impulso em todo o mundo. No Brasil, mais precisamente na década de 50, a urbanização acelerou conforme a indústria nacional foi se tornando mais atrativa, com isso houve migração populacional para as cidades (Santos, 1993).

Segundo Silva e Herculano, 2015,

*“Nas áreas urbanas os rios sofrem com modificações, ocupação irregular e desordenada da faixa marginal, degradação, confinamento em canais de concreto, sendo assim eliminado da paisagem, tornando-se elemento do sistema de drenagem, recendo tudo que é descartado pela sociedade”.*

O desenvolvimento econômico e consequentemente o populacional e urbano, levou ao aumento na degradação do meio ambiente, no caso dos ambientes urbanos a ação humana poluente mais frequente é a poluição de corpos hídricos.

Poluição hídrica, conforme Decreto n. 73.030/73, art. 13, § 1º, é definida como:

“Poluição da água é qualquer alteração de suas propriedades físicas, químicas ou biológicas, que possa importar em prejuízo à saúde, à segurança e ao bem-estar das populações, causar dano à flora e à fauna, ou comprometer o seu uso para fins sociais e econômicos”.

A poluição, não importando sua origem, causa alterações nas características físicas, químicas, biológicas e na hidrodinâmica dos rios da bacia, causando efeitos diretos e indiretos na biota aquática (Setti *et al*, 2000).

Efluentes gerados pela população humana, que são o esgoto doméstico/industrial e o esgoto pluvial, têm produzido um ciclo de contaminação dos corpos hídricos urbanos, e esse processo pode ocorrer de algumas formas descritas na figura 1.



**Figura 2.** Formas de poluição e contaminação de corpos hídricos  
Fonte: Benetti e Bidone, 1995; Scaramucciin, 1995

Naturalmente, a qualidade da água é afetada pelo contato com partículas presentes no solo e/ou dissolvidas de rochas, que são influenciados pelas características naturais do ambiente. Porém ações humanas, como despejos domésticos e industriais, afetam a qualidade da água de forma acelerada e perigosa (Von Sperling, 1996).

De modo geral, os componentes que alteram a qualidade da água podem ser retratados através de características físicas, químicas e biológicas, esses são os parâmetros utilizados para inferir sobre a qualidade da água de determinado corpo hídrico (Margalef, 1994).

Os parâmetros mais utilizados para interpretar sobre qualidade da água são segundo, Esteves, 2011; Von Sperling, 1996; Arcova *et al*, 2004, Matheus *et al*, 1995;

- Temperatura (parâmetro físico): é a medida de intensidade do calor. A temperatura é um parâmetro importante, pois, um pequeno acréscimo acarreta no aumento das taxas de reações químicas e biológicas, e, diminui solubilidade de gases importantes como o oxigênio.
- Turbidez (parâmetro físico): medida da dispersão da luz na coluna d'água. Ambientes com turbidez elevada perdem a capacidade de suporte de vida para muitos organismos aquáticos, devido à impossibilidade ou a diminuição da entrada de luz essencial para muitos processos metabólicos.
- Oxigênio (parâmetro químico): é a medida da concentração de oxigênio dissolvido no meio, disponível para os organismos animais e vegetais. Pode ser considerado um dos mais importantes parâmetros, pois, é um gás essencial a sobrevivência da maioria dos seres vivos.
- pH (parâmetro químico): é o potencial hidrogenionico que mede a acidez da água. A medida de pH pode variar de valores muito elevados, indicam que o ambiente está com alta atividade fotossintética, valores neutros, indicado para a maioria dos ambientes, e, valores muito baixos, indicam que o ambiente está sofrendo com entrada de matéria orgânica, fatores que interferem na biodiversidade local e na qualidade para consumo.
- Alcalinidade (parâmetro químico): medida da quantidade de íons presentes no corpo hídrico capazes de neutralizar ácidos. Valores de alcalinidade muito baixos indicam acidez, e, muito altos indicam que a água está com mais carbonatos. Seus extremos influenciam na sobrevivência da biodiversidade e podem causar alergias, quando ocorrem em água para consumo humano.
- Condutividade elétrica (parâmetro físico): mede sais e minerais dissolvidos na água. Valores altos ou muito baixos afetam o crescimento e podem levar à morte de alguns organismos aquáticos.
- Material em suspensão (parâmetro físico): é a medida do material particulado não dissolvido, encontrado suspenso no corpo d'água. Tem influencia direta na diminuição na transparência da água, impedindo a penetração da luz.
- Nutrientes (parâmetro químico): medida de elementos químicos essenciais ao crescimento e metabolismo de muitos organismos aquáticos, principalmente os



vegetais. Valores elevados indicam a entrada desses elementos através de fontes poluidoras. Em excesso causa o processo chamado de eutrofização, que interfere na sobrevivência de muitos organismos.

- Organismos (parâmetro biológico): muitos organismos são utilizados como indicadores da qualidade do ambiente. O aumento ou diminuição de determinadas classes indicam quais processos estão ocorrendo ou ocorreram no ambiente.

Os parâmetros físicos e químicos podem retratar muito bem qual estado se encontra determinado ambiente aquático. Através dos resultados adquiridos, o (a) pesquisador (a), poderá inferir sobre quais processos estão interferindo, ou não, na qualidade da água e tomar medidas cabíveis quando necessárias, se possível, para tentar reverter, amenizar ou conservar a saúde do ambiente estudado.

## 2.2 Metais potencialmente tóxicos

A nomenclatura para metais potencialmente tóxicos ainda não está bem definida pelos pesquisadores da área, o termo metais pesados já foi bastante utilizado, porém hoje é criticado por pesquisadores. Outras denominações também são utilizadas, como contaminantes ou elementos não nutrientes (MMA).

Muitas características são levadas em consideração para definição da nomenclatura para metais. Hillert (1997) compara a densidade dos metais à densidade dos seus óxidos. Outros pesquisadores utilizam a densidade igual a 5 g como parâmetro para definir quais elementos seriam metais pesados (Andres, 1975). Outros autores utilizam o número atômico como parâmetro, eles defendem que para ser metal pesado, o metal deve apresentar número atômico maior que 20 (Malavolta et al., 2006). Hawkes (1997) apoia a teoria que para classificar um metal pesado, este deve estar presente no grupo dos metais pertencentes aos grupos 3 a 16 da tabela periódica, nos períodos iguais ou superiores a quatro. Neste trabalho usarei a nomenclatura metais potencialmente tóxicos.

De modo geral os metais são classificados em: elementos essenciais: sódio, potássio, cálcio, ferro, zinco, cobre, níquel e magnésio; micro-contaminantes ambientais: arsênico, chumbo, cádmio, mercúrio, alumínio, titânio, estanho e tungstênio; e, elementos essenciais e simultaneamente micro-contaminantes: cromo, zinco, ferro, cobalto, manganês e níquel.

Não são todos os metais que causam danos à saúde animal e vegetal. Muitos deles estão disponíveis naturalmente no meio ambiente, e são fundamentais na dieta de determinados organismos (Thornton, 1995).

Características físico-químicas do ambiente aquático interferem na disponibilidade e dissolução de alguns metais, como, pH, ORP, e matéria orgânica. Um ambiente com pH ácido, alterações bruscas de ORP e com muita entrada de matéria orgânica provavelmente terá maior concentração de metais potencialmente tóxicos dissolvidos na coluna d'água. Essas alterações, muitas vezes, são causadas por atividades humanas, interferindo assim no comportamento natural do ecossistema aquático (Elder, 1988).

### **2.2.1 Poluição da água por metais potencialmente tóxicos**

A poluição de corpos hídricos pode ter três origens, as quais são: poluição química, causada por poluentes biodegradáveis e/ou persistentes; poluição física, causada pela poluição térmica e resíduos sólidos; e poluição biológica, causada por agentes patogênicos, a entrada de uma origem de poluição pode alterar várias características naturais da água (Pereira, 2004).

Despejos industriais ou domésticos, lixo, substâncias tóxicas, dejetos orgânicos em suspensão e resíduos contendo metais potencialmente tóxicos, que se acumulam nos organismos vivos, são frequentemente lançados, sem qualquer tratamento, em córregos, lagos, rios e mares, conseqüentemente acabam interferindo no ciclo natural dos processos que ocorrem nesses corpos d'água (Chiba *at al.*, 2011).

Faz parte das características naturais do meio aquático a presença de metais, que são introduzidos através do desgaste de rochas e do solo. Geralmente são encontrados em concentrações reduzidas, e, quando ocorre algum fenômeno natural que aumente a concentração desses metais, a área atingida é limitada e tende a não se expandir para outras áreas, porém, a atividade antrópica tem, não só, aumentado a concentração desses metais, como também, inserido outros metais que não são encontrados naturalmente no meio (Moraes, 2009).

O aumento da concentração e a inserção de metais potencialmente tóxicos, no meio aquático, faz com estes atinjam níveis de concentração que são considerados tóxicos para os organismos, causando desde sua contaminação até a morte. Os metais potencialmente tóxicos que não são naturais do meio aquático, e que estão sendo inseridos no mesmo, oferecem grande preocupação, pois, mesmo em baixas concentrações podem causar prejuízos para as comunidades que habitam ou necessitam do corpo hídrico que está recebendo estressores (Silva, 2010).



Poluentes que não são degradáveis ou tem sua degradação dificultada podem ser acumulados por animais e plantas ao longo do tempo, enquanto houver exposição ao estressor, os metais potencialmente tóxicos estão inseridos dentro dessa categoria de poluentes não degradáveis (ou poluentes persistentes). Ao processo de acumulação desses metais dá-se o nome de bioacumulação (Pereira, 2009).

A determinação da presença e concentração de metais potencialmente tóxicos em sedimentos de fundo tem merecido atenção cada vez mais frequente, pois, essa matriz reflete a qualidade da água do ecossistema (Callisto & Esteves, 2011), uma vez que, guarda a evolução histórica dos impactos causados pela contaminação ou poluição (Lacerda *et al.* 1988), funcionando assim como um reservatório e veículo de metais potencialmente tóxicos para animais e plantas (Pucci, 1988).

O acúmulo de metais potencialmente tóxicos, em organismo vegetal ou animal, causa efeitos negativos, não só para esses organismos individualmente, mas também para toda a cadeia trófica, portanto, efeitos letais e subletais podem afetar desde a base até o topo da cadeia trófica (Pereira, 2004).

A preocupação com os efeitos da poluição por metais potencialmente tóxicos e do processo de bioacumulação vem crescendo desde a década de 90, quando problemas de bioacumulação começaram a afetar seres humanos. Logo se percebe que não é só um caso de saúde ambiental, mas também de saúde pública (Tavares & Carvalho, 1992).

### 2.3 Macroinvertebrados aquáticos

Macroinvertebrados aquáticos são organismos capazes de serem retidos em malhas de até 1-2 mm de abertura, e, portanto, são visíveis a olho nu, e geralmente são organismos que necessitam passar parte do seu ciclo de vida na água. Os principais representantes são moluscos, anelídeos, larvas de insetos e crustáceos (Esteves, 2011).

Estes animais podem habitar ambientes com ou sem correnteza, sedimento de fundo, vegetação marginal, folhiços, algas, pedras, entre outros, (Cummins *et al.*, 1989), e sua ocorrência, distribuição e abundância estão diretamente ligadas às essas características ambientais. Dependendo do hábito do animal essas características vão determinar disponibilidade de alimento e abrigo contra predação (Gonçalves & Aranha, 2004).

Os macroinvertebrados são muitos importantes no meio ambiente, tanto na cadeia trófica quando na ciclagem de nutrientes, pois servem de alimento para outros animais e consomem microorganismos, como algas e restos vegetais que entram no ambiente (Serra *et*

al, 2009). Processos de biorrevolvimento da superfície do sedimento e fragmentação do litter, que resultam na liberação de nutrientes para a água e na aeração dos sedimentos, fundamentais para manutenção da saúde de um corpo hídrico, dependem de dos macroinvertebrados (Devai, 1990).

Macroinvertebrados podem ser classificados quanto sua funcionalidade no ambiente. Merritt e Cummins (1996) agruparam os macroinvertebrados em cinco categorias, segundo sua alimentação: I: coletores - catadores, alimentam-se de pequenas partículas de matéria orgânica depositadas no sedimento; II: coletores – filtradores, filtram pequenas partículas de matéria orgânica em suspensão na coluna d'água; III- fragmentadores, mastigam folhas ou tecido de planta vascular vivo ou escavam madeira; IV- predadores, ingerem a presa inteira ou fluidos corporais; V- raspadores, raspam superfícies duras, alimentam-se de algas, bactérias, fungos e matéria orgânica morta

Ainda segundo Merritt e Cummins *op cit*, macroinvertebrados podem ser classificados segundo suas adaptações:

- Patinadores: “patinam” na superfície onde se alimentam;
- Planctônicos: habitam a coluna de água, na zona limnética de águas paradas;
- Mergulhadores: mergulham na coluna d'água para obter alimento ou refúgio;
- Nadadores: nadam na superfície ou interior da coluna d'água;
- Escaladores: utilizam de adaptações comportamentais e morfológicas para se fixarem ao substrato;
- Estendedores: habitam a superfície de folhas flutuantes ou de sedimentos finos;
- Escaladores: têm adaptações para se deslocarem verticalmente na vegetação de margem;
- Fossadores: habitam sedimentos finos e geralmente constroem abrigos

Por conta das características morfológicas, fisiológicas, comportamentais e funcionais, que sofrem influencias diretas do ambiente, é que os macroinvertebrados são organismos tão importantes para o ambiente aquático e vêm sendo bastante utilizados como indicadores de qualidade ambiental, devido a sua íntima relação com a ecologia de corpos hídricos.

### 2.3.1 Uso de macroinvertebrados aquáticos como bioindicador

Há décadas, ambientalistas têm se importado, cada vez mais, com estudos para diagnóstico da saúde de ecossistemas aquáticos, visto que, o rápido crescimento urbano e o aumento das atividades poluentes têm alterado a qualidade e disponibilidade de recursos hídricos em todo o planeta.

Para avaliação da saúde de ecossistemas aquáticos, algumas características físico-químicas são estudadas, mas para uma análise completa é preciso, também, realizar uma análise biológica, pois mudanças que ocorrem na dinâmica e composição de uma comunidade refletem possíveis problemas que estejam afetando as características naturais do ambiente aquático (Moreno & Callisto, 2006).

O biomonitoramento é baseado na premissa de que espécies de determinado local apresentam tolerâncias diferentes aos poluentes, logo, índices como diversidade e riqueza de espécies podem ser utilizados para inferir sobre perturbações ambientais ocorridas (Callisto, 2001).

Vários organismos têm sido utilizados como indicadores das condições da água em programas e/ou trabalhos de biomonitoramento. Pesquisadores defendem o uso de macroinvertebrados como bioindicadores devido alguns fatores como sua distribuição, que é cosmopolita, podem ser vistos a olho nu, são sedentários e bentônicos assim permitem uma associação com o sedimento refletindo a composição do mesmo, tem características ecológicas bem conhecidas, são eficientes na avaliação da concentração de metais potencialmente tóxicos e também permitem estudos em escalas temporais (Kehrig *et al*, 2011).

Macroinvertebrados aquáticos (insetos, moluscos, crustáceos, anelídeos, entre outros) participam das cadeias alimentares de diversos animais e são considerados elos principais das estruturas tróficas do ecossistema.

É crescente o desenvolvimento de estudos sobre a comunidade faunística desses animais, já que podem ser utilizados em avaliações de monitoramento ambiental, fornecendo dados relevantes que podem contribuir para uma diagnose da qualidade sanitária dos corpos aquáticos (Abílio *et al*, 2007).

Índices que utilizam resultados da identificação da comunidade de macroinvertebrados, têm se mostrado eficientes nas avaliações da saúde de corpos hídricos estudados ao longo dos anos. O mais utilizado é o BMWP (Biological Monitoring Working Party), desenvolvido originalmente pelo Departamento do Ambiente Britânico, em 1976, este índice se baseia na tolerância às mudanças ambientais das mais diferentes famílias de macroinvertebrados (AlbaTercedor, 1996). Outros índices também são muito utilizados, como, abundância ou densidade, riqueza, diversidade e equitabilidade.

Além de refletir a saúde de um corpo hídrico através da composição da sua comunidade, a macrofauna bentônica, assim como outros animais, tem a capacidade de acumular metais potencialmente tóxicos em seu organismo derivados de diversas fontes como, da água, sedimento e alimentação, logo, macroinvertebrados são bons indicadores ambientais, visto que, habitam o ambiente aquático, se alimentam de vegetais ou pequenos animais e vivem no sedimento podendo assim acumular agentes estressores oriundos de diversas fontes (Passos & Lyra, 2007).

Devido a sua capacidade de acumulação de poluentes, o fator de bioacumulação (BAF) também pode ser aplicado aos macroinvertebrados, a fim de verificar quais elementos estão sendo bioacumulados, e provavelmente biomagnificados, no ambiente estudado.

Com toda a problemática da crescente contaminação dos corpos d'água, é de suma importância, avaliar quais os elementos potencialmente tóxicos estão afetando a água, o sedimento e os animais, e, conseqüentemente conhecer a concentração destes elementos em cada material estudado.

A avaliação de um ecossistema aquático é importante não só para a preservação do mesmo, mas também para informar a população de possíveis riscos a que ela possa estar exposta, e os macroinvertebrados apresentam muitos pontos positivos para sua utilização nas análises de qualidade ambiental.



### 3. OBJETIVOS

#### Objetivo geral

Caracterizar limnologicamente o Rio Jequeizinho e realizar estudos que permitam avaliação dos impactos ambientais causados por metais potencialmente tóxicos em amostras de macroinvertebrados, sedimento e água.

#### Objetivos específicos

- Caracterizar do ponto de vista limnológico o Rio Jequeizinho;
- Conhecer a composição da comunidade de macroinvertebrados para empregar programas de biomonitoramento;
- Observar ocorrência de alterações nas características limnológicas do rio e na composição da comunidade de macroinvertebrados de acordo com a variação espacial;
- Inferir sobre problemas causados pelos processos de bioacumulação de metais potencialmente tóxicos em macroinvertebrados;
- Comparar os níveis de metais potencialmente tóxicos encontrados em sedimentos e água com padrões de classificação do CONAMA e afins;

#### 4. REFERÊNCIAS

ABÍLIO, F.J.P.; RUFFO, T. L. DE M.; SOUZA, A. H. F. F.; FLORENTINO, H. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, E. T.; MEIRELES, B. N. M.; SANTANA, A. C. D. S. 2007.

Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da caatinga. *Oecologia Brasiliensis*, vol. 11, no. 3, p. 397-409.

ALBA-TERCEDOR, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. In: IV SIMPOSIO DEL AGUA EN ANDALUZIA (SIAGA), Almeria, vol. 2, p. 203-213.

ALBA-TERCEDOR, J.; SÁNCHEZ-ORTEGA, A. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell. *Limnética*, vol. 4, p. 51-56.

Andres, G. M. D. 1975. 6ª Ed. São Paulo: Guanabara dois.

ARCOVA, F.C.S.; CESAR, S.F.; CICCIO, V. 1993. Qualidade da água e dinâmica de nutrientes em bacia hidrográfica recoberta por floresta de mata atlântica. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, vol. 5, no. 1, p. 1-20.

BARRETO, P. R.; GARCIA, C. A. B. 2010. Caracterização da qualidade da água do açude Buri-Frei Paulo/SE. *Scientia Plena*, vol. 6, no. 9.

BENETTI, A.; BIDONE, F. 1995. O meio ambiente e os recursos hídricos. IN: TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS/ABRH. P. 669.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. 2001. Macroinvertebrados Bentônicos como Ferramenta para Avaliar a Saúde de Riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol. 6, no. 1, p. 71-82.

CHIBA, W.A.C.; PASSERINI, M.D.; TUNDISI, J.G. 2011. Contaminação por metais em macroinvertebrados bentônicos em uma sub-bacia, no sudeste do Brasil. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 71, no. 2.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Resolução 001 de 17 de fevereiro de 1986. P. 2548-2549. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <



<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em 20 de outubro de 2015.

CUMMINS, K. W.; WILZBACH, M. A., GATES, D. M., PERRY, J. B.; TALIAFERRO, W. B. 1989. Shredders and riparian vegetation. *Bioscience*, vol. 39, no. 1, p. 24-30.

DEVAI, G. 1990. Ecological background and importance of the change of chironomid fauna in shallow Lake Balaton. *Hidrobiologia*, vol. 191, p. 189-198.

ELDER, J.F.. 1988. *Metal Biogeochemistry in Surface-Water Systems - A Review of Principles and Concepts*. U.S. Geological Survey Circular, 1013 p.

ESTEVES, F. A. 1998. *Fundamentos da Limnologia*. 2º ed. Editora Interciência. Rio de Janeiro. Brasil.

ESTEVES, F. A.; MENEZES, C. F. S. 2011. Papel da água e da limnologia na sociedade moderna. In: ESTEVES, F. A. *Fundamentos de limnologia*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciência.

GONÇALVES, F.B.; ARANHA, J.M.R. 2004. Ocupação espaço-temporal pelos macroinvertebrados bentônicos na bacia do rio Ribeirão, Paranaguá, PR (Brasil). *Acta Biológica Paranaense*, vol. 33, no. 1, p.181-191.

HAWKES, S. J. 1997. What Is a "Heavy Metal"? *Journal of Chemical Education*, vol. 74, no. 11, p. 1374

HILLERT, M. 1997. Thermodynamic Modelling of Solutions. *Calphad : computer coupling of phase diagrams and thermochemistry*, vol. 21, no. 2 , p. 143-154.

KEHRIG, H. A.; MALM, O.; PALERMO, E. F. A.; SEIXAS, T. G.; BAÊTA, A. P.; MOREIRA, I., 2011. Bioconcentração e biomagnificação de metilmercúrio na baía de Guanabara, Rio de Janeiro. *Química Nova*, vol. 34, no. 3, p. 377-384.

LACERDA, L. D.; SEELIGIER, U.; PATCHINEELAM, S. R. 1988. *Metal in Coast of Latin America*. Berlin: Springer-Verlag.

MALAVOLTA, E. 1994. *Fertilizantes e seu Impacto Ambiental. Micronutrientes e Metais Pesados: mitos, mistificação e fatos*. Produquímica, 153 p.

MARGALEF, R. 1994. The place of epicontinental waters in global ecology. In: Margalef, R. Limnology now: a paradigm of planetary problems. Amsterdam: Elsevier Science, 1-8.

MATHEUS, C.E.; MORAES, A.J. de; TUNDISI, T.M.; TUNDISI, J.G. 1995. Manual de análises limnológicas. São Carlos: Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, USP, 62 p.

MERRIT, R. W.; CUMMINS, K. W. 1996. An introduction to aquatic insects of North America. 3th Ed. USA: Kendall/Hunt Publishing Company. 862 p.

Ministério do Meio Ambiente. Relatório CNPq. Disponível em:

<[http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/10F798CF/RelatorioParcial\\_Mapa\\_CNPq\\_ThiagoAugustoMouraEsalq\\_Usp.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/10F798CF/RelatorioParcial_Mapa_CNPq_ThiagoAugustoMouraEsalq_Usp.pdf)> Acesso em 25 de Janeiro de 2016.

MORAES, M.F. 2009. Micronutrientes e metais pesados tóxicos: do fertilizante ao produto agrícola. Piracicaba: Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Tese de doutorado. 108p.

MORENO, P.; CALLISTO M. Bioindicadores de qualidade de água ao longo da bacia do Rio das Velhas (MG). Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG. Disponível em <[http://www.manuelzao.ufmg.br/assets/files/Biblioteca\\_Virtual/MorenoeCallisto-202005-EMBRAPA.pdf](http://www.manuelzao.ufmg.br/assets/files/Biblioteca_Virtual/MorenoeCallisto-202005-EMBRAPA.pdf)> Acesso em 13 de fevereiro de 2014.

PASSOS, F. J. de; LYRA, C. F. 2007. Caracterização da Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos do Estuário do Rio Minho Sua Relação com a Distribuição de Poluentes no Sedimento. Portugal: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Dissertação de Mestrado em Química. 109 f.

PEREIRA JÚNIOR, J. S. 2004. Recursos hídricos – conceituação, disponibilidade e usos.

Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. Brasília. Disponível em:

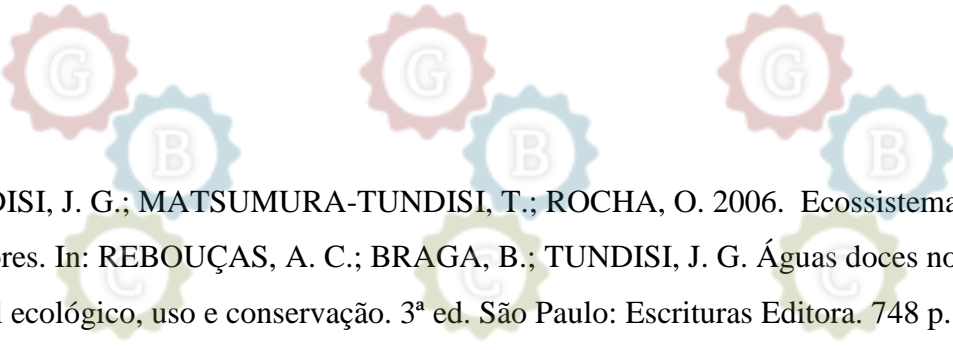
<[http://bd.camara.leg.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1625/recursos\\_hidricos\\_jose\\_pereira.pdf?sequence=4](http://bd.camara.leg.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1625/recursos_hidricos_jose_pereira.pdf?sequence=4)> Acesso em 18 de maio de 2014

PEREIRA, R. S. 2004. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. Revista eletrônica de Recursos Hídricos, UFRGS, vol. 1.

PUCCI, A. 1988. Metals in water and sediments of the Blanca Bay, Argentina. In:

LACERDA, L. D.; SEELIGIER, U.; PATCHINEELAM, S. R. (Eds.) Metal in Coast of Latin America. Berlin: Springer-Verlag.

- REBOUÇAS, A .C. 2004. Uso Inteligente da água. São Paulo: Escrituras Editora.
- REBOUÇAS, A .C. 2006. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: Escrituras Editora. P. 1-35.
- SANTOS, M. 1993. A urbanização brasileira. 3 ed. São Paulo: Hucitec. 155 p.
- SCARAMUCCIIN, J. A.; GUERRA, S. M. G.; BORDONI, O. R. J. 1995. A poluição na Billings: uma análise econômica. Revista Brasileira de Energia, vol. 4, no. 1.
- SERRA, S.; COIMBRA, N.; GRAÇA, M. 2009. Invertebrados de água Doce. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra. 47 p.
- SETTI, A. A. S.; LIMA, J. E. F. W. .; CHAVES, A. G. M.PEREIRA, I. C. 2000. Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos . 2<sup>a</sup> ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 207 p.
- SILVA, J. R.; HERCULANO, S. 2015. Rios urbanos, microbacias e suas gentes. Revista Visões Transdisciplinares sobre Ambiente e Sociedade, vol. V, no. 9.
- SILVA, P. P. G. 2010. Bioacumulação de metais pesados em estruturas corpóreas do Caranguejo-Uçá, *Ucides Cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ucididae) e em estágios foliares do Mangue-Vermelho, *Rhizophora Mangle* Linnaeus (Angiosperma: Rhizophoraceae). São Paulo: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus Experimental do Litoral Paulista Unidade São Vicente. Trabalho de conclusão de curso em Bacharelado - Ciências Biológicas. 57 p.
- TAVARES, T. M.; CARVALHO, F. M. 1992. Avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do Recôncavo Baiano. Química Nova, vol. 15, no. 2.
- THORNTON, I. 1995. Metals in the Global Environment: Facts and Misconceptions. International Council on Metals and the Environment, 116 p.
- TUCCI, C. E. M. 2001. Gestão da água no Brasil. Brasília. UNESCO. 156 p.



TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. 2006. Ecossistemas de águas interiores. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3ª ed. São Paulo: Escrituras Editora. 748 p.

VON SPERLING, M. 1996. Princípios básicos do tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte, UFMG, vol. 2.



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

## 5. CAPÍTULO 1

### CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA ESPACIAL DO TRECHO URBANO DO RIO JEQUIEZINHO, SEMIÁRIDO BAIANO.

Autores: Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Genética, Biodiversidade e Conservação

Valéria Sheila Ribeiro do Nascimento\*<sup>1</sup>

Sérgio Luiz Sonoda<sup>2</sup>

Marcos de Almeida Bezerra<sup>3</sup>

\*Autor para correspondência (leria.ribeiro@hotmail.com)

<sup>1</sup>Laboratório de Limnologia II, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB. Avenida José Moreira Sobrinho, s/n, Jequiezinho, Jequié-Bahia, 45204-090.

<sup>2</sup>Laboratório de Limnologia II, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB. Avenida José Moreira Sobrinho, s/n, Jequiezinho, Jequié-Bahia, 45204-090.

<sup>3</sup>Laboratório de Química Analítica, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB. Avenida José Moreira Sobrinho, s/n, Jequiezinho, Jequié-Bahia, 45204-090.

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Genética, Biodiversidade e Conservação

Título abreviado:

CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DE RIO TEMPORÁRIO URBANO

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Genética, Biodiversidade e Conservação

Este artigo segue as normas de formatação exigidas pela revista *Limnetica*



## RESUMO

Rios do semiárido, localizados em região urbanizada, sofrem não só com os estresses ecológicos naturais, mas também com a entrada contínua de poluentes. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água do Rio Jequiezinho através de variáveis limnológicas. O Rio Jequiezinho é um rio temporário, localizado no semiárido Baiano, o qual possui trecho com aproximadamente 10 km de extensão em perímetro urbano. As coletas foram realizadas no período de seca da região (maio, julho e setembro/2015). Foram mensurados os seguintes parâmetros: temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ), oxigênio dissolvido (mg/L), pH, alcalinidade (mg/L), condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), turbidez (NTU), potencial de oxi-redução (mV), material em suspensão total (mg/L) clorofila  $\alpha$  (mg/L), largura e profundidade, em seis trechos, três em ambientes lóticos e três em ambientes lênticos. A única variável que não apresentou diferença entre ambientes nem entre meses foi o oxigênio dissolvido. Segundo ACP houve tendência de ordenação por tipo de ambiente (lótico e lêntico) e por período amostral (maio, julho e setembro, 2015), sendo material em suspensão total, turbidez, potencial oxi-redução, profundidade, condutividade elétrica, pH e alcalinidade as variáveis responsáveis pela ordenação. Foram registrados valores elevados de alcalinidade, pH e condutividade elétrica, que é característico do ambiente, porém também sofre influência de material poluente, além disso também foram registrados valores muito baixos de potencial oxi-redução, que indica deficiência de oxigênio causada pela poluição. O Rio Jequiezinho sofre influência das cargas poluentes que o mesmo recebe através de fontes pontuais e difusas. É necessário mais atenção com este ambiente devido sua importância para o semiárido baiano e para o Rio de Contas.

**Palavras-chave:** Rio Jequiezinho, semiárido, caracterização físico-química, poluição, limnologia

## INTRODUÇÃO

Mesmo com a alta disponibilidade de água no Brasil, a região Nordeste, que compreende a maior parte da região semiárida do país (Tucci *et al.*, 2001), sofre com o déficit hídrico. Essa região é caracterizada pelo alto índice de evaporação, baixa precipitação e rios que apresentam acumulação de água natural baixa ou nula (Vieira & Gondim Filho, 2006).

Os rios do semiárido nordestino podem ser classificados, de acordo com seu regime hidrológico, em temporário e efêmero. Os rios considerados temporários mantêm algum fluxo de água, mesmo que diminuto, ao longo do seu ciclo hidrológico, já os rios considerados efêmeros só apresentam fluxo de água quando ocorre um evento de cheia inesperado (Maltchik, 1996).

Rios temporários do semiárido nordestino passam por extremos hidrológicos de períodos de seca e cheia, que atuam como estresses ecológicos naturais modelando características e o funcionamento do ecossistema aquático (Ortega *et al.*, 1999). Os períodos de cheia geram novas áreas, possibilitando a ocupação de mais habitats pelos organismos, fazendo com que haja alteração na abundância e diversidade (Pedro *et al.*, 2006), e, os períodos de seca podem causar perturbações a muitas comunidades animais e vegetais (Bolton, 2003).

Mesmo com períodos de cheia, os rios temporários estão localizados sobre solos rasos e pouco permeáveis (Ab'Saber, 2003) e a vegetação característica desses ambientes não proporciona proteção necessária, intensificando assim a perda de água.

Além das características próprias do ambiente, que dificultam o armazenamento de água, os rios temporários localizados em ambientes urbanos sofrem com ações humanas que alteram características naturais do ambiente, e dificulta a sobrevivência dos organismos.

Rios urbanos lidam diretamente com a ocupação de suas margens, e conseqüentemente acabam sendo utilizados como canais de drenagem. A fonte de poluição mais comum em rios urbanos é a pontual, pela qual, cargas de poluentes são lançadas em locais específicos ao longo do leito do rio, mas também são vítimas das fontes difusas, que atingem o corpo hídrico em locais não específicos, geralmente através da contaminação de lençóis freáticos que atingem os rios (Benetti & Bidone, 1995).

Apesar de ser um recurso renovável, ao longo dos anos as ações humanas acarretaram na degradação da qualidade da água, principalmente a de escoamento superficial (Tundisi *et al.*, 2006). Essas alterações interferem diretamente na qualidade da água e, conseqüentemente, na sobrevivência de espécies animais e vegetais que ali habitam, refletindo também sobre a saúde da população humana.

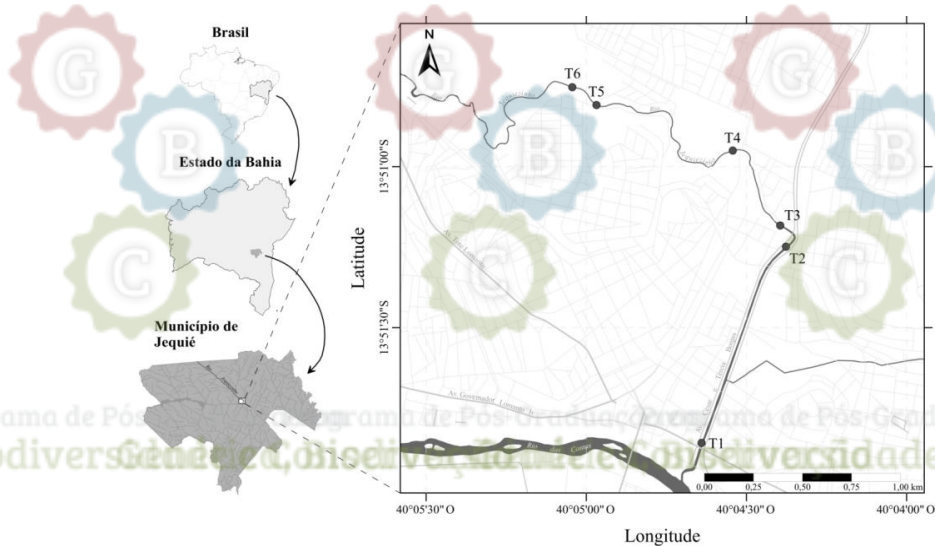
É importante conhecer as características limnológicas dos ambientes aquáticos em geral, pois, através dos resultados dos parâmetros estudados, pode-se inferir sobre as propriedades naturais do ambiente, o estado da qualidade da água e a saúde do corpo hídrico (Marotta, *et al.*, 2008).

Diante das degradações causadas aos ambientes aquáticos, em especial aos rios urbanos do semiárido, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar limnologicamente e morfometricamente áreas de corredeira e poção do trecho urbano do Rio Jequezinho, na cidade de Jequié, semiárido do estado da Bahia, a fim de verificar possíveis estresses naturais ou artificiais que atingem o rio.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local de estudo

O Rio Jequezinho, afluente da margem esquerda do Rio de Contas, é um rio temporário localizado na região semiárida da Bahia, com área de drenagem medindo aproximadamente 1340 Km<sup>2</sup> (Simões, 2006). Sua nascente está localizada na região da cidade de Maracás-Ba e sua foz na cidade de Jequié-Ba, onde possui um trecho, com aproximadamente 10 Km de extensão, situado na zona urbana, o qual recebe diversas cargas de poluição (Fig. 1).



**Figura 1.** Localização dos pontos de coleta no Rio Jequezinho, semiárido da Bahia

O clima da região é árido, a vegetação predominante é característica da caatinga, o regime pluviométrico é marcado por dois períodos: estação seca, que se estende de maio a outubro e estação chuvosa, que se estende de novembro a abril (Bahia, 1976).

### Coleta das amostras

Realizaram-se três coletas distribuídas bimestralmente de maio a setembro de 2015, período que compreende a estação seca da região. Foram estabelecidos seis trechos, com aproximadamente 60 m de extensão cada, ficando três em ambiente lótico, os quais foram



chamados de C1, C2 e C3, e três em ambiente lântico, os quais foram chamados de P1, P2 e P3. Cada trecho foi subdivido em três pontos, obtendo assim repetições, para maior confiabilidade dos dados. Todas as coletas foram realizadas no leito dos pontos amostrados, no período matinal, geralmente com início entre 07h00min e 08h00min, e término entre 12h00min e 13h00min. A descrição de cada trecho está inserida na tabela 1.

**Tabela 1.** Descrição e localização dos trechos amostrados no estudo realizado na parte urbana do Rio Jequezinho, semiárido da Bahia

TRECHO	TIPO DE AMBIENTE	DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO	LOCALIZAÇÃO
T1	L Ó T I C O	C1 (Corredeira 1)	Com correnteza, ausência de vegetação marginal, canalizado.	Lat. 13°51'51.46''S Long. 40°4'38.41''O
T2		C2 (Corredeira 2)	Com correnteza, ausência de vegetação marginal natural, canalizado.	Lat. 13°51'14.91''S Long. 40°4'22.58''O
T3		C3 (Corredeira 3)	Com correnteza, ausência de vegetação marginal natural, presença de animais, canalizado.	Lat. 13°51'10.98''S Long. 40°4'23.67''O
T4	L Ê N T I C O	P1 (Poção 1)	Sem correnteza, presença de vegetação marginal, sem canalização.	Lat. 13°50'57.01''S Long. 40°4'32.55''O
T5		P2 (Poção 2)	Sem correnteza, presença parcial de vegetação marginal, sem canalização.	Lat. 13°50'48.53''S Long. 40°4'58.10''O
T6		P3 (Poção 3)	Sem correnteza, presença de vegetação marginal fechada, sem canalização.	Lat. 13°50'45.21''S Long. 40°5'2.62''O

Em cada ponto, ainda em campo com auxílio de sonda multiparamétrica (HORIBA U-5000G), foram medidos os seguintes parâmetros físicos e químicos: temperatura ( $^{\circ}$  C), oxigênio dissolvido-OD (mg/L), pH, condutividade elétrica ( $\mu$ S.cm<sup>-1</sup>), turbidez (NTU), e potencial de oxi-redução- ORP (mV). Também foram tomadas medidas de morfometria.

Amostras de água foram tomadas em campo, coletadas através de balde e acondicionadas em galões de 5L, e destinadas ao laboratório para determinação da



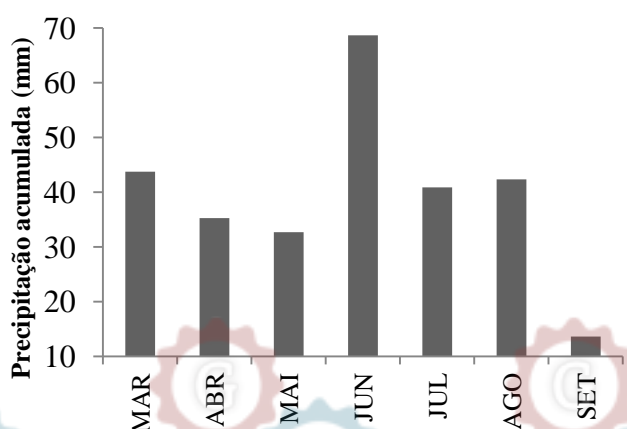
alcalinidade total (Mackereth *et al.*, 1978) para análise de material em suspensão total-MST (Teixeira & Kutner, 1962) e para determinação da clorofila a (Golterman *et al.*, 1978).

### Análises estatísticas

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk para encontrar os pressupostos para realização de testes paramétricos, e, de acordo com o resultado foram submetidos à análise uni variada ANOVA único fator (dados paramétricos) e teste Kruskal-Wallis (dados não paramétricos) para verificar variações espaciais e temporais das variáveis limnológicas mensuradas. Os dados também foram submetidos à Análise dos Componentes Principais (ACP), utilizando matriz de correlação, a fim de verificar relações e padrões de comportamento dos parâmetros analisados, locais de coleta e períodos amostrais. Todas as análises foram realizadas no software PAST versão 2.17.

## RESULTADOS

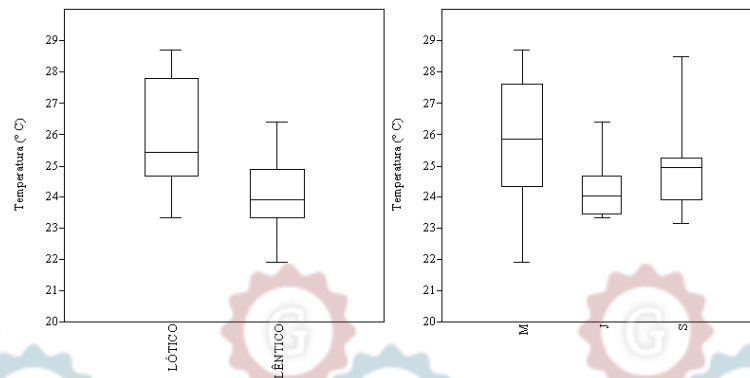
O valor acumulado da precipitação mensal, entre os meses Março/2015 e Setembro/2015, para a região da cidade de Jequié-Ba, estão demonstrados na figura 2.



**Figura 2.** Precipitação mensal acumulada na cidade de Jequié, Ba, entre março e setembro/2015

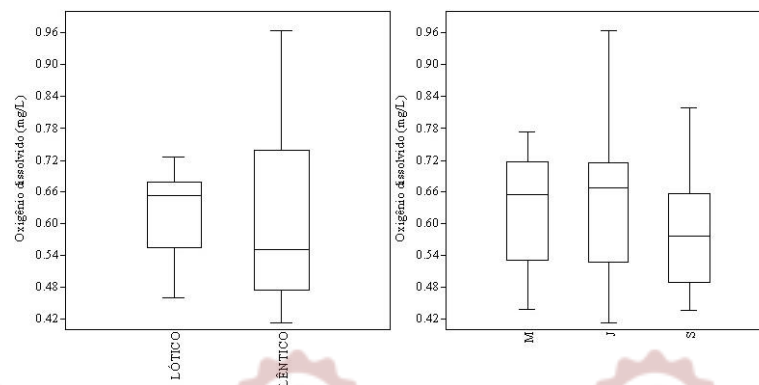
A temperatura da água apresentou diferença significativa ( $p < 0.05$ ) entre ambiente lótico e ambiente lêntico. Os pontos de corredeira (ambiente lótico) variaram em média de

23.39°C (C1/Julho) a 28.09°C (C1/Setembro), apresentando maiores valores e variação de temperatura, diferentemente dos pontos de poção (ambiente lântico) que variaram em média de 22.12°C (P3/Maio) a 25.12°C (P2/Maio) (Fig. 3a). Com relação aos meses de coleta, houve diferença significativa ( $p < 0.05$ ) entre os meses, julho foi significativamente diferente dos demais, por conta das menores temperaturas registradas (Fig. 3b).



**Figura 3.** Variação da temperatura (°C) entre os ambientes e meses amostrados

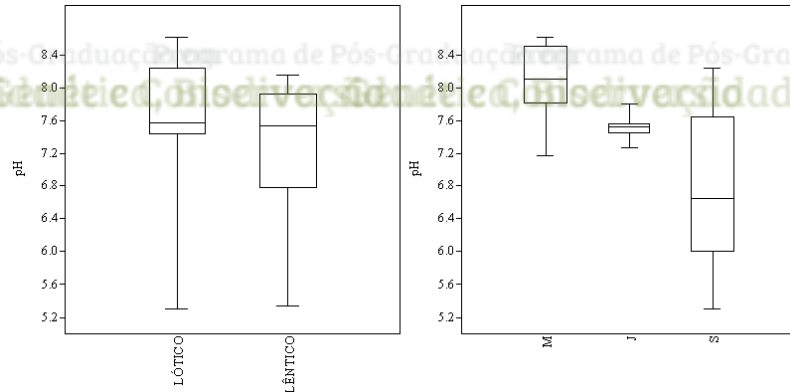
O oxigênio dissolvido variou em média de 3.48 mg/L (C3/Julho) a 5.11 mg/L (C2/Julho) nos ambientes lóticos, e, de 3.61 mg/L (P2/Julho) a 4.92 mg/L (P3/Julho), nos ambientes lânticos (Fig. 4a). Não houve diferença significativa entre os ambientes, nem entre os meses para esta variável ( $p > 0.05$ ) (Fig. 4b).



**Figura 4.** Variação do oxigênio dissolvido (mg/L) entre os ambientes e meses amostrados

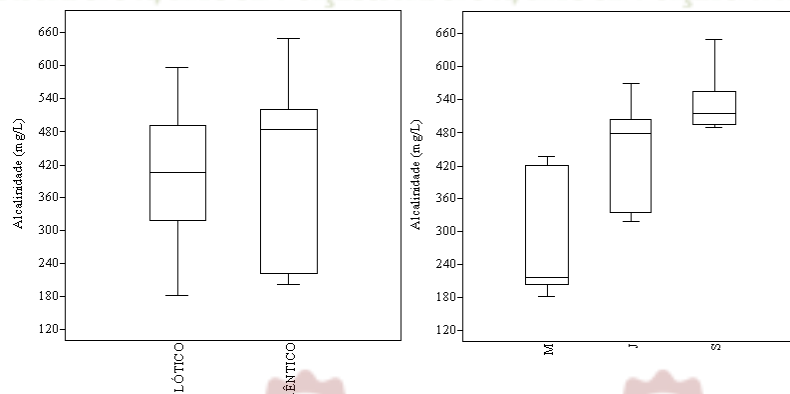
O pH variou de levemente ácido à básico em todos os pontos amostrados. Nos pontos de ambiente lótico o pH variou em média de 6.62 (C1/Setembro) a 8.54 (C2 e C3/Maio), já nos pontos de ambiente lântico, o pH variou em média de 5.85 (P1/Setembro) à 8.13 (P2/Maio) (Fig. 5a) Esta variável não apresentou diferença significativa ( $p > 0.05$ ) entre os

ambientes, lótico e lântico, mas foi significativamente diferente ( $p < 0.05$ ) entre os meses, sendo que em setembro foram registrados os valores mais baixos (ácidos) (Fig. 5b).



**Figura 5.** Variação do pH entre os ambientes e meses amostrados

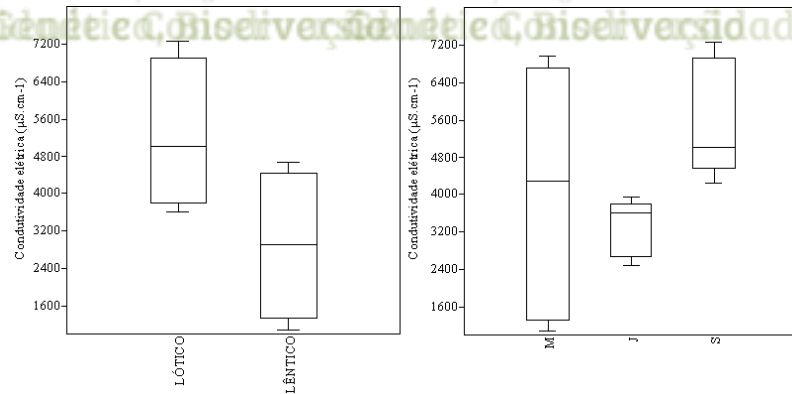
A alcalinidade, nos pontos de ambiente lótico, variou, em média, de 181.89 mg/L (C3/Maio) a 553.78 mg/L (C1/Setembro), e nos pontos de ambiente lântico, de 211.27 mg/L (P3/Maio) 586.80 mg/L (P3/Setembro) (Fig. 6a). A alcalinidade não apresentou diferença ( $p > 0.05$ ) entre tipo de ambiente, mas houve diferença significativa entre os meses, de acordo com os resultados os meses julho e setembro apresentaram maiores valores e setembro a menor variação ( $p < 0.05$ ) (Fig. 6b).



**Figura 6.** Variação da alcalinidade (mg/L) entre os ambientes e meses amostrados

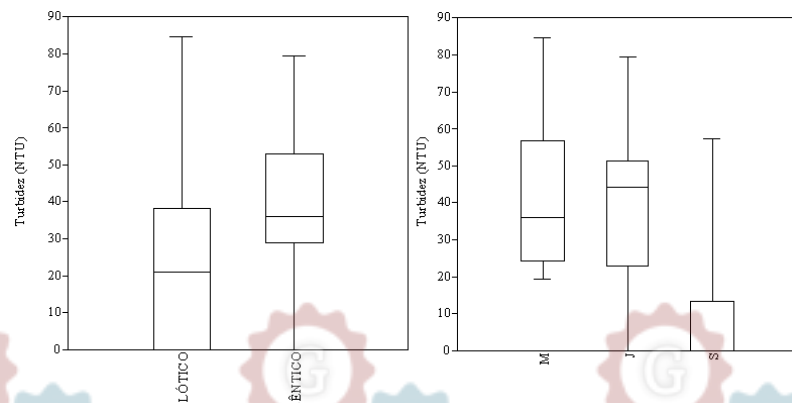
Para o parâmetro condutividade elétrica, houve diferença significativa ( $p < 0.05$ ) entre os ambientes. Maiores valores foram registrados no ambiente lótico, as taxas variaram de 3620.00  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (C1/Julho) a 7250.00  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (C2/Setembro), já no ambiente lântico os

valores foram menores, variando em média de  $1303.33 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (P2/Maio) a  $4633.33 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (P1/Setembro) (Fig. 7a). Com relação ao meses, apenas o mês setembro foi significativamente diferente dos demais, apresentando-se com maiores valores registrados (Fig. 7b).



**Figura 7.** Variação da condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) entre os ambientes e meses amostrados

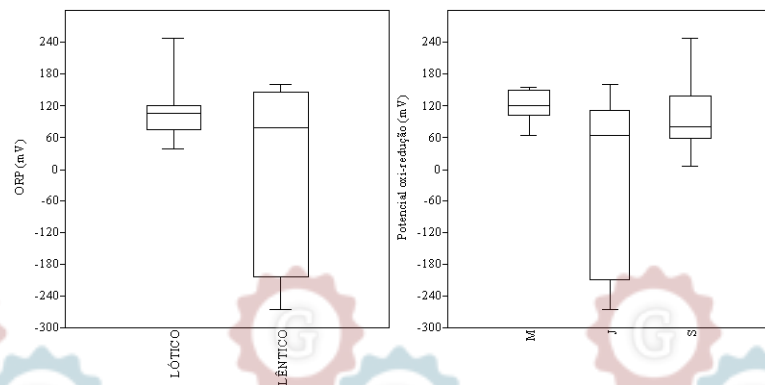
A turbidez diferiu significativamente ( $p < 0.05$ ) entre os ambientes, uma vez que o ambiente lótico variou de 0.00 NTU (C1/Setembro) a 64.60 NTU (C3/Maio), apresentando, em média, menores valores e maior variação que o ambiente lêntico, que variou de 2.53 NTU (P1/Setembro) a 61.13 NTU (P3/Julho) (Fig. 8a). Com relação ao período amostral, o mês setembro foi significativamente diferente dos demais, pois apresentou menores valores, chegando a zero, e maior variação (Fig. 8b).



**Figura 8.** Variação da turbidez (NTU) entre os ambientes e meses amostrados

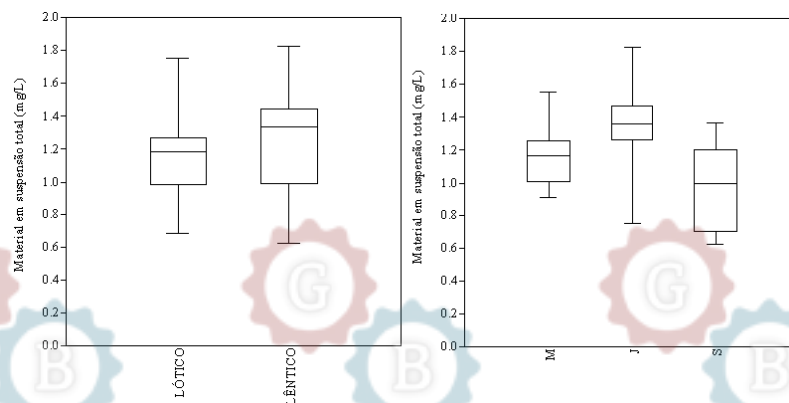
Os valores de ORP diferiram significativamente ( $p < 0.05$ ) entre os ambientes e os meses amostrados. O ambiente lêntico apresentou, em média, menores valores e maior

variação, 27.00 mV (P1/Julho) a -258.33 mV (P3/Julho), em comparação com os valores registrados nos ambientes lóticos, que variaram de 71.33 mV (C1/Julho) a 135.66 mV (C3/Setembro) (Fig. 9a). O mês de julho apresentou diferença significativa com os demais meses, tal resultado ocorreu porque neste mês foram registrados os menores valores de ORP (Fig. 9b).



**Figura 9.** Variação do potencial de oxi-redução- ORP (mV) entre os ambientes e meses amostrados

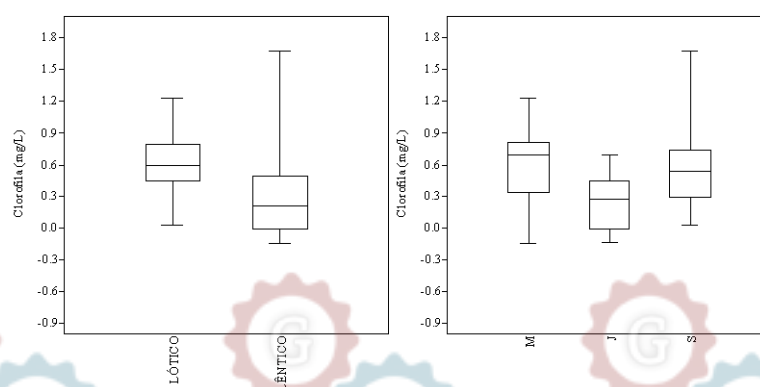
O material em suspensão total apresentou em média menores valores nos ambientes lóticos variando de 4.87 mg/L (C1/Setembro) a 31.93 mg/L (C2/Julho), já nos ambientes lênticos variou de 6.73 mg/L (P1/Setembro) a 41.33 (P3/Julho) (Fig. 10a). Houve diferença significativa ( $p < 0.05$ ) apenas entre os meses, mês julho diferente dos demais, tal resultado ocorreu devido às concentrações elevadas e menores variações de MST (Fig. 10b).



**Figura 10.** Variação do material em suspensão total (mg/L) entre os ambientes e meses amostrados



A concentração de clorofila apresentou diferença significativa entre os ambientes estudados. O ambiente lântico exibiu menores médias e maior variação, com mínima de 3.58 mg/L (P3/Maio) e máxima de 86.00 mg/L (P3/S). Já no ambiente lótico os valores variaram de 8.89 mg/L (C3/Julho) a 52.61 (C3/Maio) (Fig. 11a). Entre os meses, apenas julho diferiu dos demais, por conta dos menores valores e variação (Fig. 11b).

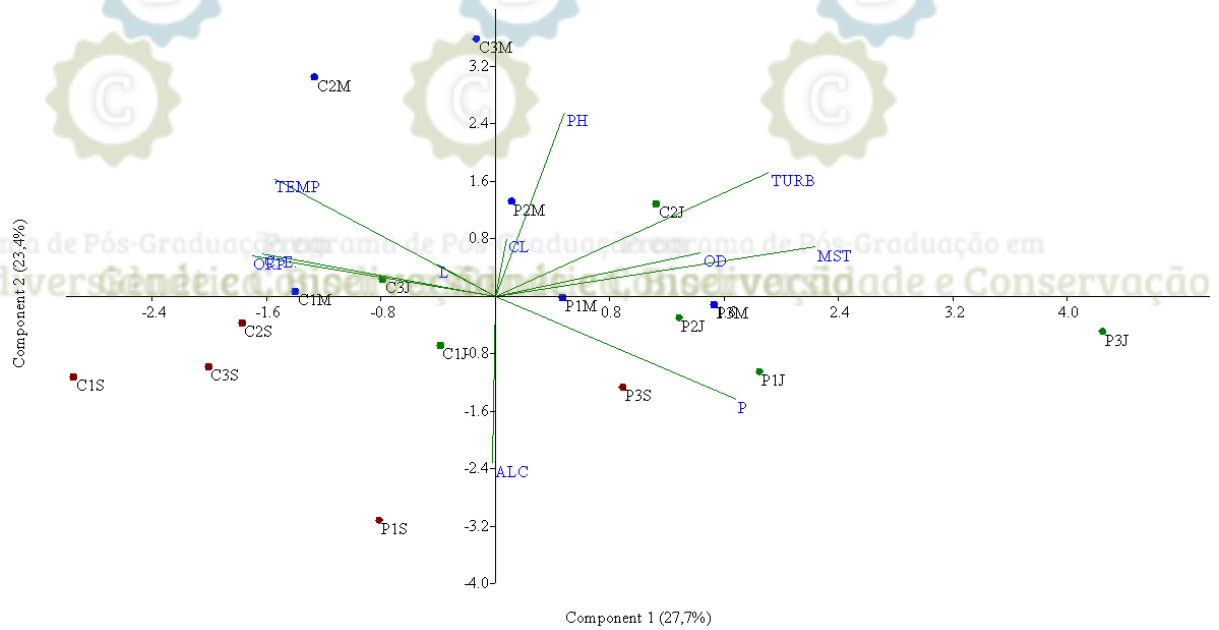


**Figura 11.** Variação da clorofila (mg/L) entre os ambientes e meses amostrados

Na Análise de Componentes Principais (ACP) os componentes 1 e 2 explicaram 51.1% da variação (Fig. 12). Foram consideradas significativas as variáveis que apresentaram correlação  $\geq 0.60$ , com os eixos.

O primeiro eixo da ACP explicou 27.7% da variação, evidenciando correlação positiva com as variáveis MST (0.83), P (0.62) e TURB (0.71), e correlação negativa com ORP (-0.63), e C.E. (-0.60). O segundo eixo explicou 23.4% da variação e mostrou correlação positiva com PH (0.87) e negativa com ALC (-0.79).

De modo geral, o eixo 1 segregou os pontos por tipo de ambiente, lótico (quadrantes 2 e 3) e lântico (quadrantes 1 e 4), e o eixo 2 segregou os pontos por período amostral, maio, julho e setembro.



**Figura 12.** Ordenação dos pontos de amostragem no espaço de acordo com os dois eixos da Análise de Componentes Principais, a partir dos valores das variáveis mensuradas. Significado das abreviações: C- corredeira; P- poção; M- maio; J- julho; S- setembro; TEMP- temperatura; OD- oxigênio dissolvido; PH: pH; ALC- alcalinidade; C.E.- condutividade elétrica; TURB- turbidez; ORP- potencial oxi-redução; MST- materia em suspensão total; CL- clorofila; L- largura e P- profundidade. Legenda cores: Azul= Maio, Verde= Julho, Vinho=Setembro

## DISCUSSÃO

A temperatura da água apresentou-se elevada em todos os pontos e meses amostrados, resultado também encontrado por Simões (2006) em trabalho realizado no mesmo rio. Altas temperaturas são normalmente encontradas em ambientes aquáticos de regiões semiáridas devido à elevada temperatura do ar e baixa precipitação (Barbosa, 2002). Os valores mais elevados nos ambientes lóticos, encontrados neste estudo, são explicados pela ausência de vegetação ciliar, que previnem o aumento da temperatura da água (Swift & Messer, 1971; Sugimoto, *et al*, 1997). Esta variável exerce influência direta nos demais parâmetros analisados, portanto, tem um papel extremamente importante no equilíbrio do sistema aquático (Esteves, 1998), a mínima variação da mesma causa diversas reações no meio aquático que podem interferir na sobrevivência dos seres animais e vegetais que ali habitam.

As concentrações de oxigênio dissolvido na água ficaram abaixo do limite estabelecido pela resolução 357/2005 do CONAMA, a qual recomenda que em águas salobras (condutividade elétrica  $> 1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) essa concentração não seja inferior à 5 mg/L. Todos os pontos de coleta, em todos os meses amostrados, apresentaram médias variando de 3.48 e 5.11 mg/L de oxigênio dissolvido. Na ecologia essa variável é extremamente importante, pois é indispensável para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático (Esteves, 1998). Nos trechos amostrados há inúmeras fontes pontuais de poluição. O aporte de substâncias orgânicas biodegradáveis, encontradas nos esgotos domésticos e em certos resíduos industriais, intensifica o consumo de oxigênio pelos organismos responsáveis pela decomposição dessas substâncias causando assim baixas concentrações de oxigênio no ambiente aquático (Fiorucci & Filho, 2005).

O pH é a variável utilizada para determinar se a água de um local encontra-se ácida ou básica. Neste estudo, o pH variou de levemente ácido à básico, em todos os pontos e meses amostrados, com o mês de setembro apresentando os menores valores, e maio e julho os maiores valores. Este resultado é oposto à afirmação de Matheus e Tundisi (1988) que os rios brasileiros apresentam pH variando de neutro a ácido, porém o resultado é semelhante ao trabalho realizado por Simões (2006) no mesmo rio. Barreto e Garcia (2010) ressaltam que em regiões semiáridas, as águas de rios e lagos tendem a ser alcalinas devido a pouca precipitação e grande evaporação. Mas o pH pode variar, também, de acordo com substâncias que estejam presentes no meio, como por exemplo, ácidos orgânicos ou substâncias húmicas que são derivadas de excreção e decomposição de material orgânico (Esteves & Marinho, 2011).

A alcalinidade é uma característica química da água que demonstra a capacidade do sistema em neutralizar ácidos ali presentes (Brito, 2010). A alcalinidade dos pontos amostrados do Rio Jequeizinh foi elevada ( $> 150 \text{ mg/L}$ ) em todos os pontos e meses

amostrados, resultado também encontrado por Simões (2006), sendo que em maio foram registrados os menores valores, e em setembro os maiores valores (figura 6). Segundo Barreto e Garcia, 2010, em geral, águas naturais no Brasil apresentam alcalinidades inferior a 100 mg/L, concentração diferente da encontrada no Rio Jequezinho, visto que, mesmo em maio (menores valores) a alcalinidade ficou acima de 100mg/L. Valores mais elevados de alcalinidade são influenciados pela própria característica geológica do ambiente e pela associação de processos de decomposição da matéria orgânica e a alta taxa respiratória dos microrganismos, com a liberação e dissolução do gás carbônico na água (Caleffi, 2002).

A condutividade elétrica da água é uma variável que indica a presença de íons dissolvidos no ambiente. Se a quantidade de íons dissolvidos num ambiente aquático for elevada, isso indica que maior será sua condutividade elétrica (Barbosa, et al, 2006). Esta variável apresentou valores elevados ( $>1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) em todos os pontos e meses amostrados, sendo que em pontos de ambiente lótico, e, no mês setembro foram registrados maiores valores. Esse resultado indica a influência da elevada taxa de evaporação e temperatura (Carvalho, 2011), já que a rio está localizado em uma região semiárida e setembro foi o mês com menor taxa de precipitação (Fig. 2) e elevados valores de temperatura, e, às características pedológicas e entrada de matéria orgânica (Ribeiro, Maia & Medeiros, 2005; Zuin, Ioriatti & Matheus, 2009; Carvalho, Schlittler & Tornisielo, 2000).

A turbidez mede a capacidade da água em dissipar a radiação solar. Os valores encontrados no Rio Jequezinho ficaram abaixo de 100 NTU, que é o limite recomendado pela resolução 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005). Essa variável sofre influência direta da presença/ausência dos sólidos em suspensão (Tavares, 2005), da quantidade de matéria orgânica e da característica do sedimento (Santos *et al*, 2001), tais fatores explicam os maiores valores encontrados em pontos de ambiente lântico, pois estes apresentaram sedimento mais fino e maior quantidade de matéria orgânica em decomposição. Nos meses de



maior precipitação, maio e julho, os valores de turbidez foram mais elevados (Tabela 2), provavelmente ocorreu carreamento acentuado de material particulado, do entorno dos pontos amostrados, devido à ausência de vegetação ciliar (Nogueira *et al*, 2012), e o despejo direto e indireto de cargas poluentes, observados no local.

Medidas de ORP são baseadas na formação de um par redox em uma reação química. A redução é resultado do ganho de elétrons e a oxidação da perda de elétrons (Atkins & Jones, 2002). Os valores de ORP indicam quais processos estão ocorrendo no meio aquático e também influenciam na mobilidade de elementos químicos. Os menores valores de ORP encontrados em pontos de ambiente lântico indicam a entrada de efluentes no ambiente, porém não foi avistada nenhuma fonte pontual de poluição, o que não implica afirmar que não exista, este resultado ainda indica que o ambiente está com baixa disponibilidade de oxigênio dissolvido (Silva, 2015).

A clorofila é o um dos principais pigmentos responsáveis pela fotossíntese, suas concentrações podem indicar sobre o estado trófico de ambientes aquáticos (Esteves, 1998). Nos pontos amostrados do rio Jequiezinho as concentrações de clorofila foram elevadas, sendo que, em julho e nos pontos de ambiente lântico os valores foram mais baixos que nos outros meses e pontos de ambiente lótico. Wetzel (1993) considera que ambientes com concentrações médias de clorofila  $> 10 \mu\text{g L}^{-1}$  devem ser considerados eutróficos, resultado encontrados neste trabalho. Ambientes eutróficos apresentam alta produtividade gerada artificialmente por atividades antrópicas, inserindo nutrientes no meio, causando alterações indesejáveis na qualidade da água (Mansor, 2005).

O material em suspensão total é o material particulado não dissolvido, suspenso na massa d'água, composto por substâncias orgânicas e inorgânicas (Deberd, 2005). Essa variável interfere na transparência da água e, conseqüentemente na produção primária



(Paranhos, 1996). Neste estudo foram encontrados maiores valores na coleta de julho, período de maior precipitação, que provavelmente ocasionou o carreamento de material do entorno para o corpo hídrico, assim como os menores valores foram encontrados em setembro, período de menor precipitação, resultado semelhante foi encontrado por Medeiros *et al* (2011) em estudo realizado no Baixo Rio São Francisco. Halim (1991) afirma que alguns fatores antrópicos, como uso do solo e retirada da cobertura vegetal natural, podem alterar a dinâmica natural de material em suspensão total.

Na análise de componentes principais pode-se perceber que no eixo 1 houve tendência de segregação por tipo de ambiente, influenciada pelas variáveis material em suspensão total, turbidez, potencial de oxi-redução, profundidade e condutividade elétrica. O ambiente lótico, representado pelas corredeiras, exceto o ponto C2J, apresentou, de modo geral, menores valores de MST, turbidez e profundidade e maiores valores de ORP e condutividade elétrica, valores inversos ocorreram nos pontos de ambiente lântico representado pelos poções, exceto pelo ponto P1S que ficou em posição intermediária por conta de valores baixos de turbidez, como ocorreu nos pontos lóticos.

Em ambientes lóticos que apresentam fluxo de água pouco intenso, diferente de um período de cheia, o material em suspensão tende a diluir, e conseqüentemente valores de turbidez também serão menores (Barros *et al*, 2011). A condutividade exibiu valores elevados em todos os pontos e período de coleta, sendo que os valores mais elevados ocorreram nos pontos de ambiente lótico e no mês com maiores temperaturas menor precipitação, resultado semelhante foi registrado por Rocha (2010) em um rio temporário no Rio Grande do Norte. Em áreas de poça a condutividade da água é influenciada, principalmente, pela matéria orgânica que se acumula Rocha *op cit*. Khalaf e Macdonald (1975) afirmam que a evaporação influencia diretamente os valores de condutividade elétrica em ambientes semiáridos, gerando o aumento da concentração de sais no meio aquático.

Medidas de potencial redox variaram muitos neste estudo e os menores valores foram encontrados em ambientes lênticos. Essa variável só passou a ser analisada em matrizes ambientais no início do século passado, a partir de um estudo realizado por 1960 por Baas-Becking *et al.* (Jardim, 2014). O mesmo autor ainda afirma que dependendo dos seus valores, o ORP influencia na mobilidade de elementos químicos tornando-os mais ou menos disponíveis, podendo então causar danos à saúde do corpo hídrico e consequentemente nos organismos animais e vegetais que ali habitam.

## CONCLUSÃO

O Rio Jequezinho sofre influência direta das características ambientais naturais e principalmente de atividades humanas poluentes, seja de forma direta ou indireta, através de despejos líquidos e sólidos. Essas ações são refletidas nos resultados das variáveis mensuradas, como altos valores de condutividade elétrica, alcalinidade, baixa concentração de oxigênio dissolvido e ORP em todo o estudo e principalmente no período de déficit hídrico, setembro. Políticos e tomadores de decisões deveriam voltar suas atenções para este corpo hídrico, visto que, é um dos afluentes mais importantes, em extensão, da Bacia Hidrográfica Rio de Contas, para o qual, carrega toda a carga poluente que lhe é lançada, interferindo nas comunidades animais e vegetais não só do Rio Jequezinho, mas também no trecho do seu deságue no Rio de Contas.

## AGRADECIMENTOS

À FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa da Bahia), UESB (Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia), ao PPGGBC (Programa de Pós-graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação), pelo apoio na realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. 2003. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial.

BAHIA. Atlas do estado da Bahia. 1976. Secretaria de Planejamento, Ciência e tecnologia. *Artes Gráficas*. Salvador, Brasil.

BARBOSA, J. E. et al. 2006. Diagnóstico do estado trófico e aspectos limnológicos de sistemas aquáticos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, Trópico semi-árido Brasileiro. *Revista de biologia e ciências da terra*.

BARBOSA, J. E. L. 2002. *Dinâmica do fitoplâncton e condicionantes limnológicos nas escalas de tempo (nictemeral/sazonal) e de espaço (horizontal/vertical) no açude Taperoa II: trópico semiárido nordestino*. Tese doutorado. Universidade Federal de São Carlos, Brasil.

BARRETO, P. R., GARCIA, C. A. B. 2010. Caracterização da qualidade da água do açude Buri-Frei Paulo/SE. *Scientia Plena*.

BARROS, F. M., ROCHA, F. A., FRAGA, M. S., GENEROSO, T. N., MELO, A. R. B. 2011. Variação da turbidez em pontos distintos de um perfil transversal do Rio Catolé-Ba sob diferentes níveis de vazão. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, 7 (12).

BENETTI, A. BIDONE, F. 1995. O meio ambiente e os recursos hídricos. In: *Hidrologia: ciência e aplicação*. C. E. M Tucci. Ed. da Universidade/UFRGS/ABRH: 669. Porto Alegre, Brasil.

BOULTON A. J. Parallels and contrasts in the effects of drought on stream macroinvertebrate assemblages. *Freshwater Biology* 48: 1173–1185, 2003.

BRASIL. 2005. 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.

BRITO, C. F. P. 2010. Avaliação da produção de sedimentos em duas microbacias hidrográficas do Ribeirão Taquaruçu Grande, município de Palmas, TO, Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Tocantins, Brasil.

CALEFFI, S. 2002. Estudo da comunidade zooplancônica da represa de Gurarapiranga - São Paulo: aspectos ecológicos e qualidade ambiental. XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. México.

CARVALHO, A.R., SCHLITTLER, F.H.M.V.L., TORNISIELO, S.T. 2000. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. *Química Nova*.

CARVALHO, G. A. de. 2011. Estudo temporal da estratificação no reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu e suas influências nos drenos de fundação da barragem de concreto (estudo de longo período). Dissertação de Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC. Santo André, Brasil.

DEBERD, A. J. (2005). Qualidade de água. Disponível em:

<http://educar.sc.usp.br/biologia/prociencias/qagua.htm>. 2005. Acesso: 11/11/2015

ESTEVES, F. A. 1998. *Fundamentos da Limnologia*. 2º ed. Editora Interciência. Rio de Janeiro. Brasil.

ESTEVES, F. A., MARINHO, C.C. 2011. Carbono inorgânico. In: *Fundamentos da limnologia*. F. A. Esteves. 3ª ed. Interciência, Rio de Janeiro.



FIORUCCI, A. R., BENEDETTI FILHO, E. 2005. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. *Química Nova na Escola*. (22): 10-16.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO. R. S.; OHSTAD, M. A. 1978. Methods for physical & chemical analysis of freshwater, 2ª Ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 231 p.

HALIM, Y. 1991. The impact of human alterations of the hydrological cycle on ocean margins. In: Mantoura, R.F.C.; Martin, J.M. & Wollast R. Ocean Margin Processes in Global Change. John Wiley & Sons, New York. 301-328 pp.

JARDIM, W. F. 2014. Medição e Interpretação de Valores do Potencial Redox (Eh) em Matrizes Ambientais. *Química Nova*, 37 (7), 1233-1235.

KHALAF, A. N. & MACDONALD, L. J. 1975. Physicochemical Conditions in Temporary Ponds in the New Forest. *Hydrobiologia*, 47 (20): 301-318.

MALTCHIK, L. 1996. Nossos rios temporários, desconhecidos mas essenciais. *Ciência Hoje*, (21): 64-65.

MACKERETH, F. I. H.; HERON, J.; TALLING, J. F. 1978. Water Analysis: some revised methods for limnologists. London: Freshwater Biological Association. 121 p.

MANSOR, M. T. C. 2005. Potencial de poluição de águas superficiais por fontes não pontuais de fósforo na bacia hidrográfica do ribeirão do pinhal, Limeira-SP. 171 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MAROTTA, H., et al. 2008. Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. *Ambiente & Sociedade*. 10 (1): 67-79. Campinas, Brasil.



MATHEUS, C. E., TUNDISI, J. G. 1988. Estudo Físico-Químico e Ecológico dos Rios da Bacia Hidrográfica do Ribeirão e Represa do Logo (Broa). In: *Série: Monografias em Limnologia*. J. G. Tundisi. 1(1): 419-471.

MEDEIROS P. R. P., KNOPPERS B., SOUZA W. F. L., OLIVEIRA E. N. 2011. Aporte de material em suspensão no Baixo Rio São Francisco (SE/AL), em diferentes condições hidrológicas. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 15(1):42-53.

NOGUEIRA, P.F. et al. 2012.; Analise da concentração dos sólidos em suspensão, turbidez e TDS nos principais afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros-GO. *Revista Geonorte*.

ORTEGA, M.; SUAREZ, M. L.; VIDAL-ABARCA, M. R.; RAMIREZ-DIAZ, L. 1991. Aspectos dinamicos de la composición e la estructura de la comunidad de invertebrados acuáticos de la rambla del Moro después de una riada (Cuenca del río Segura: SE de España). *Limnetica*, (7): 11-24.

PARANHOS, R. (1996). Alguns métodos para análise da água. Rio de Janeiro, Cadernos didáticos UFRJ.

PEDRO, F.; MALTCHIK, L.; BIANCHINI JR., I. 2006. Hydrologic cycle and dynamics of aquatic macrophytes in two intermittent rivers of the semi-arid region of Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 66 (2).

REBOUÇAS, A. C. 2006. Água doce no mundo e no Brasil. In: *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. A. C. Reboúças, B. Braga, J. G. Tundisi. 3ª ed. Escrituras Editora, São Paulo. Brasil.

RIBEIRO, G. M., MAIA, C. E., MEDEIROS, J. F. de. 2005. Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação. *Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental*, 9 (1).

ROCHA, L. G. 2010. Variação temporal da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um riacho intermitente do semiárido brasileiro. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte.

SANTOS, A. R. dos. 2001. Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, micro região de Viçosa, MG. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.

SILVA, J. C. 2015. Avaliação de salinidade, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e potencial de oxidação/redução das águas superficiais do Rio Maratauíra-Abetetuba-PA. 14º Encontro de profissionais da química da Amazônia. 18-21 Agosto/2015. Belém do Pará, PA, Brasil.

SIMÕES, N. R. S. 2006. *Microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) de rios temporários da Bacia do Rio Jequezinho (Bahia)*. Dissertação mestrado. Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil.

SUGIMOTO, S., NAKAMURA, F., ITO, A. 1997. Heat budget and statistical analysis of the relationship between stream temperature and riparian forest in the Toikanbetsu river basin, Northern Japan. *Journal of Forest Research*. 2 (2): 103-7

SWIFT JR., L. M., MESSER, J. B. 1971. Forest cuttings raise temperatures of small streams in the southern Appalachians. *Journal of Soil and Water Conservation*. 26 (23): 111-17.

TAVARES, A.R. 2005. *Monitoramento da qualidade das águas do rio Paraíba do Sul e diagnóstico de conservação*. Dissertação de Mestrado. Instituto Tecnológico de Aeronáutica-ITA, São José dos Campos, São Paulo.

TEIXEIRA, C.; KUTNER, M. M. 1962. Plankton studies in a mangrove environment I- First assesment of standing stock and ecological factors. *Boletim do Instituto Oceanográfico*. 12, 101-124.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. 200. *Gestão da água no Brasil*. UNESCO. Brasília,

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. 2006. **Ecosistemas de águas interiores**. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3ª ed. São Paulo: Escrituras Editora.

VIEIRA, V. P. P. B.; GONDIM FILHO, J. C. G. **Água doce no semiárido**. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3ª ed. Escrituras Editora. São Paulo, 2006.

WETZEL, R. G. 1993. *Limnologia*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 919 p.

ZUIN, V. G., ORIATTI, M. C. S., MATHEUS, C. E. 2009. O emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais. *Química Nova na Escola*



## 6. CAPÍTULO 2

### CONCENTRAÇÃO DE METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS NA ÁGUA, SEDIMENTO E COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS DO RIO JEQUIEZINHO, BAHIA

Valéria Sheila Ribeiro do Nascimento\*<sup>1</sup>, Marcos de Almeida Bezerra<sup>2</sup>, Sérgio Luiz Sonoda<sup>3</sup>

\*Autor para correspondência (leria.ribeiro@hotmail.com)

<sup>1</sup>Laboratório de Limnologia II, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB. Avenida José Moreira Sobrinho, s/n, Jequiezinho, Jequié-Bahia, 45208-091.

<sup>2</sup>Laboratório de Química Analítica, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB. Avenida José Moreira Sobrinho, s/n, Jequiezinho, Jequié-Bahia, 45208-091

<sup>3</sup>Laboratório de Limnologia II, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB. Avenida José Moreira Sobrinho, s/n, Jequiezinho, Jequié-Bahia, 45208-091.

#### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi investigar as concentrações de metais potencialmente tóxicos em três matrizes ambientais: água, sedimento e macroinvertebrados aquáticos. As coletas foram realizadas em seis trechos do perímetro urbano do Rio Jequiezinho, Bahia, nos meses maio, julho e setembro de 2015. As amostras de sedimento e macroinvertebrados foram submetidas à técnica digestão ácida em bloco de aquecimento com dedo frio acoplado ao tubo digestor. Os metais Mn, Fe, Zn, Ca, Co, Cr, Mg, Pb, Cu, Ni foram quantificados utilizando a espectrometria de absorção atômica na chama (FAAS) e Na e K por espectrometria de emissão atômica na chama (FAES). A água foi a matriz com menor número de metais quantificados (Ca, Na, Mg e K), nas amostras de sedimento e macroinvertebrados foi possível quantificar todos os metais estudados. Os sedimentos registraram as maiores concentrações de K, Na e Fe, e, ainda em alguns pontos foram registradas concentrações de Pb. Além disso, os metais Cr e Zn ficaram em concentrações acima do permitido pelo CONAMA (Res. 344/2004). O fator de bioacumulação mostrou que os macroinvertebrados estão bioacumulando todos os metais analisados, sendo que as taxas mais elevadas foram para Ca, Mg, Fe e K. O Rio Jequiezinho encontra-se contaminado por metais potencialmente tóxicos devido às concentrações elevadas registradas. Além disso, o processo de bioacumulação nos macroinvertebrados indica que a biomagnificação também pode estar ocorrendo neste ambiente, causando efeitos tóxicos com o aumento da cadeia trófica.

**Palavras-chave:** Rio Jequiezinho, metais, sedimentos, águas, macroinvertebrados



## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o uso inadequado dos recursos hídricos causou e tem causado diversas perturbações nestes ambientes. Os rios são sistemas abertos e oferecem o “serviço” de diluição e transporte para natureza, o que logicamente é um processo natural (Rebouças, 2004), porém, com a ocupação desordenada das margens de rios estes passaram a receber cargas cada vez maiores de poluentes, sejam eles líquidos, sólidos ou gasosos, fazendo com que os processos de diluição e transporte se tornassem artificiais, ou seja, foram transformados em esgotos (Pereira, 2004).

A forma mais comum de poluição ocorre através de descargas de poluentes líquidos nos corpos hídricos. Esses poluentes podem ter origem doméstica, industrial, agropecuária e comercial, causando diminuição da qualidade de água e prejuízos à fauna e flora aquática (Tundisi, 2003). Alguns organismos animais sofrem direta e/ou indireta com a entrada desses poluentes no ambiente aquático. Muitos elementos químicos, em especial alguns metais, são essenciais para sobrevivência e desenvolvimento dos animais (Graft, 1988; Natividade, 1998).

Diversos metais estão presentes no meio ambiente ou são adquiridos naturalmente pela biota aquática por meio de algum mecanismo, porém, o avanço e continuidade da poluição aquática aumenta, muitas vezes de forma exagerada, a concentração desses elementos no meio, causando a morte imediata ou a acumulação nos organismos. A curto ou longo prazo poderá causar danos comportamentais, morfológicos, fisiológicos bioquímicos, reprodutivos e metabólicos (Connell & Miller, 1984; Elder, 1988).

Muitos organismos são utilizados como bioindicadores da saúde de ecossistemas aquáticos (Moreno & Callisto, 2004; Gonçalves & Aranha, 2004). Nas últimas décadas tem crescido o número de trabalhos realizados com macroinvertebrados aquáticos, devido algumas características como, pouca mobilidade e íntima relação com substrato, o que permite melhor avaliação do estado ou processos que ocorrem ou ocorreram no ambiente, ter ampla distribuição geográfica, ser fácil de coletar, ter identificação mais simples, de um modo geral, e ter custos reduzidos nos procedimentos necessários (Moreno & Callisto, 2006; Santoro *et al.*, 2008; Corbi *et al.*, 2008).

Macroinvertebrados aquáticos são componentes importantes de corpos hídricos, visto que, participam de diversos processos ecológicos, além de desempenharem vários papéis na cadeia trófica (Esteves, 1998), sendo assim, são organismos eficientes em estudos de bioacumulação e biomagnificação. A bioacumulação é o aumento de elementos químicos no corpo do animal com relação ao seu habitat e alimentação, esse processo está intimamente relacionado com a biomagnificação, que é a transferência de elementos persistentes através da cadeia trófica (Egeler *et al.*, 2010). Ambos processos podem se tornar prejudiciais aos organismos com o passar do tempo causando deformidades físicas, fisiológicas e comportamentais e até mesmo a morte (Dornfeld, 2006).

As águas do Rio Jequezinho não são utilizadas para consumo pela rede de fornecimento de água do estado, porém este rio é um importante afluente do Rio de Contas, o qual é bastante utilizado tanto pela empresa responsável pelo abastecimento público, quanto por pessoas que residem às suas margens. Independente do seu valor comercial trata-se de um ambiente natural que sofre com a intensa poluição, interferindo assim, na



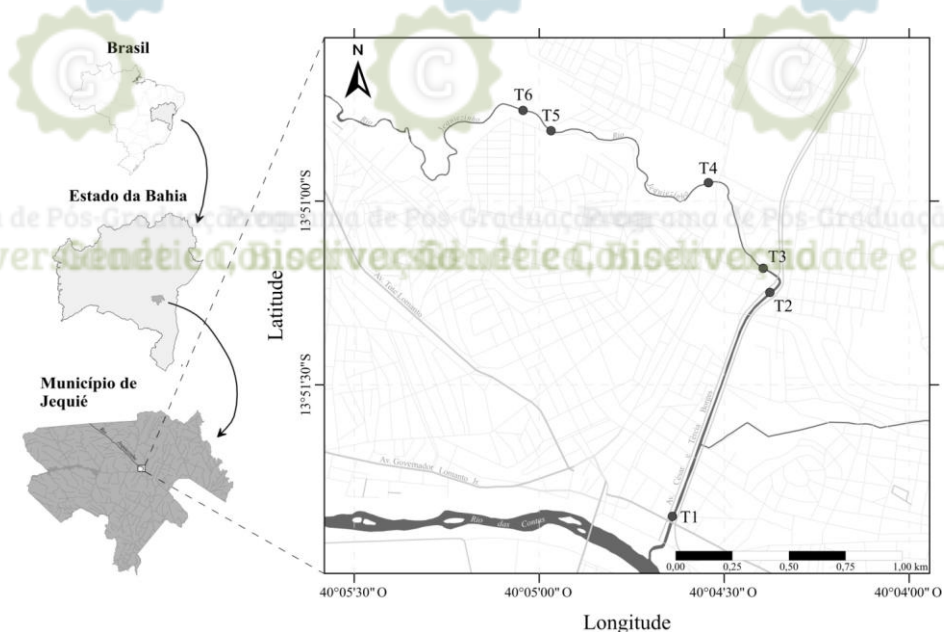
manutenção da biodiversidade local e adjacente. Além disso existe a possibilidade de ocorrer o processo de biomanifacção o qual pode afetar diretamente os consumidores do produto final das atividades de pesca que são realizadas no Rio de Contas.

O objetivo deste trabalho foi determinar as concentrações de doze metais potencialmente tóxicos (Mn, Fe, Zn, Ca, Na, Co, Cr, Mg, K, Pb, Cu e Ni), em três matrizes (água, sedimento e comunidade de macroinvertebrados) associadas ao trecho urbano do Rio Jequeizinho, Bahia

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Local de estudo

O Rio Jequeizinho, afluente da margem esquerda do Rio de Contas, é um rio temporário localizado na região semiárida da Bahia, com extensão de aproximadamente 1340 km (Simões, 2006). Sua nascente está localizada na região da cidade de Maracás-Ba, e, sua foz na cidade de Jequié-Ba, na qual, o rio apresenta trecho, com aproximadamente 10 km de extensão, situado na zona urbana, o qual recebe diversas cargas de poluição, principalmente de origem doméstica, já que não há em suas imediações instalações de atividade industriais e/ou agrícolas. O clima da região, na qual o rio está inserido, é do tipo árido; a vegetação predominante é característica da caatinga e o regime pluviométrico é marcado por dois períodos: estação seca e chuvosa, que se estende de maio a outubro, e de novembro a abril, respectivamente, (Bahia, 1976).



**Figura 1.** Localização do Rio Jequeizinho, Bahia, e dos pontos amostrados no trecho urbano, localizado na cidade de Jequié-Ba-Brasil

### Coleta de amostras

Foram amostrados seis trechos, sendo três em ambientes lóticos (presença de correnteza) e três em ambientes lânticos (ausência de correnteza), em coletas realizadas bimestralmente entre maio e setembro de 2015, período de seca da região. Em cada trecho foram tomadas cinco subamostras de macroinvertebrados aquáticos com auxílio de rede tipo “D”. Foram realizados dois arrastos em cada tomada de subamostra, o

material foi acondicionado em sacos plásticos, devidamente etiquetados, e, encaminhados ao laboratório onde permaneceram sob-refrigeração até triagem. Também foram tomadas três subamostras de sedimento as quais foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob-refrigeração até preparação para análise. Duas amostras de água também foram retiradas de cada trecho e acondicionadas em garrafas de polietileno e encaminhadas ao laboratório para realização dos procedimentos apropriados para determinação da concentração de 12 metais (Mn, Fe, Zn, Ca, Na, Co, Cr, Mg, K, Pb, Cu, Ni).

### **Tratamento de amostras**

As amostras de macroinvertebrados e sedimentos passaram por um processo de digestão ácida utilizando tubos de vidro aquecidos em bloco digestor e apresentando sistema de refluxo com “dedo frio” (TECNAL, TE-007MP) a 100° C. Esse sistema permite a determinação de elementos voláteis, pois, a perda dos elementos por volatilização é evitada devido à condensação provocada pelo sistema de refluxo formado pelo “dedo frio”. Além de evitar a perda de elementos voláteis, essa técnica tem outras vantagens, por exemplo, a possibilidade de utilizar uma quantidade maior de amostra e/ou de reagentes sem risco de explosão (por ser um sistema aberto), e, permite trabalhar tanto com amostras orgânicas quanto inorgânicas (Ferreira *et al.*, 2013).

As amostras, depois de digeridas, tiveram suas concentrações de metais determinadas usando espectrometria de absorção atômica na chama (FAAS) e espectrometria de emissão atômica na chama (FAES).

### **Água**

As amostras de água foram encaminhadas ao laboratório para filtragem e conservação através da adição de 0,2 mL de ácido nítrico e posteriormente foram refrigeradas até o momento de determinação dos metais

### **Sedimento**

As amostras de sedimento foram acondicionadas em placas de petri e submetidas à secagem em estufa a 60° C por 24 horas. Posteriormente foram trituradas, com auxílio de almofariz e pistilo, e peneiradas em malha com abertura de 250 µm. Para extração dos metais foi utilizado peso de 0,5 g de cada amostra submetidos a processo de digestão a dedo frio. Foram adicionados 2 mL de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) e 4 mL de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Após resfriamento, a mistura foi filtrada e acondicionada em tubos Falcon e o volume ajustado, com água ultrapura, para 20 mL.

### **Macroinvertebrados**

As amostras de macroinvertebrados foram triadas, identificadas (a nível taxonômico de família), pesadas, secas em estufa a 60° C por 24 horas, novamente pesadas, trituradas (através de almofariz e pistilo), e, peneiradas em malha com abertura de 250 µm. Pesou-se 0,2 g de cada amostra, que foram submetidas à técnica de digestão ácida em bloco digestor com auxílio de dedo frio. Volumes de cerca de 2 mL de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) e 2 mL de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) foram adicionados e aguardou-se a degradação e o clareamento da mistura. Depois de resfriamento à temperatura ambiente, a mistura foi filtrada e transferida para tubos Falcon, o volume foi completado, com água ultrapura, para 15 mL. Vale ressaltar que por conta da

necessidade de peso mínimo de 0,2 g necessários para realizar as análises foram utilizadas amostras compostas, ou seja, utilizou-se toda a comunidade triada para os demais procedimentos.

### Equipamentos e materiais utilizados

Um espectrômetro de absorção atômica com chama Perkin Elmer (Norwalk, CT, EUA), modelo AAAnalyst 200 equipado com lâmpada de deutério como corretor de fundo foi utilizado para as medidas dos metais nas soluções dos digeridos. Uma chama composta de ar/acetileno foi utilizada como fonte de energia para atomização dos metais. Lâmpadas de cátodo oco dos metais Mn, Fe, Zn, Ca, Co, Cr, Mg, Pb, Cu e Ni foram utilizadas como fontes de radiação para a absorção. Os elementos Na e K foram determinados por espectrometria de emissão atômica na chama. As condições utilizadas na operação do espectrômetro foram aquelas sugeridas pelo fabricante e estão descritas na tabela 1, e os comprimentos de onda utilizados neste estudo estão descritos na tabela 2.

**Tabela 1.** Descrição das condições utilizadas para operação dos espectrômetros na análise de metais potencialmente tóxicos do Rio Jequeizinho-Bahia

Parâmetros	Valores
Altura do queimador (mm)	13,5
Vazão de fluxo do gás acetileno (L min <sup>-1</sup> )	2,0
Vazão de fluxo do ar (L min <sup>-1</sup> )	13,5
Taxa de aspiração da solução (mL min <sup>-1</sup> )	5,0

**Tabela 2.** Descrição dos comprimentos de onda utilizados na determinação, por espectrometria atômica dos metais nas amostras coletadas no Rio Jequeizinho-Bahia

Metal	Comprimento de onda (nm)	Modo
Mn	279,5	Absorção
Fe	248,3	Absorção
Zn	213,8	Absorção
Ca	422,7	Absorção
Na	589,0	Emissão
Co	240,7	Absorção
Cr	357,9	Absorção
Mg	279,5	Absorção
K	766,5	Emissão
Pb	283,3	Absorção
Cu	324,7	Absorção
Ni	232,0	Absorção

## Reagentes e soluções

A solução intermediária multielementar de Mn, Fe, Zn, Ca, Na, Co, Cr, Mg, K, Pb, Cu e Ni ( $10 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) foi preparada a partir de soluções de referência de  $1000 \mu\text{g mL}^{-1}$  (Merck) de cada elemento por diluição com ácido clorídrico a 1% (v/v). Ácido nítrico concentrado para realização das digestões foi adquirido da Merck. Solução de  $\text{H}_2\text{O}_2$  30% Merck.

## Análises estatísticas

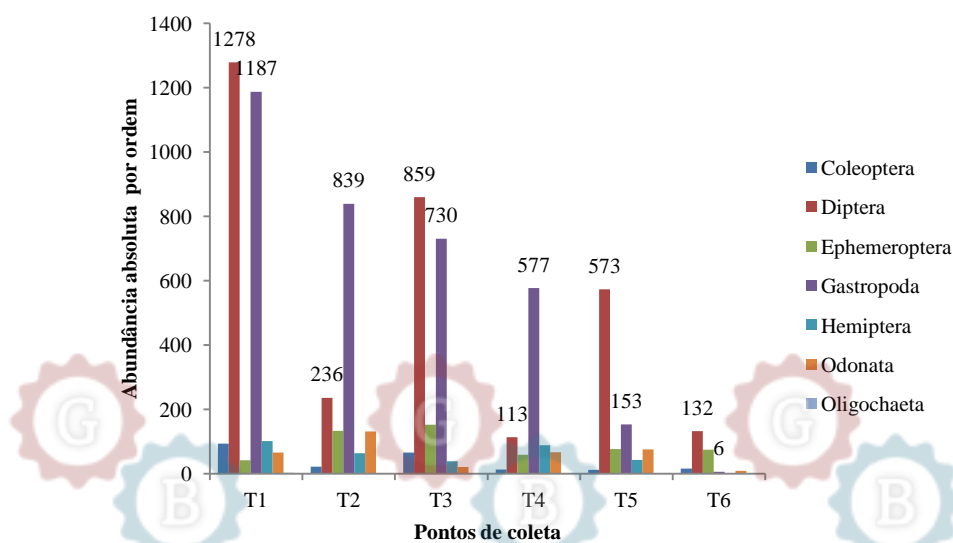
Os dados foram submetidos à análise de componentes principais (ACP) utilizando matriz de correlação, para verificar relações e padrões de comportamento dos parâmetros analisados, locais de coleta e períodos amostrais através do software PAST (versão 3.12). Os resultados também foram submetidos ao fator de bioacumulação (BAF), segundo Klavin *et al.*, (1998), para verificar a capacidade dos macroinvertebrados em acumular poluentes, a partir da seguinte fórmula:

$$\text{BAF} = \frac{\text{Concentração no tecido}}{\text{Concentração no sedimento}}$$

## RESULTADOS

### Composição da comunidade de macroinvertebrados aquáticos

A composição e abundância absoluta da comunidade de macroinvertebrados aquáticos, do trecho urbano do Rio Jequeizinho, estão descritas na figura 2. Foram contabilizados 7700 indivíduos divididos em sete ordens, sendo que, de modo geral, as ordens Diptera e Gastropoda apresentaram maior abundância absoluta.



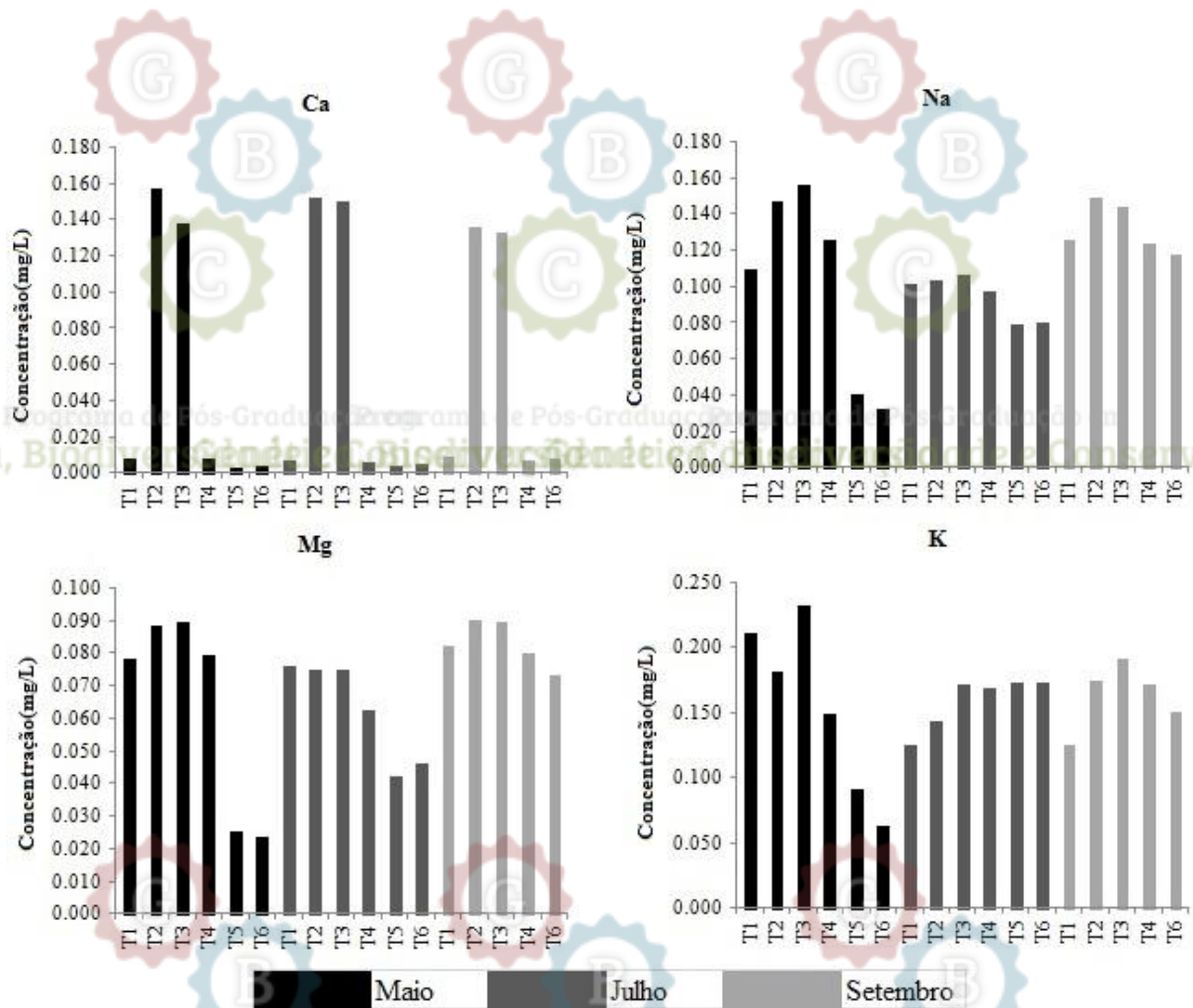
**Figura 2.** Abundância por ordem e composição da comunidade de macroinvertebrados amostrada nos trechos estudados do Rio Jequeizinho, semiárido Baiano



### Concentração de metais potencialmente tóxicos nas matrizes analisadas

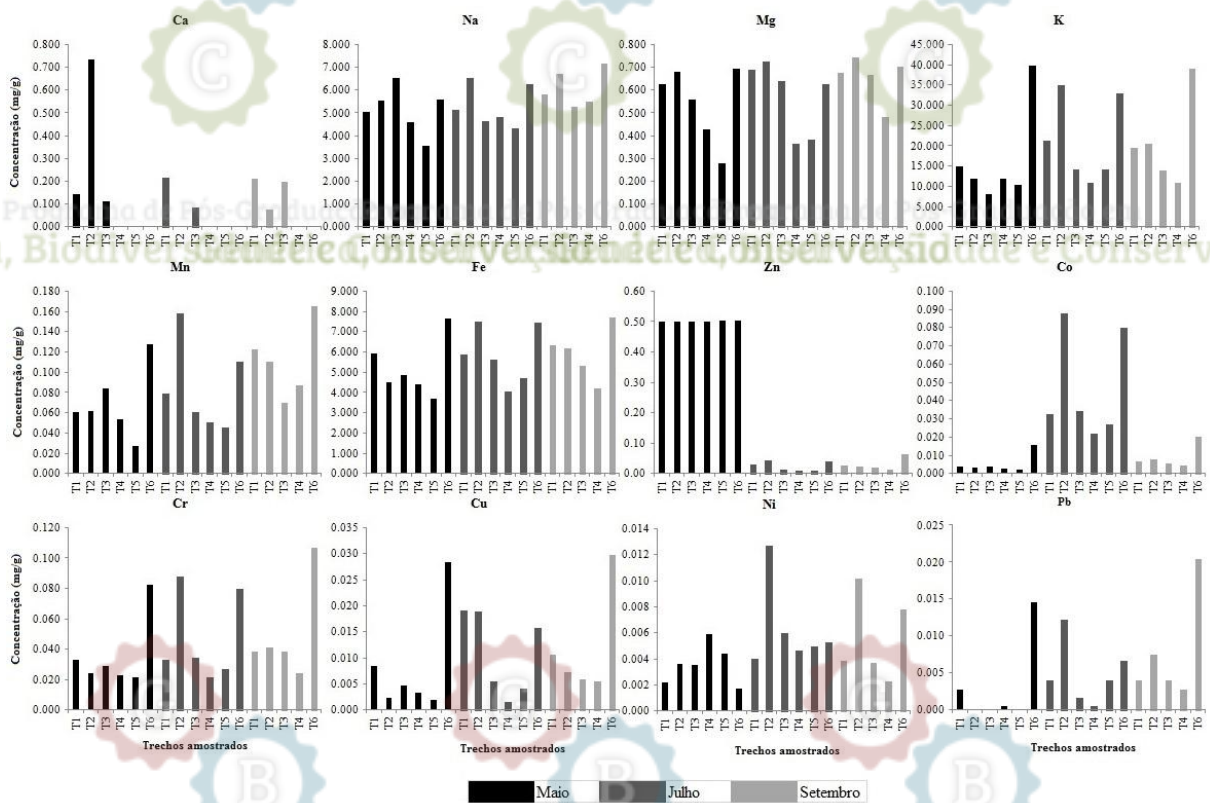
As concentrações de metais potencialmente tóxicos registradas em três matrizes ambientais (água, sedimento e macroinvertebrados) do Rio Jequeizinho estão demonstradas nas figuras 3, 4 e 5. Nas amostras de água só foi possível determinar a concentração dos metais Ca, Na, Mg e K, já nas amostras de sedimento e macroinvertebrados foi possível quantificar todos os metais analisados neste trabalho.

A água apresentou maiores concentrações de sódio (Na), variando de 0,032 mg/L a 156 mg/L, e potássio (K), variando de 0,063 mg/L a 232 mg/L (Fig. 3). No sedimento foram registradas concentrações de todos os metais analisados neste trabalho. Apenas nos pontos T4, T5 e T6 o metal Ca ficou abaixo do LQ em todo período de coleta. Os metais com maiores concentrações foram Na, K e Fe (Fig. 4). Nas amostras de macroinvertebrados foram registradas concentrações de todos os metais analisados na maioria dos trechos amostrados, porém as maiores concentrações foram de Ca, Na, Mg, K e Fe (Fig. 5).

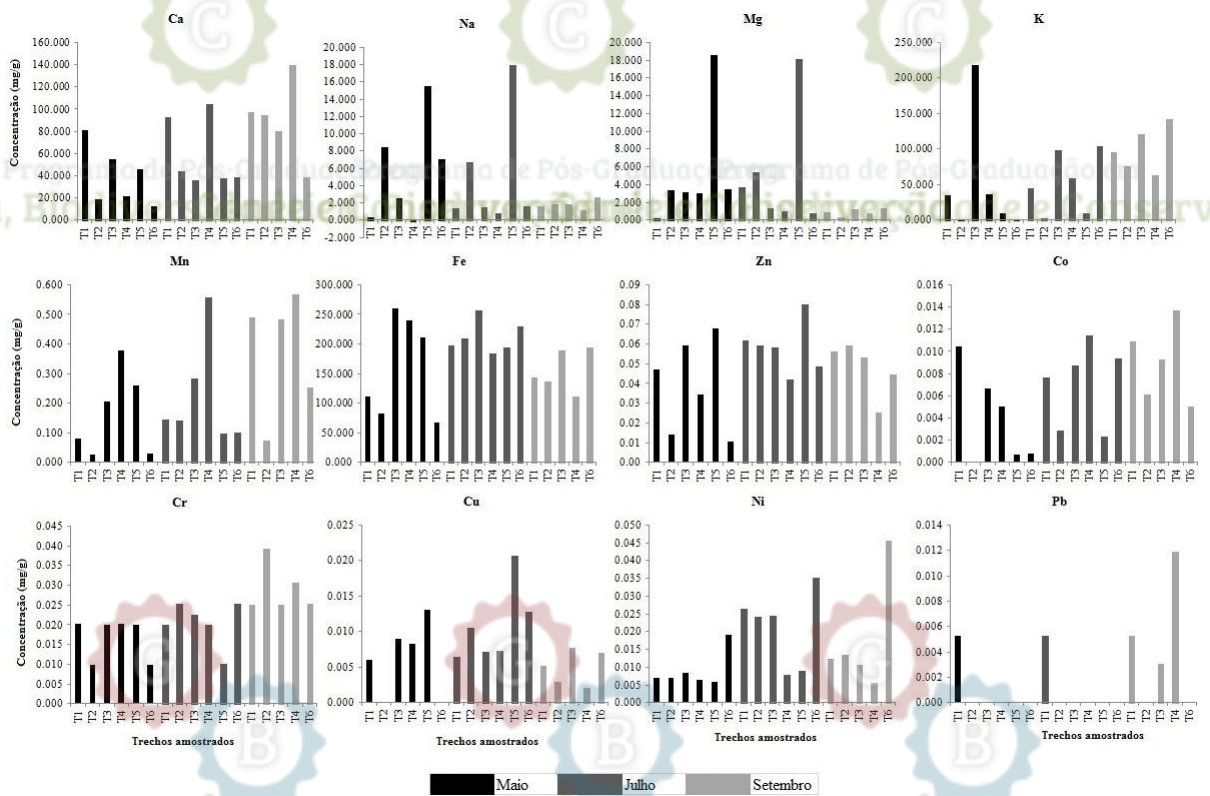


**Figura 3.** Concentração de macronutrientes da água do Rio Jequeizinho, coletada em seis trechos nos meses maio, julho e setembro/2015.





**Figura 4.** Concentração de metais potencialmente tóxicos no sedimento do Rio Jequeizinho, coletado em seis trechos nos meses maio, julho e setembro/2015

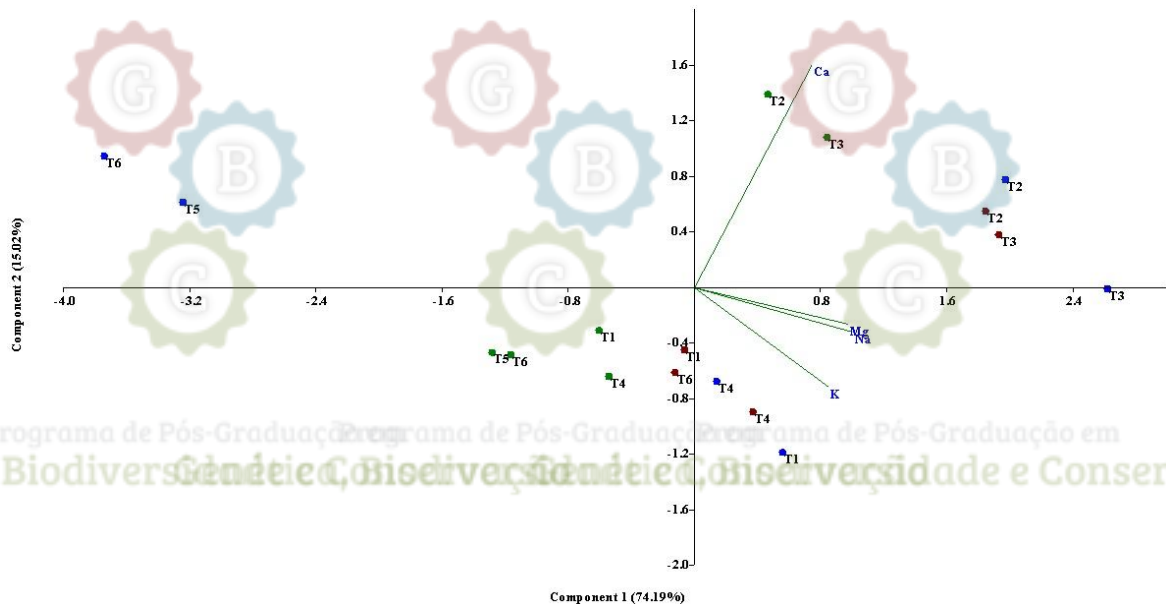


**Figura 5.** Concentração de metais potencialmente tóxicos na comunidade de macroinvertebrados aquáticos do Rio Jequeizinho, coletada em seis trechos nos meses maio, julho e setembro/2015

Os metais Ca, Na, Mg e K foram encontrados em concentrações elevadas nos macroinvertebrados, quando comparadas com a água e sedimento. Fe, Mn e Ni também apresentaram concentrações elevadas nas amostras de macroinvertebrados quando comparadas com as amostras de sedimento. Os demais metais analisados (Zn, Co, Cr, Cu, Pb) apresentaram maiores concentrações no sedimento.

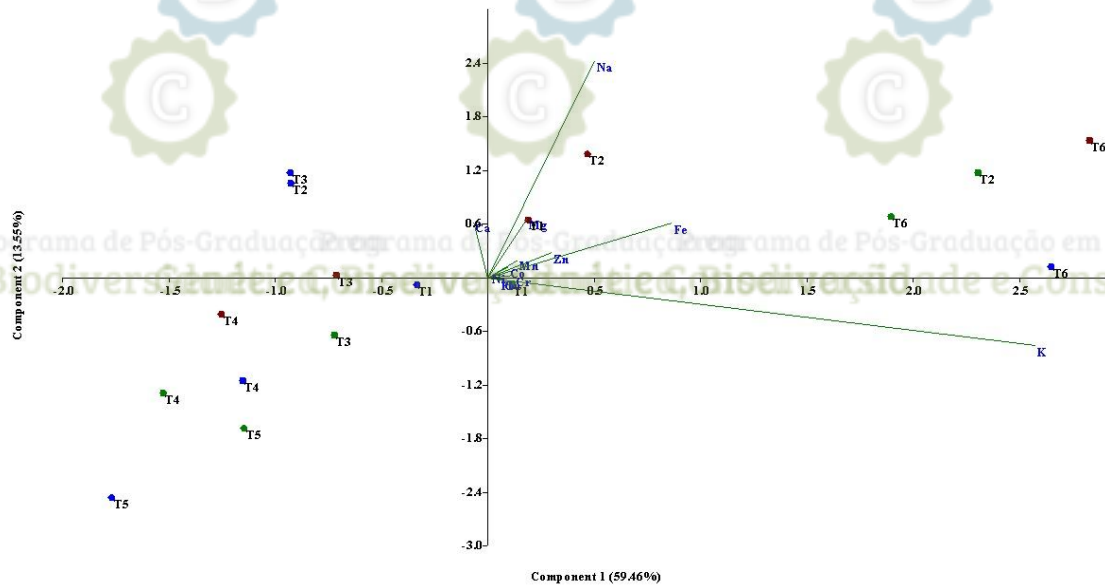
Na análise de componentes principais para água (Fig. 6) os componentes 1 e 2 explicaram 89.21% da variação encontrada. As variáveis Zn, Co, Cr, Pb, Cu, Ni, Mn e Fe foram excluídas das análises pois os valores ficaram abaixo do LQ. No eixo 1 as variáveis responsáveis pela sua ordenação foram Na, Mg, K e Ca, e, no eixo 2 foi o Ca. A ACP não mostrou tendência de ordenação clara nem por período nem por pontos amostrados.

Os pontos T2 e T3/maio, julho e setembro foram ordenados principalmente pelos altos valores de Ca. Os pontos T5 e T6/maio apresentaram menores valores de todos os metais que foram possíveis quantificarem. Os pontos T5 e T6/julho apresentaram menores valores de Na e Mg. Os pontos T1 e T6/setembro registraram menores valores de Mg, K e Na.



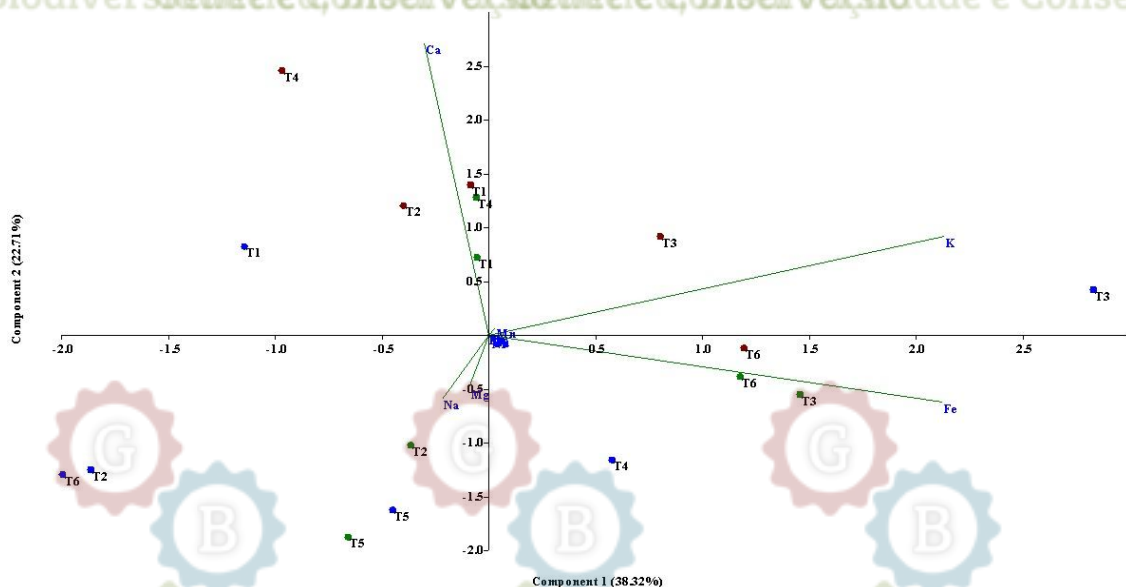
**Figura 6.** Análise de componentes principais das amostras de água coletadas em seis trechos, nos meses de maio (M), julho (J) e setembro (S) de 2015, no Rio Jequezinho, Bahia. Legenda de cores: Azul= Maio, Verde= Julho, Vinho=Setembro

Na ACP do sedimento, os componentes 1 e 2 explicaram 73.01% da variação. As variáveis K, Fe, Na, Zn e Mg apresentaram correlação positiva com o eixo 1, já no eixo 2, a variável Na e Ca foram positivamente e K negativamente correlacionadas (Fig. 7). Não ocorreu ordenação por período nem por pontos amostrados. Os trechos T2 e T3/maio apresentaram concentrações elevadas de Ca. Nos trechos T4 e T5/maio, T3, T4 e T5/julho e T3 e T4/setembro foram registradas baixas concentrações de K e Fe, o oposto tendeu a ordenar os trechos T2/julho e T6/maio, julho e setembro.



**Figura 7.** Análise de componentes principais das amostras de sedimento coletadas em seis trechos, nos meses de maio (M), julho (J) e setembro (S) de 2015, no Rio Jequeizinho, Bahia. Legenda de cores: Azul= Maio, Verde= Julho, Vinho=Setembro

Nas amostras de macroinvertebrados submetidas à ACP, os componentes 1 e 2 explicaram 61.03% da variação (Fig.8). No eixo 1 as variáveis que se correlacionaram positivamente foram K e Fe, e, negativamente Ca, já no eixo 2 as variáveis que apresentaram correlação positiva foram Ca e K, e, negativa, Fe, Na e Mg. Não ocorreu tendência de ordenação clara, tanto por pontos quanto por período amostral. Os trechos T1/maio, T1 e T4/julho e T1, T2 e T4/setembro apresentaram concentrações elevadas de Ca. Os trechos T3/maio e setembro e T6/setembro exibiram maiores concentrações de K, já os pontos T4/maio e T3 e T6/junho as concentrações mais elevadas foram de Fe. Mg e Na tenderam a ordenar os trechos T2, T5 e T6/maio, T2 e T5/junho.

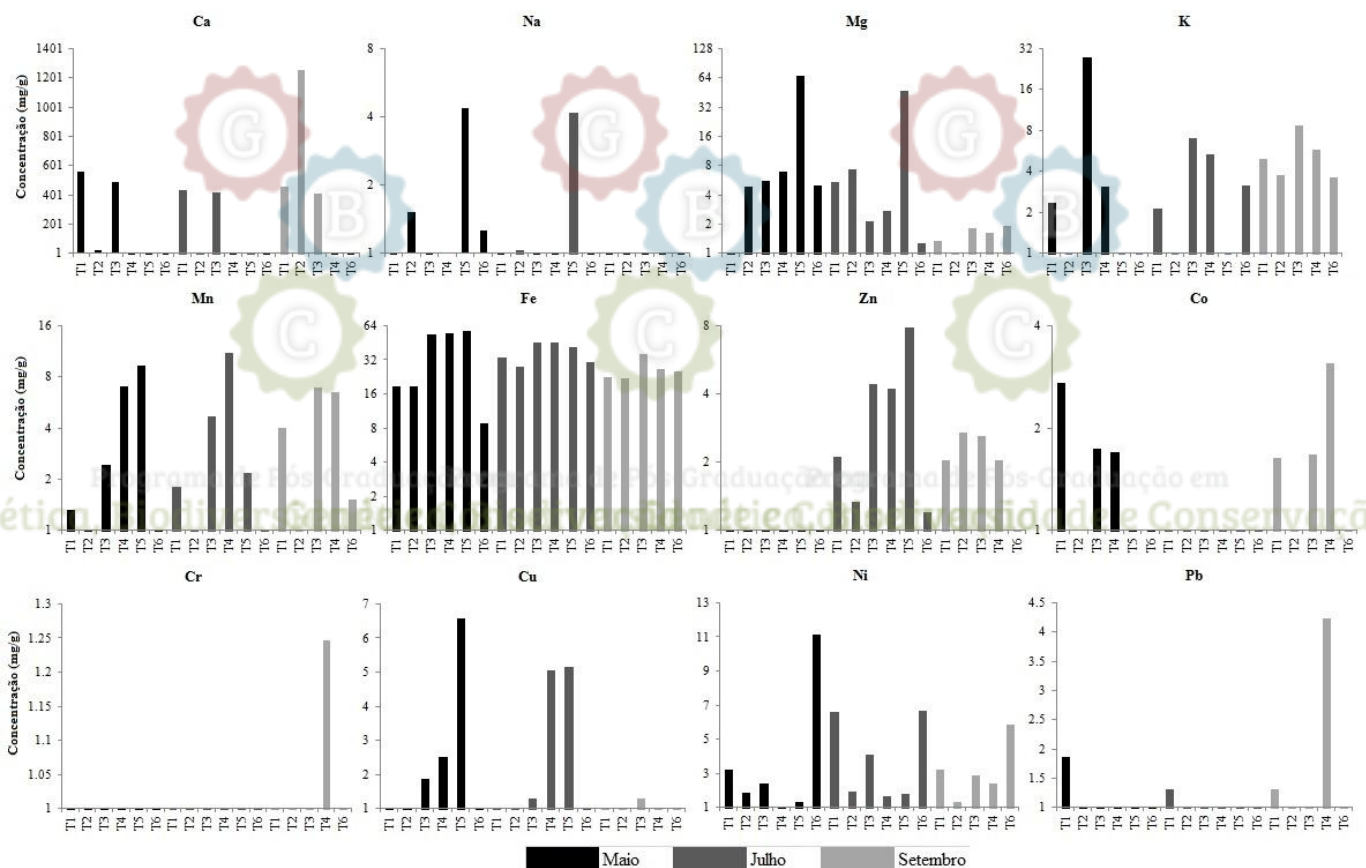


**Figura 8.** Análise de componentes principais das amostras de macroinvertebrados coletadas em seis trechos, nos meses de maio (M), julho (J) e setembro (S) de 2015, no Rio Jequeizinho, Bahia. Legenda de cores: Azul= Maio, Verde= Julho, Vinho=Setembro

## Bioacumulação

Os fatores de bioacumulação encontrados na comunidade de macroinvertebrados em trechos e meses amostrados no Rio Jequeizinho estão descritos na figura 9. O eixo horizontal está marcando valor mínimo igual a um (1), que é o valor exigido para afirmar que ocorreu bioacumulação.

Em todos os pontos e meses amostrados ocorreu bioacumulação para diferentes metais analisados, sendo que, os macroinvertebrados aquáticos apresentaram bioacumulação de ferro e níquel em todos os trechos e meses amostrados. Os metais que apresentaram valores mais elevados de bioacumulação foram Ca, Mg e Fe. Os trechos T1, T3 e T4 acumularam maior número de metais, e, T6 o que menos acumulou. No trecho T4/setembro foi registrado o maior valor de bioacumulação para chumbo, além disso, este trecho foi o único que bioacumulou Cr. O trecho T5 apresentou concentrações elevadas de alguns metais, os quais foram, Sódio, Magnésio, Manganês, Zinco e Cobre.



**Figura 9.** Fator de bioacumulação da comunidade de macroinvertebrados do Rio Jequeizinho nos meses de maio, julho, e setembro de 2015

## DISCUSSÃO

Apesar do Rio Jequeizinho não estar localizado próximo a indústrias e plantações, o número de metais encontrados foi alto e alguns em altas concentrações. O rio recebe diversas descargas de esgotos, aparentemente de origem doméstica, através de fontes pontuais e difusas, afetando diretamente a fauna de comunidade de



macroinvertebrados, como pode ser observado. Há maior abundância de indivíduos das ordens Diptera e Gastropoda, característicos de ambientes impactados (Fig. 2).

Alguns metais tornam-se naturalmente disponíveis no meio aquático, através da erosão do solo, rochas e erupções vulcânicas ou artificialmente através de atividades antrópicas em geral (Laws, 1993). Na água só foi possível a determinação de quatro metais, sendo eles, Ca, Na, Mg e K, os quais apresentaram concentrações menores em comparação com as demais matrizes analisadas. Infelizmente a resolução 357/2005 do CONAMA não traz limites estabelecidos para tais metais em águas do tipo salobras.

É comum o registro de menor número e baixas concentrações de metais na água em comparação com o sedimento. Tal fato ocorre porque os metais tendem a se concentrar no sedimento através de processos como a adsorção, complexação e a precipitação (CETESB, 2011). Segundo Baird (2002) o processo de complexação ocorre através da elevada afinidade dos metais por substâncias húmicas, presentes na matéria orgânica, as quais adsorvem os metais e por fim precipitam no sedimento, fazendo com que, com o passar do tempo, a concentração de metais torne-se elevada nesse compartimento.

Cálcio, sódio, potássio e magnésio, são metais amplamente distribuídos no meio ambiente e exercem funções importantes no funcionamento dos organismos. Esses metais ocorrem naturalmente em águas superficiais e sedimento através da erosão, lixiviamento e intemperismo de rochas. Concentrações elevadas desses metais em corpos hídricos ocorrem tanto devido à processos naturais quanto a atividades antrópicas (Neto et al., 2001). Potássio e magnésio, registrados em elevadas concentrações nas três matrizes analisadas neste estudo, são metais naturalmente encontrados em rios e são essenciais para muitos organismos (Meybeck, 1996).

A presença de Ca na água do Rio Jequeizinho tem correlação com a alcalinidade elevada registrada no mesmo (ver capítulo 1), visto que os carbonatos de cálcio são um dos principais responsáveis pela ocorrência da mesma (Esteves, 1998). Como rio temporário, o Rio Jequeizinho tem períodos de seca prolongados, sua água tem características de água salobra, além disso, está situado em região semiárida onde a evaporação é maior que a precipitação ocasionando assim a maior concentração de elementos químicos (Vieira & Gondim Filho, 2006), Esse fato explica as elevadas concentrações de sódio registradas no sedimento e macroinvertebrados.

Apesar de ferro e manganês serem essenciais para o desenvolvimento dos seres vivos, altas concentrações podem ser tóxicas. Segundo Borg (1995) processos de adsorção ou ingestão pelo fitoplâncton, adsorção ou complexação com o material orgânico e dissoluções de partículas diminuem a concentração desses metais na água e aumentam a concentração no sedimento. Neste trabalho também foram registradas concentrações elevadas de Fe e Mn nos sedimentos e na comunidade de macroinvertebrados, resultado também encontrado por Lima (2012) em trabalho realizado em um afluente do Rio Doce-Mg. As concentrações elevadas nos macroinvertebrados podem estar associadas à íntima relação destes com o sedimento.

O ferro e o manganês são abundantes na crosta terrestre e na água do planeta Terra. No sedimento suas concentrações e disponibilidade ocorrem, principalmente, através da erosão e lixiviação. Também dependem de suas interações com o oxigênio, da ação de micro-organismos, características geotérmicas locais e transformações ambientais (Norival, 1988). Elevadas concentrações encontradas neste estudo podem ter sido provocadas pela entrada contínua e pontual de efluentes, aparentemente, de origem doméstica, (Who, 1990),



visto que, esses metais foram registrados em todo período de coleta e em todos os pontos amostrados. Nos pontos T1, T2 e T3 há fontes pontuais de poluição, já os trechos T4, T5 e T6, possivelmente estão recebendo poluentes por fontes difusas. O Fe, principalmente, em elevadas concentrações nos ambientes aquáticos, podem gerar precipitados, sob a forma de gel ou flocos, que podem desempenhar efeitos prejudiciais sobre a biota aquática (Sampaio, 2003).

Os metais zinco, cromo, chumbo e cobre apresentaram concentrações elevadas no sedimento, em comparação com a comunidade de macroinvertebrados. Em comparação com a resolução 344/2004 do CONAMA, apenas o metal Cr e Zn ficaram acima do permitido, respectivamente nos trechos T2 e T6 e no mês de maio. Zinco, cobre e níquel são considerados metais essenciais ao desenvolvimento e crescimento de plantas e animais, ocorrendo em todas as águas naturais através de lixiviamento e erosão. Têm papel importante em atividades enzimáticas, no metabolismo de ácidos nucleicos, na síntese de proteínas, manutenção da estrutura e função das membranas, atividade hormonal, reprodução e maturidade sexual (Koljonen et al., 1992; Cortecchi, 2002). Porém quando encontrados em concentrações elevadas podem causar danos e até mesmo a morte, principalmente, aos animais. As atividades antrópicas que aumentam a concentração de Zn, Cu, e Ni, no meio aquático, estão associadas ao uso de fertilizantes, pesticidas, algicidas, indústrias de tintas e ligas metálicas (Maia, 2003), lixiviamento de aterros sanitários e rejeitos, e, deposição atmosférica (Nordberg et al., 2006; Sarkar, 2002).

Cromo e chumbo não são considerados essenciais aos organismos. Ainda assim o Cr é encontrado naturalmente na água, porém em quantidades mínimas, não causando grandes problemas (Esteves, 1998). Já o Pb é considerado elemento contaminante e sua concentração na natureza é muito baixa. A disponibilidade de cromo em meio aquático ocorre através de atividades industriais, como cimento e tintas e efluentes de curtume (Hannah et al., 1986; Jensen, 2006). O chumbo torna-se disponível através de descargas de efluentes industriais (indústrias de baterias) e também por outras fontes que contenham traços de tintas e acessórios à base de chumbo (Koljonen et al., 1992). As concentrações elevadas desses metais indicam que além de fontes pontuais de poluentes, presentes principalmente nos pontos T1, T2 e T3, o Rio Jequezinho sofre contaminação oriunda de fontes difusas.

Segundo Winter (1998) a presença de chumbo no meio ambiente, mesmo em baixas concentrações, representa risco a todos os organismos aquáticos e também terrestres, pois, estes podem absorver e acumular este metal em seus tecidos. Todos esses metais são encontrados em altas concentrações em ambientes que estejam sendo impactados por alguma ação antrópica (Barreto, 1999).

Foram registradas concentrações de cobalto no sedimento e nos macroinvertebrados, sendo que o sedimento apresentou maiores concentrações. Este metal é relativamente raro de se encontrar na natureza, mas pode ocorrer quando associado a outros metais como prata, chumbo e cobre (Koljonen et al., 1992). A presença do Co no meio aquático, em concentrações não-traço, ocorrem devido à queima de combustíveis fósseis, uso de fertilizantes, atividades de mineração e processos industriais que utilizam compostos de cobalto (Alves, 2003). Mesmo se inserido artificialmente em corpos hídricos, as concentrações de cobalto são mínimas na água, pois esse metal tende a precipitar e ser adsorvido no sedimento (Nordberg et al., 2006;).

### Bioacumulação

Foram registradas bioacumulação de todos os metais analisados neste estudo em todos os trechos amostrados, porém em taxas diferentes (Fig. 9). Outros trabalhos sobre bioacumulação em macroinvertebrados, também registraram que houve acumulação de metais potencialmente tóxicos, principalmente de Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb e Zn (Dornfeld, 2002; Chiba et al, 2011; Bruno, 2012).

Os metais com maior valor de bioacumulação foram cálcio, magnésio e ferro. A bioacumulação de cálcio, que ocorreu apenas nos trechos T1, T2 e T3, pode ter sido influenciada pela alta contribuição de biomassa pelo Gastropoda Planorbidae, que utiliza bastante esse metal para desenvolvimento de sua concha (Paraense, 1981). Os metais Mg e Fe são comumente encontrados em sedimentos de rios tropicais sendo que em elevadas concentrações oferecem riscos a biota aquática. Alguns trabalhos mostraram baixa acumulação do Fe por macroinvertebrados aquáticos (Goodyear & McNeill, 1999; Bruno, 2012), indicando que esse metal tem baixo potencial bioacumulador, porém, neste estudo foram encontrados valores elevados. Ainda assim, aparentemente, não afetaram a presença de grupos de macroinvertebrados, tal resultado pode ter ocorrido pelo fato de que o ferro parece exercer efeito positivo na biota, mesmo em concentrações elevadas (Tennessen, 1993).

A bioacumulação dos demais metais analisados ocorreu, principalmente, pelo modo de vida dos organismos mais abundantes. Chironomidae e Planorbidae, os quais apresentam íntima relação com o sedimento. Segundo Bubinas e Jaminién (2001) os Chironomidae são os macroinvertebrados bentônicos mais tolerantes a poluição, além disso, possuem pouca mobilidade e são fortemente associados ao sedimento, logo, são capazes de refletir bem alterações ambientais em um corpo hídrico (Carvalho, 2008).

Os macroinvertebrados podem acumular poluentes através de diversas vias, principalmente pela alimentação e filtração. Campbell et al (1988) afirma que entender a acumulação de metais em macroinvertebrados é tarefa difícil, visto que, existem fatores que tornam complexos os processos de bioacumulação e biomagnificação, como por exemplo, a geoquímica do ambiente estudado e a fisiologia e bioquímica dos organismos envolvidos. Entretanto, Laws (1993) afirma que por conta da íntima relação com o sedimento, maior depósito de metais em ambientes aquáticos, os valores de bioacumulação já indicam possíveis atividades antrópicas que estejam afetando negativamente o meio.

As atividades antrópicas são, atualmente, as principais responsáveis pela contaminação de rios. A inserção de poluentes faz com que não haja mais equilíbrio entre a entrada e assimilação desses elementos pelo ecossistema, fazendo com que se iniciem processos cumulativos (Salomons e Forstner, 1984).

A bioacumulação traz informações do estado em que se encontra a saúde de determinado corpo hídrico e também de possíveis fontes de poluição, principalmente àquelas difíceis de terminar, como as fontes difusas. No caso do Rio Jequeizinho os resultados de bioacumulação indicam que este corpo hídrico recebe cargas poluentes de fontes pontuais e também difusas, visto que alguns metais registrados são oriundos de despejos de indústrias e plantações, e não há próximo ao rio, tais atividades.

## CONCLUSÃO

Através deste estudo foi possível observar que o Rio Jequeizinho recebe também poluentes oriundos de fontes difusas, pois muitos metais potencialmente tóxicos, oriundos de processos artificiais, foram detectados. Embora não tenha sido registrado padrão de ordenação para trechos e meses amostrados, a análise de sedimento mostrou-se eficiente para demonstrar quais metais estão inseridos neste corpo hídrico. Os macroinvertebrados aquáticos mostraram-se eficientes como indicadores da contaminação de corpos hídricos por metais potencialmente tóxicos, visto que, foi possível determinar concentrações de metais, muitas vezes elevadas comparando com as demais matrizes. O uso de macroinvertebrados também se mostrou eficiente na análise do fator de bioacumulação, tais resultados permitem inferir sobre processo de biomagnificação ao longo da cadeia trófica, já que esses animais servem de alimento para outros animais que habitam ou apenas visitam o Rio Jequeizinho. Este estudo revelou que a utilização apenas dos macroinvertebrados é suficiente para caracterizar poluição por metais potencialmente tóxicos em ambiente aquáticos. Outros estudos devem ser realizados a fim de verificar a variação desses metais e refinar o uso do macroinvertebrados como indicadores de contaminação por metais potencialmente tóxicos.

## AGRADECIMENTOS

À FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa da Bahia), UESB (Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia), ao PPGBC (Programa de Pós-graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação), pelo apoio na realização da pesquisa, Jefferson Barreto e Gisseli Velasques pela ajuda em laboratório.

## REFERÊNCIAS

- Alves, A.N.L., Della Rosa, H. 2003. Exposição ocupacional ao cobalto: aspectos toxicológicos. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 39 (2), 129-139.
- Bahia. Atlas do estado da Bahia. 1976. Secretaria de Planejamento, Ciência e tecnologia. *Artes Gráficas*. Salvador, Brasil.
- Barreto, A.S. 1999. Estudo da distribuição de metais em ambiente tático, com ênfase' na assimilação das comunidades biológicas e a sua quantificação no sedimento e água. Tese (Doutorado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- Borg, H. 1995 Trace element in lakes. In: SALBU, B.& STEINNES, E Trace elements in natural waters. CRC Press, Boca Raton (Florida), 177-202.
- Bruno, C. G. C. 2012. Avaliação da contaminação de córregos de Cerrado por metais pesados utilizando-se larvas de Odonata como bioindicadores. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia.
- Bubinas, A., Jagminienė, I. 2001. Bioindication of ecotoxicity according to community structure of macrozoobenthic fauna. *Acta Zoológica Lituânica*, Vilnius, v.11, n.1, p. 90-99, 2001
- Campbell, P.G.C.; Lewis, A.G.; Chapman, P.M, Crowder, A.A., Fletcher, W.K., Imber, B., Luoma, S.N., Stokes, P.M., Wlnfrey, M. 1988. Biologically available metais in sediments. Publications NRCC/CNRC, Ottawa, Canada, 298.
- Carvalho, O. dos S. 2008. *Shistosoma mansoni* e Esquistossomose: uma visão multidisciplinar. São Paulo: Fiocruz.
- CETESB. 2011. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 326 p.



Chiba, W.A.C., Passerini, M D., Tundisi, J.G. 2011. Metal contamination in benthic macroinvertebrates in a sub-basin in the southeast of Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 71 (2).

CONAMA. 2004. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução/CONAMA/n.º 344 DE 2004

Connell, D.W., Miller, G.J. *Chemistry and Ecotoxicology of Pollution*. N.Y.: John Wiley & Sons, 1984.

Corbi, J.J., Trivinho-Strixino, S., Dos Santos, A., 2008. Environmental Evaluation of Metals in Sediments and Dragonflies Due to Sugar Cane Cultivation in Neotropical Streams. *Water, Air and Soil Pollution*, 195, p. 325-333.

Cortecchi G. 2002. *Geologia e saúde*. Trad. Wilson Scarpelli. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/pgagem/artigoind.htm>. Acesso: 10 mai 2016.

Dornfeld, C. B. 2006. Utilização de *Chironomus sp* (Diptera, Chironomidae) para avaliação da qualidade de sedimentos e contaminação por metais. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo.

Egeler, P., Gilberg, D., Fink, G., Duis, K. 2010. Chronic toxicity of ivermectin to the benthic invertebrates *Chironomus riparius* and *Lumbriculus variegatus*. *Journal of Soils and Sediments* 10, 368-376.

Elder, J.F. 1988. *Metal Biogeochemistry in Surface-Water Systems - A Review of Principles and Concepts*. U.S. Geological Survey Circular 1013.

Esteves, F. A. 1998. *Fundamentos da Limnologia*. 2º ed. Editora Interciência. Rio de Janeiro. Brasil.

Ferreira, S. L. C., Silva, L. O. B., Santana, F. A., Junior, M. M. S., Matos, G. D., Dos Santos, W. N. L. 2013. A review of reflux system using cold finger for sample preparation in the determination of volatile elements, *Microchemical Journal*, 106, 307-310.

Gonçalves, F.B., Aranha, J.M.R. 2004. Ocupação Pelos Espaço-temporais macroinvertebrados bentônicos na Bacia do Rio Ribeirão, Paranaçuá, PR (Brasil). *Acta Biológica. Paranaense*, 33, 181-190.

Goodyear, K. L., Mcneill, S. 1999. Bioaccumulation of heavy metais by aquatic macro-invertebrates of different feeding guilds: a review. *The Science of the Total Environment*, 229, 1-19.

Graft, W.L. 1988. *Fluvial Processes in Dryland Rivers*. Springer Series in Physical Environment. Berlin Heidelberg. Springer-Verlag.

Hannah, S. A.; Austern, B. M.; Eralp, A. E.; Wise, R. H. 1986. Comparative removal of toxic pollutants by six wastewater treatment processes. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 58 (1), 27-34.

Jensen, P.E., Ottosen, L.M., Pedersen, N.J. 2006. Speciation of Pb in industrially polluted soils. *Water, Air and Soil Pollution*, 170, 359-382.

Klavins, M., Briede, A., Parele, A., Rodinov, V., Klavina, I., 1998. Metal accumulation in sediments and benthic invertebrates in lakes of Latvia. *Chemosphere*, 36 (15), 3043-3053.

Koljonen T. 1992. *The Geochemical Atlas of Finland*. 2ª ed. Till. Espoo. Geological Survey of Finland. 218p.

Laws, E.A., 1993. *Aquatic Pollution: An Introductory Text*, Second ed. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Lima, J.G. 2009. Elementos químicos nas águas e sedimentos do Rio Piracicaba, afluente do Rio Doce – MG. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Meybeck, M. 1996 River water quality, global ranges time and space variabilities. *Vehr. Int. Verein. Limnol.* 26, 81-96.

Moreno, P., & Callisto, M., 2004, Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de condições ambientais na bacia do reservatório de Ibirité (MG). Dissertação de Mestrado. Universidade federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

Moreno, P. & Callisto, M. 2006. Benthic macroinvertebrates in the watershed of an urban reservoir in southeastern Brazil. *Hydrobiologia* 560, 311-321.

Natividade, M. Saúde Ortomolecular: Com Depoimento de Pacientes. Editora Ateniense. São Paulo, 152, 199.

Neto, A. E. F., Vale, F. R., Resende, A.V., Guilherme, L. R. G., Guedes, G. A. A. 2001. Fertilidade do solo. Monografia (Curso de Pós-Graduação Lato Sensu - Fertilidade do Solo) - FAEPE/UFLA.

Nordberg, G. F., Fowler, B. A., Nordberg, M., Friberg, L. T. 2007. Handbook on the toxicology of metais. Amsterdam: Elsevier, 2007.

Norival, P. Análise de risco ambiental em processo siderúrgico. 1998. (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Paraense, W.L.1981. *Biomphalaria occidentalis* sp.n. from South America (Mollusca: Basommatophora: Pulmonata). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 76, 199-211.

Pereira Júnior, J. S. 2004. Recursos hídricos – conceituação, disponibilidade e usos. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. Brasília. Disponível em:  
< [http://bd.camara.leg.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1625/recursos\\_hidricos\\_jose\\_pereira.pdf?sequence=4](http://bd.camara.leg.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1625/recursos_hidricos_jose_pereira.pdf?sequence=4)>  
Acesso em 18 de maio de 2014

Rebouças, Aldo da Cunha. 2004. Uso inteligente da água. São Paulo:escrituras.

Salomons, W.; Förstner, U. 1984. *Metals in the Hydrocycle*. Berlin SpringerVerlag. 340p.

Sampaio, A. C. S. 2003. Metais Pesados Na Água E Sedimentos Dos Rios Da Bacia Do Alto Paraguai. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal De Mato Grosso Do Sul.

Santoro, A., Blo, G., Mastrolitti, S., Fagioli, F., 2008. Bioaccumulation of Heavy Metals by Aquatic Macroinvertebrates Along the Basento River in the South of Italy. *Water, Air, & Soil Pollution*, 201, 19-31.

Sarkar, B. 2002. Heavy Metais in the Environment. New York: M. Dekker, 725p.

Simões, N. R. S. 2006. *Microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) de rios temporários da Bacia do Rio Jequiezinho (Bahia)*. Dissertação mestrado. Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil.

Tennessee, K. 1993. The common, remarkable Lydia. *Argia*, 5 (2), 16-18.

Tundisi, J. G. Água no século 21: enfrentando a escassez. RIMA/IIE, 2003. 247p. In: Bridging water research, innovation and management: enhancing global water management capacity. In: PROCEEDINGS OF THE VI REGIONAL WORKSHOP Water Resources and Water Use Problems in Central Asia and Caucasus. IAP, IWEP, Russian Academy of Sciences, 2008, p.86-94.

Vieira, V. P. P. B., Gondim Filho, J. C. G. 2006. Água doce no semiárido. In: Rebouças, a. C., Braga, B., Tundisi, J. G. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3ª ed. Escrituras Editora. São Paulo.

WHO (World Health Organization). 1990. Environmental Health Criteria (EHC 101). Methylmercury. Geneva, p. 34.

Winter M. 1998. Web-Elements. Disponível em: <http://www.shef.ac.uk/~chem/web-elements>. Acesso: 23/04/2016.



## 7. CAPÍTULO 3

### **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO PERÍMETRO URBANO DO RIO JEQUIEZINHO, SEMIÁRIDO BAIANO: APLICAÇÃO DE ÍNDICES BIÓTICOS UTILIZANDO MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS**

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Autores:

Valéria Sheila Ribeiro do Nascimento\*<sup>1</sup>

Sérgio Luiz Sonoda<sup>2</sup>

Marcos de Almeida Bezerra<sup>3</sup>

\*Autor para correspondência (leria.ribeiro@hotmail.com)

<sup>1</sup>Laboratório de Limnologia II, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB. Avenida José Moreira Sobrinho, s/n, Jequiezinho, Jequié-Bahia, 45204-090.

<sup>2</sup>Laboratório de Limnologia II, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB. Avenida José Moreira Sobrinho, s/n, Jequiezinho, Jequié-Bahia, 45204-090.

<sup>3</sup>Laboratório de Química Analítica, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB. Avenida José Moreira Sobrinho, s/n, Jequiezinho, Jequié-Bahia, 45204-090.

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

## RESUMO

**Objetivo:** O objetivo deste trabalho foi verificar a qualidade de água do Rio Jequezinho utilizando macroinvertebrados aquáticos através da aplicação dos índices bióticos BMWP, BMWP-ASPT e IBF. **Métodos:** As coletas foram realizadas em maio, julho e setembro de 2015 em seis trechos no perímetro urbano do Rio Jequezinho-Bahia com auxílio de rede tipo “D”, com abertura 250 µm. Os indivíduos foram preservados em formol (8%) até triagem. Após triagem foram estocados em frascos devidamente etiquetados contendo álcool (70%) e identificados no nível de família. **Resultados:** Foram registradas sete ordens (Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Gastropoda, Hemiptera, Odonata e Oligochaeta) e 27 famílias. A família mais frequente e abundante foi Chironomidae seguido de Planorbidae, Baetidae, Physidae e Thiaridae. De modo geral a comunidade é composta por organismos tolerantes ou com algum grau de tolerância à poluição. De acordo com o índice BMWP a qualidade de água variou de aceitável a moderadamente poluída. Já segundo o ASPT a água do Rio Jequezinho encontra-se com poluição moderada a grave e por fim o IBF classificou como razoavelmente pobre a pobre. Os índices ASPT e IBF refletiram melhor a realidade das ações que acometem o rio, pois o BMWP pode ter sido afetado pela presença de macrofitas aquáticas e cobertura vegetal, em alguns pontos, que geram condições para novos habitats e preservação das características do ambiente, respectivamente, possibilitando a colonização por diversas espécies. Vale destacar a ocorrência de duas famílias de gastrópodes com importância médica, Planorbidae e Thiaridae, que são hospedeiros dos parasitas causadores da Schistosomose e Paragonimíase. **Conclusão:** De acordo com os índices aplicados neste trabalho, e com a composição estrutura da comunidade, principalmente elevada abundância e frequência das famílias Chironomidae e Planorbidae, o trecho urbano do Rio Jequezinho pode ser caracterizado como poluído.

**Palavras-chave:** macroinvertebrados, biomonitoramento, índices bióticos, poluição

## INTRODUÇÃO

Corpos hídricos localizados em regiões urbanizadas estão sujeitos a perturbações causadas por atividades antrópicas que modificam o meio químico e físico da água, alterando assim sua qualidade, e, conseqüentemente alterando a estrutura das comunidades animais e vegetais que os habitam (Lucheta et al., 2010).

Rios perturbados perdem a capacidade de manter a riqueza, composição e organização funcional das espécies (Araujo, 1998), pois, a entrada de poluentes e as intervenções artificiais influenciam na integridade biótica do sistema hídrico, com isso, a utilização de organismos no monitoramento ambiental (biomonitoramento) torna-se uma ferramenta importante para avaliar mudanças ocorridas no ambiente (Matthews et al., 1982).

O biomonitoramento é o uso sistemático das respostas de organismos vivos para avaliar as mudanças ocorridas no ambiente, geralmente causadas por ações antropogênicas (Buss et al., 2003). Muitos organismos animais e vegetais são utilizados como bioindicadores, e para ser um bom bioindicador estes precisam ter estreita relação com o meio ambiente, ter pouca mobilidade e ser de fácil coleta (Callisto et al., 2005), por estas razões os macroinvertebrados aquáticos estão sendo amplamente utilizados como bioindicadores (De Paula, 2010).

A utilização de macroinvertebrados aquáticos, como indicadores da qualidade da água, não é recente. Esses animais têm sido muito utilizados em trabalhos de biomonitoramento, pois toleram alterações ambientais (Moretti & Callisto, 2005). Macroinvertebrados aquáticos exibem diferentes limites de tolerância às mudanças ambientais variando de mais sensíveis à mais tolerantes aos diversos tipos de impactos que os ambientes aquáticos recebem (Alba-Tercedor, 1996).

Índices bióticos que utilizam macroinvertebrados aquáticos foram desenvolvidos de modo a atribuir pontuações numéricas para organismos indicadores em nível taxonômico específico (Armitage et al., 1983). Alterações na presença e/ou ausência, abundância, morfologia, fisiologia e comportamento destes organismos podem indicar se as condições ambientais estão alteradas (Rosenberg & Resh, 1996). O número de índices com base nas comunidades de macroinvertebrados aquáticos é cerca de cinco vezes maior do que em outros grupos (Mandaville, 2002).

Dentre os índices bióticos o BMWP (*Biological Monitoring Working Party*) é o mais utilizado. Este índice é baseado na presença/ausência de famílias e sua análise se dá através do somatório de valores de tolerância/sensibilidade à mudanças ambientais atribuídos a cada grupo de macroinvertebrados (Fernandes, 2007). Existe ainda o índice BMWP-ASPT que é uma variação do BMWP, e foi elaborado para complementar este último. Seus resultados são baseados na divisão da pontuação registrada através do BMWP de uma amostra pelo seu número de táxons (Walley & Hawkes, 1996). Outro índice biótico que vem sendo aplicado em estudos de biomonitoramento é o índice biótico família (IBF). Este índice se baseia na média dos valores de tolerância dos táxons de uma amostra. Neste índice a pontuação varia de 0 (intolerante) a 10 (altamente tolerante) (Plafkin et al., 1989). Muitos trabalhos estão sendo realizados no Brasil com a aplicação de índices bióticos, como afirmado por Callisto et al. (2001); Buss et al. (2003); Silveira (2004) entre outros.

Levando em consideração a relevância da aplicação de índices bióticos para avaliação da qualidade de água, o objetivo deste trabalho foi aplicar os índices bióticos BMWP, BMWP-ASPT e IBF na comunidade de macroinvertebrados aquáticos do trecho urbano do Rio Jequezinho, estado da Bahia.

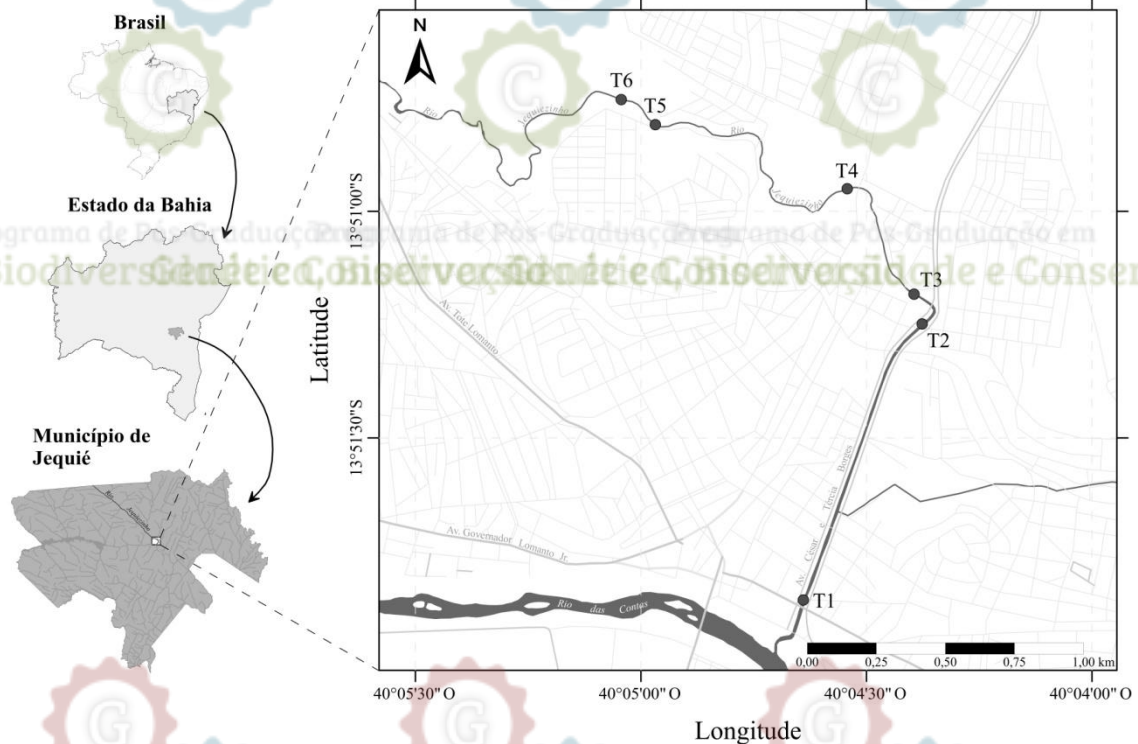
## MATERIAL E MÉTODOS

### Local de estudo

As coletas foram realizadas no trecho urbano do Rio Jequezinho, localizado na cidade de Jequié, semiárido da Bahia. O Rio Jequezinho é um rio temporário e afluente da margem esquerda do Rio de Contas, possui área de drenagem medindo aproximadamente 1340 Km<sup>2</sup> (Simões, 2006).

O clima da região é árido, a vegetação predominante é característica da caatinga e o regime pluviométrico é marcado por dois períodos: estação seca, que se estende de maio a outubro e estação chuvosa, que se estende de novembro a abril (Bahia, 1976).





**Figura 1.** Localização da área de estudo com os seis trechos amostrados, no perímetro urbano do Rio Jequezeinho, localizado na cidade de Jequié-Bahia

### Amostragem

As coletas foram realizadas em maio, julho e setembro de 2015, período que corresponde à estação seca da região o qual, segundo Melo-Júnior e Irusta (2004) e Abílio et al. (2007), é o melhor período para realizar coleta de macroinvertebrados aquáticos em regiões semiáridas, visto que, nessa estação, devido a maior estabilidade ambiental, consegue-se representar melhor a comunidade. Foram estabelecidos seis trechos, com aproximadamente 60 m de extensão cada e em cada trecho foram tomadas doze réplicas, com cinco metros de distância entre elas, sendo seis em substrato vegetação de margem e seis em sedimento de fundo. A descrição de cada trecho está inserida na tabela 1.

Em cada trecho amostrado os macroinvertebrados foram coletados utilizando-se um amostrador do tipo Rede em “D” com malha de 250  $\mu\text{m}$ . Para coleta no substrato sedimento de fundo o amostrador foi arrastado pelo comprimento de aproximadamente 30 cm, e, para substrato vegetação de margem o mesmo foi agitado três vezes. Os exemplares capturados foram depositados em sacos plásticos, devidamente etiquetados contendo trecho, ponto, substrato e data, e fixados em solução de formol a 8% até triagem.



Na triagem os organismos foram lavados em peneiras com abertura de 250 µm e separados sob caixa iluminada com auxílio de pinças. Os indivíduos encontrados foram fixados em álcool 70% e alocados em frascos de polietileno devidamente etiquetados. A identificação e contagem ocorreram em laboratório através de lupa e a identificação deu-se até nível taxonômico de família com auxílio de literatura especializada (Merritt et al., 2007; Souza et al., 2007; Serra et al., 2009; Segura et al., 2011; Hamanda et al., 2014).

**Tabela 1.** Descrição e localização dos trechos amostrados no estudo realizado na parte urbana do Rio Jequeizinho, semiárido da Bahia

TRECHO	DESCRIÇÃO	LOCALIZAÇÃO
1	Com correnteza, ausência de vegetação marginal, canalizado, fontes pontuais de poluição.	Lat. 13°51'51.46''S Long. 40°4'38.41''O
2	Com correnteza, ausência de vegetação marginal natural, canalizado, fontes pontuais de poluição.	Lat. 13°51'14.91''S Long. 40°4'22.58''O
3	Com correnteza, ausência de vegetação marginal natural, presença de animais, canalizado, fontes pontuais de poluição.	Lat. 13°51'10.98''S Long. 40°4'23.67''O
4	Sem correnteza, presença de vegetação marginal, sem canalização.	Lat. 13°50'57.01''S Long. 40°4'32.55''O
5	Sem correnteza, presença parcial de vegetação marginal, sem canalização.	Lat. 13°50'48.53''S Long. 40°4'58.10''O
6	Sem correnteza, presença de vegetação marginal fechada, sem canalização.	Lat. 13°50'45.21''S Long. 40°5'2.62''O

### Análise de dados

A estrutura da comunidade foi analisada através da Riqueza de Jackknife, Dominância de Simpson e Equitabilidade de Pielou através do software DivEs (versão 3.0). Foram aplicados os índices biológicos BMWP (Biological Monitoring Working Party), adaptado de Alba-Tercedor e Sánchez- Ortega (1988), tabelas 2 e 4; BMWP-ASPT (Average Score Per Taxon), segundo Mandaville (2002), tabelas 2 e 5, e IBF (Índice Biótico de Famílias) adaptado por Zimmerman (1993), tabelas 3 e 6, sendo este último calculado da seguinte maneira:

$$IBF = \frac{\sum n_i \cdot a_i}{N}$$

Em que: ni é o número de indivíduos do grupo taxonômico; ai é a pontuação da tolerância à poluição do grupo taxonômico e N= número total de organismos da amostra.

Os resultados das pontuações dos trechos foram submetidos à Análise de Agrupamento para verificar quais trechos foram mais similares.

**Tabela 2.** Pontuação das famílias de macroinvertebrados bentônicos para a obtenção do índice BMWP, adaptado de Alba-Tercedor e Sánchez- Ortega (1988)

FAMÍLIAS	PONTUAÇÃO
Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae	10
Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Calamoceratidae, Helicopsychidae, Megapodagrionidae, Athericidae, Blephariceridae, Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegastridae, Aeshnidae	8
Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae, Ephemerellidae, Prosopistomatidae, Nemouridae, Gripopterygidae	7
Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephelidae, Ecnomidae, Hydrobiosidae, Pyralidae, Psephenidae, Neriidae, Viviparidae, Ancylidae, Thiaridae, Hydroptilidae, Unionidae, Mycetopodidae, Hyriidae	6
Corophilidae, Gammaridae, Hyalellidae, Atyidae, Palaemonidae, Trichodactylidae, Platycnemididae, Coenagrionidae, Leptohiphidae, Oligoneuridae, Polymitarcyidae, Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae, Hydropsychidae	5
Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesidae, Aeglidae, Baetidae, Caenidae, Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Ceratopogonidae	4
Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Sciomyzidae, Rhagionidae, Sialidae, Corydalidae, Piscicolidae, Hydracarina, Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae (Limnocoeridae), Pleidae, Notonectidae, Corixidae, Veliidae, Helodidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae	3
Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeriidae, Glossiphonidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae, Ostracoda, Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae, Thaumaleidae	2
Oligochaeta (toda a classe), Syrphidae	1

**Tabela 3.** Valores de tolerância de macroinvertebrados aquáticos utilizados na determinação de Índice Biótico de Famílias (IBF), adaptado de Zimmerman (1993)

Ordem Família	Valor de tolerância	Ordem Família	Valor de tolerância	Ordem Família	Valor de tolerância
<b>Plecoptera</b>		<b>Trichoptera</b>		<b>Diptera</b>	
Gripopterygidae	1	Calamoceratidae	3	Athericidae	2
Notonemouridae	0	Glossosomatidae	0	Blephariceridae	0
Perlidae	1	Helicopsychidae	3	Ceratopogonidae	6
Diamphipnoidae	0	Hydropsychidae	4	Chironomidae	7

Ordem Família	Valor de tolerância	Ordem Família	Valor de tolerância	Ordem Família	Valor de tolerância
Eustheniidae	0	Hydroptilidae	4	Empididae	6
Autroperlidae	1	Leptoceridae	4	Ephydriidae	6
<b>Ephemeroptera</b>		Limnephilidae	2	Psychodidae	10
Baetidae	4	Ecnomidae	3	Simuliidae	6
Caenidae	7	Helicophidae	6	Syrphidae	10
Leptophlebiidae	2	Polycentropodidae	3	Tabanidae	6
Siphonuridae	7	Philopotamidae	2	Tipulidae	3
Oligoneuridae	2	Hydrobiosidae	0	<b>Odonata</b>	
Ameletopsidae	2	Sericostomatidae	3	Aeshnidae	3
Coloburiscidae	3	<b>Megaloptera</b>		Calopterygidae	5
Oniscigastridae	3	Corydalidae	0	Gomphidae	1
<b>Mollusca</b>		Sialidae	4	Lestidae	9
Amnicolidae	6	<b>Platyhelminthes</b>		Libellulidae	9
Lymnaeidae	6	Turbellaria	4	Coenagrionidae	9
Physidae	8	<b>Acari</b>	4	Cordulidae	5
Sphaeriidae	8	<b>Decapoda</b>		Petaluridae	5
Chiliniidae	6	Aeglidae	3	<b>Coleoptera</b>	
<b>Isopoda</b>		Parastacidae	6	Elmidae	4
Janiriidae	4	<b>Amphipoda</b>		Psephenidae	4
<b>Oligochaeta</b>	8	Gammaridae	4	<b>Lepidoptera</b>	
<b>Hirudinea</b>	10	Hyalellidae	8	Pyralidae	5

**Tabela 4.** Qualidade de água baseada no índice biótico BWMP adaptado de Alba-Tercedor e Sánchez-Ortega (1988)

CLASSE	QUALIDADE	VALOR	SIGNIFICADO	COR
<b>I</b>	ÓTIMA	> 150	Águas muito limpas (águas prístinas)	LILÁS
<b>II</b>	BOA	121 - 150	Águas limpas, não poluídas ou sistema perceptivelmente não alterado	AZUL ESCURO
<b>III</b>	ACEITÁVEL	101 - 120	Águas muito pouco poluídas, ou sistema já com um pouco de alteração	AZUL CLARO
<b>IV</b>	DUVIDOSA	61 - 100	São evidentes efeitos moderados de poluição	VERDE
<b>V</b>	POLUÍDA	36 - 60	Águas contaminadas ou poluídas (sistema alterado)	AMARELO
<b>VI</b>	MUITO POLUÍDA	16 - 35	Águas muito poluídas (sistema muito alterado)	LARANJA
<b>VII</b>	FORTEMENTE POLUÍDA	< 16	Águas fortemente poluídas (sistema fortemente alterado)	VERMELHO

**Tabela 53.** Qualidade de água baseada no índice biótico BMWP-ASPT adaptado de Mandaville (2002)

PONTUAÇÃO	SIGNIFICADO
>6	Água limpa
5-6	Qualidade duvidosa
4-5	Poluição moderada
<4	Poluição grave

**Tabela 64.** Qualidade de água baseada no índice biótico famílias (IBF), adaptado de Zimmerman (1993)

PONTUAÇÃO	QUALIDADE DA ÁGUA	GRAU DE POLUIÇÃO
0.00-3.50	Excelente	Sem poluição orgânica aparente
3.51-4.50	Muito boa	Possível poluição orgânica
4.51-5.50	Boa	Alguma poluição orgânica
5.51-6.50	Razoável	Poluição orgânica razoavelmente significativa

PONTUAÇÃO	QUALIDADE DA ÁGUA	GRAU DE POLUIÇÃO
6,51-7,50	Razoavelmente pobre	Poluição orgânica significativa
7,51-8,50	Pobre	Poluição orgânica muito significativa
8,51-10	Muito pobre	Poluição orgânica

## RESULTADOS

Foram coletados 7,700 indivíduos, distribuídos em sete ordens e 27 famílias de macroinvertebrados aquáticos, descritas na tabela 7. As maiores abundâncias registradas foram da família Chironomidae (Diptera) seguido de Planorbidae (Gastropoda), Baetidae (Ephemeroptera), Physidae e Thiaridae (Gastropoda). Os trechos com maior abundância, em ordem decrescente, foram: T1, T3, T2, T5, T4 e T6.

**Tabela 7.** Composição e abundância da comunidade de macroinvertebrados aquáticos coletada em seis trechos do perímetro urbano do Rio Jequezinho, semiárido Baiano no período de seca da região (Maio-Setembro) de 2015

ORDEM FAMÍLIA	T1	(%)	T2	(%)	T3	(%)	T4	(%)	T5	(%)	T6	(%)
<b>Coleoptera</b>												
Curculionidae	0	0.00	2	0.19	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Dytiscidae	0	0.00	3	0.29	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Elmidae	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.16	0	0.00	0	0.00
Gyrinidae	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.16	0	0.00	0	0.00
Hydrophilidae	93	3.36	15	1.44	55	2.52	7	1.10	9	1.24	4	1.15
Noteridae	0	0.00	1	0.10	0	0.00	1	0.16	0	0.00	0	0.00
Scirtidae	0	0.00	0	0.00	1	0.05	5	0.78	1	0.14	17	4.89
<b>Diptera</b>												
Ceratopogonidae	2	0.07	0	0.00	2	0.09	0	0.00	77	10.62	2	0.57
Chironomidae	1131	40.85	217	20.87	777	35.66	67	10.49	503	69.38	190	54.60
Culicidae	6	0.22	1	0.10	0	0.00	2	0.31	10	1.38	17	4.89
Psychodidae	58	2.09	0	0.00	1	0.05	0	0.00	0	0.00	1	0.29
Stratiomyidae	77	2.78	6	0.58	19	0.87	20	3.13	15	2.07	12	3.45
Syrphidae	4	0.14	1	0.10	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tabanidae	0	0.00	0	0.00	1	0.05	1	0.16	0	0.00	0	0.00
Tipulidae	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.31	0	0.00	5	1.44
<b>Ephemeroptera</b>												
Baetidae	42	1.52	73	7.02	154	7.07	29	4.54	62	8.55	74	21.26
<b>Gastropoda</b>												
Physidae	108	3.90	44	4.23	30	1.38	206	32.24	34	4.69	5	1.44
Planorbidae	1076	38.86	277	26.63	946	43.41	213	33.33	0	0.00	0	0.00
Thiaridae	3	0.11	297	28.56	31	1.42	38	5.95	1	0.14	1	0.29
<b>Hemiptera</b>												
Belostomatidae	99	3.58	20	1.92	76	3.49	0	0.00	2	0.28	1	0.29
Cicadellidae	0	0.00	3	0.29	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Mesoveliidae	2	0.07	0	0.00	4	0.18	0	0.00	0	0.00	0	0.00



ORDEM FAMÍLIA	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)	T4 (%)	T5 (%)	T6 (%)
Naucoridae	0	0.00	1	0.10	0	0.00
<b>ORDEM FAMÍLIA</b>	<b>T1 (%)</b>	<b>T2 (%)</b>	<b>T3 (%)</b>	<b>T4 (%)</b>	<b>T5 (%)</b>	<b>T6 (%)</b>
<b>Odonata</b>						
Aeshnidae	1	0.04	0	0.00	2	0.31
Coenagrionidae	47	1.70	67	6.44	41	1.88
Libellulidae	17	0.61	12	1.15	39	1.79
<b>Oligochaeta</b>						
Tubificidae	3	0.11	0	0.00	1	0.16
<b>Total de indivíduos</b>	2769	100%	1040	100%	2179	100%
<b>Total de famílias</b>	17		17		16	
					12	
						15

Com relação à estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos, o trecho com o maior número de famílias foi o T4, com 18 famílias, seguido do T1 e T2 com 17 famílias, T3 com 16 famílias, T6 com 15 famílias e T5 com 12 famílias. O número de famílias do T5 provavelmente está subestimado, pois não foi possível a coleta de indivíduos no mês de setembro, já que o trecho em questão estava seco, tal fato também pode ter influenciado nos resultados de alta dominância e baixa equitabilidade.



**Figura 2.** Riqueza observada e estimada, dominância e equitabilidade da comunidade de macroinvertebrados aquáticos de seis trechos no perímetro urbano do Rio Jequeizinho, semiárido Baiano

O índice BMWP classificou a qualidade da água dos trechos amostrados em classe II/aceitável, com algum sinal de contaminação (T4), classe III/duvidosa, águas contaminadas (T1, T2, T3 e T6) e classe IV/crítica, águas muito contaminadas (T5) (tabela 8). O índice BMWP-ASPT classificou os trechos T1, T2 e T3 como águas com poluição grave, e, os trechos T4, T5 e T6 como águas com poluição moderada (tabela 9). Por fim o IBF classificou



as águas dos trechos T1 e T4 como pobres com poluição orgânica muito significativa, e, os trechos T2, T3, T5 e T6 como razoavelmente pobre com poluição orgânica significativa (tabela 10).

**Tabela 8.** Determinação da qualidade de água através da aplicação do índice BMWP utilizando famílias de macroinvertebrados aquáticos do trecho urbano do Rio Jequeizinho, semiárido Baiano

TRECHO	PONTUAÇÃO BMWP	CLASSE/ QUALIDADE	SIGNIFICADO
T1	59	III/Duvidosa	Águas contaminadas
T2	51	III/Duvidosa	Águas contaminadas
T3	52	III/Duvidosa	Águas contaminadas
T4	64	II/Aceitável	Águas com algum sinal de contaminação
T5	40	IV/Crítica	Águas muito contaminadas
T6	55	III/Duvidosa	Águas contaminadas

**Tabela 9.** Determinação da qualidade de água através da aplicação do índice BMWP-ASPT utilizando famílias de macroinvertebrados aquáticos do trecho urbano do Rio Jequeizinho, semiárido Baiano

TRECHO	PONTUAÇÃO ASPT	SIGNIFICADO
T1	3,69	Poluição grave
T2	3,4	Poluição grave
T3	3,71	Poluição grave
T4	4	Poluição moderada
T5	4	Poluição moderada
T6	4,23	Poluição moderada

**Tabela 10.** Determinação da qualidade de água através da aplicação do IBF utilizando famílias de macroinvertebrados aquáticos do trecho urbano do Rio Jequeizinho, semiárido Baiano

TRECHO	PONTUAÇÃO IBF	QUALIDADE	SIGNIFICADO
T1	8,01	Pobre	Poluição orgânica muito significativa
T2	7,31	Razoavelmente pobre	Poluição orgânica significativa
T3	7,34	Razoavelmente pobre	Poluição orgânica significativa
T4	7,72	Pobre	Poluição orgânica muito significativa
T5	7,43	Razoavelmente pobre	Poluição orgânica significativa
T6	6,89	Razoavelmente pobre	Poluição orgânica significativa

As pontuações obtidas de cada índice, para cada trecho amostrado, foram submetidas à análise de agrupamento, a qual demonstrou a formação de dois grupos, um grupo formado pelos trechos T1 e T4 e o outro pelos trechos T2, T3 e T5, sendo que T2 e T3 foram mais similares. O trecho T6 ficou isolado. A partir dessa análise também foi possível observar que os índices BMWP e BIF foram mais similares neste estudo (figura 3).



**Figura 3.** Análise de agrupamento dos trechos amostrados no Rio Jequiezinho, semiárido Baiano de acordo com pontuações obtidas a partir dos índices bióticos BMWP, BMWP-ASPT e IBF

## DISCUSSÃO

Neste estudo foram contabilizadas 27 famílias distribuídas em sete ordens nos seis trechos amostrados ao longo do perímetro urbano do rio. A riqueza, abundância, dominância e equitabilidade foram semelhantes ao trabalho realizado por Rocha (2010). Ottoni (2009), em comparação com este trabalho, relatou maiores valores de riqueza, abundância, e equitabilidade, e, menores valores de dominância em um rio do semiárido nordestino, porém a composição da comunidade foi semelhante à encontrada no Rio Jequiezinho, predominando Diptera (Chironomidae) e Gastropoda.

O grupo mais abundante e frequente foi a família Chironomidae, tal resultado é explicado pela elevada capacidade de colonização e diversidade de exploração de recursos, característico desse grupo (Gonçalves & Aranha, 2004; Carvalho & Uieda, 2006).

O molusco gastropoda Planorbidae foi responsável pela segunda maior abundância registrada neste estudo. A elevada abundância deste grupo no Rio Jequiezinho pode estar relacionada às características desse ambiente como elevada alcalinidade e faixa de pH variando de 7-8 (ver capítulo 1 deste trabalho) que favorecem seu desenvolvimento e reprodução (Grisolia & Freitas, 1975). Resultado semelhante foi encontrado por Ottoni (2009) em estudo realizado no Rio Piranhas-Açu/RN. Os trechos com maior abundância foram T1 e T3, que possuem características muito semelhantes, como, baixa profundidade, correnteza moderada e ausência de peixes, fatores que influenciam positivamente a ocorrência da família (Cunha, 1970; Tibiriça, 2006).

A família Baetidae, pertencente à ordem Ephemeroptera, foi o grupo responsável pela terceira maior abundância neste estudo. Segundo Goulart e Calisto (2003) a ordem Ephemeroptera é considerado um grupo mais sensível à poluição, pois, necessita de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido na água para sobreviver. Porém, existe uma vasta gama de tolerâncias às condições ambientais entre os diferentes níveis taxonômicos dentro da ordem Ephemeroptera como a família Baetidae, por exemplo, que tolera poluição (Flowers & Rosa, 2010).

Os gastropodas Physidae e Thiaridae apresentaram a quarta e quinta maior abundância, respectivamente, neste estudo. Esses organismos são comumente encontrados em águas paradas ou de curso lento em todo o território brasileiro e são considerados resistentes a ambientes poluídos (Paraense, 1981).

Todos os grupos registrados com maior abundância nesse estudo são característicos de ambientes poluídos, ou suportam certos níveis de poluição. Baetidae, por exemplo, pode se tornar muito abundante em locais com algum grau de poluição e/ou alteração do habitat (Flowers & Rosa, 2010), assim como ocorre nas famílias de gastropoda registradas, Paraense (1981) afirma que Planorbidae, Physidae e Thiaridae podem suportar ambientes altamente poluídos, principalmente os que recebem esgotos urbanos.

Os índices bióticos aplicados a partir da composição da comunidade de macroinvertebrados, registrada no Rio Jequeizinho, mostraram que, de modo geral, a qualidade de água do rio é ruim (tabelas 8, 9 e 10).

Segundo o índice BMWP a qualidade da água do T4 foi classificada como aceitável, tal resultado pode ter sido influenciado pela cobertura vegetal e presença de diversas macrófitas aquáticas e algas presentes neste ponto, segundo Marques et al. (1999) e Roque et al. (2003) áreas com maior cobertura vegetal devem apresentar maior riqueza taxonômica, além disso a comunidade de macroinvertebrados também é influenciada pelas características naturais do ambiente, como por exemplo a presença de diversos substratos que permitem a instalação de diversos grupos.

O trecho T5, segundo BMWP, tem qualidade de água crítica, porém este resultado pode ter sido influenciado pelo esforço amostral que ficou prejudicado devido à secagem deste ponto no último mês de coleta. Alguns pesquisadores consideram o BMWP não robusto,

pois, diferenças no esforço amostral poderiam produzir resultado final sub ou superestimado táxons (Walley & Hawkes, 1996).

O índice BMWP-ASPT classificou os trechos T1, T2 e T3 como gravemente poluídos, esses trechos apresentaram maior abundância de grupos indicadores de ambientes bastante poluídos: Chironomidae, Planorbidae e Physidae. Esses organismos se desenvolvem bem em ambientes com entrada de poluentes, principalmente esgoto doméstico, pois, a entrada de nutrientes favorece o crescimento de algas e macrófitas gerando assim oferta de substratos heterogêneos e recursos alimentares (Roque et al., 2003). Já os trechos T4, T5 e T6 foram classificados como moderadamente poluídos pelo BMWP-ASPT. Estes trechos apresentam presença de cobertura vegetal em suas margens e ausência de fontes pontuais de poluição, ainda assim o resultado do índice indica que há entrada de poluente no ambiente, provavelmente de fontes difusas.

O índice biótico família (IBF) é uma importante ferramenta para avaliar a integridade de ecossistemas aquáticos (Stribling et al., 1998). Segundo este índice a qualidade dos trechos analisados variaram de razoavelmente pobre (T2, T3, T5 e T6) a pobre (T1 e T4). Este índice parece ser mais robusto, pois, leva em conta não só a pontuação estabelecida de acordo com o nível de tolerância mas também a abundância dos grupos. A comunidade de macroinvertebrados amostrada era constituída prevalentemente de táxons tolerantes à poluição.

A análise de agrupamento parece ter refletido a classificação do IBF, visto que, agrupou os trechos T1 e T4. Os trechos T2, T3 e T5 apresentaram valores de pontuações muito semelhantes nos índices aplicados, tal fato pode ter contribuído para agrupamento dos mesmos. Já o isolamento do T6 parece ter sido influenciado pelos índices BMWP-ASPT e IBF, nos quais recebeu menor e maior pontuação, respectivamente.

Assim como afirmaram Callisto et al. (2001) e Silva et al. (2011) os índices bióticos aplicados mostraram-se eficazes na determinação da qualidade de água. Os resultados neste estudo, do Rio Jequiezinho, corroboram com os impactos observados diariamente neste rio, visto que, é sabido que este corpo hídrico é acometido por diversas alterações causadas por atividade antrópicas, além disso, o resultado obtido ratificou que as comunidades de macroinvertebrados aquáticos respondem às pressões artificiais e servem de informação para pesquisadores. A qualidade do hábitat é um dos fatores mais importantes no sucesso de



colonização e estabelecimento de diversos grupos seja em ambientes léticos ou lóticos. (Gray 1974; Alongi & Christoffersen, 1992; Marques et al., 1999)

A principal vantagem desses índices é possibilitar a fácil interpretação das respostas biológicas, de maneira acessível para pessoal não especializado, a fim de facilitar a rotina de gestores ambientais (Silveira, 2004; Baptista, 2008).

A presença e abundância de famílias tolerantes às alterações ambientais indicam que o Rio Jequezinho apresenta algum ou elevado grau de intervenção antrópica. A ocorrência de táxons menos tolerantes à poluição, como Odonata e Ephemeroptera, foi favorecida pela presença de macrófitas aquáticas e algas, que criam habitats heterogêneos e oferecem abrigo e alimento. De modo geral, os índices bióticos utilizados apresentaram resultados satisfatórios, mas o índice BMWP foi o que menos representou a realidade do Rio Jequezinho. Vale ressaltar a presença dos gastrópodes das famílias Planorbidae e Thiaridae, pois, existem espécies pertencentes a estas famílias que são hospedeiros de parasitas da Schistosomose e Paragonimíase, respectivamente. O presente trabalho foi o primeiro a inventariar e aplicar índices bióticos à comunidade de macroinvertebrados aquáticos do Rio Jequezinho, porém, mais estudos são necessários para o biomonitoramento mais eficaz do mesmo.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa da Bahia (FAPESB) pelo apoio financeiro, ao setor de transportes da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), e ao Laboratório de Limnologia II pelo espaço cedido para triagem e identificação dos indivíduos.

## REFERÊNCIAS

Abílio, F. J. P., Ruffo, T. L. M., SOUZA, A. H. F. S., Florentino, H. S., Junior, E. T. O., Meireles, B. N., Santana, A. C. D. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da caatinga. *Oecologia Brasiliensis*, 2007, 11 (3), 397-409.

Alba-Tercedor J. Macroinvertebrados acuaticos y calidad de las aguas de los rios. In: IV Simposio del Agua en Andalucia (SIAGA), Almeria. 1996;2:203-13.

Alba-Tercedor, J., Sánchez-Ortega, A. Um método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado em el de Hellawell (1988). *Limnética*, 1988, 4, 51-56.

Alongi, D.M., Christoffersen, P. Benthic infauna and organism-sediment relations in a shallow tropical area: influence of outwelled mangrove detritus and physical disturbance. *Marine Ecology Progress Series*, 1992, 81, 229-245.



Araújo, F. G. Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o rio Paraíba do sul. *Revista Brasileira de Biologia*, 1998, 58 (4), 547-558.

Armitage, P.D., D. Moss, J.F. Wright, and M.T. Furse. The Performance of a new Biological Water Quality Score System Based on Macroinvertebrates Over a Wide Range of Unpolluted Running-Water Sites. *Water Research*, 1983, 17 (3), 33-47.

BAHIA. *Atlas do estado da Bahia*. Secretaria de Planejamento, Ciência e tecnologia. Salvador: Artes Gráficas, 1976.

Baptista, D. F. Uso de macroinvertebrados em procedimentos de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos. In: Baptista, D. F., Buss, D. F., Oliveira, R. B. S. (Ed.). *Monitoramento biológico de ecossistemas aquáticos continentais*. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, 2008, 12 (3), 425-441.

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*, 2003, 19(2), 465-473.

Callisto, M. ; Goulart, M. ; Medeiros, A. O. ; Moreno, P. e Rosa, C. A. Diversity assessment of benthic macroinvertebrates, yeasts and microbiological indicators along a longitudinal gradient in Serra do Cipó, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 2005, 64, 743-755.

Callisto, M., Moretti, M., Goulart, M. D. C. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 2001, 6 (1), 71-82.

Carvalho, E.M., Uieda, V.S. Rotas de colonização de macroinvertebrados bentônicos em um riacho do sudeste do Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 2006, 18, 367-376.

Cunha, A. S. Epidemiologia. In: Sarvier (Ed.). *Esquistossomose mansônica*. São Paulo, 1970, pp. 31-60.

De Paula, S. N. C. Biomonitoramento como instrumento de detecção de contaminantes ambientais. Monografia (Graduação em Biologia) Universidade Veiga de Almeida, Vitória-ES, 2010.

Fernandes, A. C. M. Macroinvertebrados Bentônicos como Indicadores Biológicos de Qualidade de Água: Proposta para Elaboração de um Índice de Integridade Biológica. Tese (Doutorado em Ecologia)-Universidade de Brasília. Brasília-DF, 2007.

Flowers, R.W., De La Rosa, C. Ephemeroptera *Revista Biología Tropical*, 2010, 58, 63-93,

Gonçalves, F.B., Aranha, J.M.R. Ocupação espaço-temporal pelos macroinvertebrados bentônicos na bacia do rio Ribeirão, Paranaguá, PR (Brasil). *Acta Biologica Paranaense*, 2004, 33, 181-190.

Goulart, M. & Callisto, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM*, ano 2, no 1.

GRAY, J. S. Animal-sediment relationship. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 1974, 12, 223-261.

Grisolia, M.L.M., Freitas, J.R. Características físicas e químicas do habitat da *Biomphalaria tenagophila* (Mollusca, Planorbidae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 1985, 80(2), 237-244.

Lucheta, F., Feiden, I.R., Gonçalves, S.P., Schons J.G., Terra, R. Avaliação da qualidade dos sedimentos do rio Gravataí (Rio Grande do Sul, Brasil) a partir de testes de toxicidade utilizando *Daphnia magna* (Straus, 1820) como organismo-teste. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 2010, 22 (4), 367-377.

Mandaville, S. M. *Benthic macroinvertebrates in freshwaters taxa tolerance values, metrics and protocols*. Washington: EPA, 2002.

Marques, M. G. S. M., Ferreira, R. L., Barbosa, F. A. R. A comunidade de macroinvertebrados aquáticos e características limnológicas das Lagoas Carioca e da Barra, Parque Estadual do Rio Doce, MG. *Brazilian Journal of Biology*, 1999, 59 (2), 203-210.

Matthews, R. A., Buikema, A. L., Cairns Jr., J. Biological monitoring part IIA: Receiving system functional methods relationships, and indices. *Water Research*, 1982, 16, 129-139.

Melo-Júnior, G., Irusta, J. B. Relatório do Projeto “Diagnóstico e Monitoramento da Área de influência do Projeto Termoçu – Município de Alto do Rodrigues, Rio Grande do Norte 2ª fase”, 2004.

Moretti, M., Callisto, M. Biomonitoring of benthic macroinvertebrates in the middle Doce River watershed. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 2005, 17, 267-282.

Otoni, B. M. P.. *Avaliação da qualidade da água do Rio Piranhas-Açu/RN utilizando a comunidade de macroinvertebrados bentônicos*. Orientador: Herbet Tadeu de Almeida Andrade. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009.

Paraense, W. L. *Biomphalaria occidentalis* sp.n. from South America (Mollusca: Basommatophora: Pulmonata). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 1981, 76, 199-211.

Plafkin, J.L., Barbour, M.T., Porter, K.D., Gross, S.K., and Hughes, R.M. Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish. U.S. Environmental Protection Agency, 1989.

Rocha, L. G. *Variação temporal da Comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um riacho intermitente do semiárido brasileiro*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.

Roque, F.O., Pepinelli, M., Fragoso, N.E., Ferreira, W.A., Barillari, P.R., Yoshinaga, M.Y., Trivino-Strixino, S., Verani, N.F., Lima, M.I.S. Ecologia de macroinvertebrados, peixes e vegetação ripária de um córrego de primeira ordem em região de cerrado do Estado de São Paulo (São Carlos, SP). In: Henry, R. *Ecótonos nas Interfaces dos Ecossistemas Aquáticos*. São Carlos: RiMa, 2003, pp 313-338.

Rosenberg, D. M. and V. H. Resh. Use of insects in biomonitoring. In: Merritt, R.W. and Cummins, K.W. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt, 1996, 87-97.

Segura, M. O., Valente-Neto, F., Fonseca-Gessner, A. A. Family level key to aquatic Coleoptera (Insecta) of Sao Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica*, 2011, 11(1)

Silva, F. H., Favero, S., Sabino, J., Garnés, S. J. A. Índices bióticos para avaliação da qualidade ambiental em trechos do rio Correntoso, Pantanal do Negro, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta Scientiarum*, 2011, 33 (3), 289-299.

Silveira, M. P. Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios. Jaguariúna. *Embrapa, Meio Ambiente*, 2004, 36, 68.

SIMÕES, N. R. S. 2006. *Microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) de rios temporários da Bacia do Rio Jequeizinho (Bahia)*. Dissertação mestrado. Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil.

Souza, L.O.I., Costa, J. M., Oldrini, B. B. Odonata. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. *Froehlich, C.G. (org., 2007*.

Stribling, J. B., B. K. Jessup, J. S., White, D., Boward, H. Development of a Benthic Index of Biotic Integrity for Maryland Streams. Maryland Department of Natural Resources. MANTA Report No. CBWP-EA-98-3. Annapolis, MD. 1998.36 pp.

Tibiriçá, S. H. C. Identificação morfológica e molecular, biometria, abundância e distribuição geográfica de *Biomphalaria* spp. (Preston, 1910) (Mollusca, Planorbidae), no município de Juiz de Fora, Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Comportamento e Biologia animal). Universidade Federal de Juiz de Fora, 2006.

Valandro, L. , Caimmi, R. Colombo, L. What is hidden behind the concept of ecosystem efficiency in energy transformation? *Ecological Modelling*, 2003, 170, 185-191

Walley, W.J., Hawkes H.A. A computer-based reappraisal of the Biological Monitoring Working Party scores using data from the 1990 river quality survey of England and Wales. *Water Research*, 1996, 30 (9), 2086-2094.

Zimmerman, M. C. The use of the biotic index as an indication of water quality. In: Tested studies for laboratory teaching. Goldman, A., Hauta, P.L., O'Donnell, M.A., Andrews, S.E., van der Heiden, R. Proceedings of the 5th Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education: ABLE, 1993, 5, pp. 85-98.



## 8. CONSIDERAÇÕES GERAIS FINAIS

O presente trabalho permitiu conhecer e avaliar a qualidade de água do trecho urbano do Rio Jequiezinho através de análises limnológicas, biológicas e químicas. O Rio Jequiezinho sofre intervenções antrópicas diariamente seja pela ocupação de suas margens ou por entrada de efluentes como foi demonstrado neste estudo. O registro de metais, como cromo e chumbo, indicam que este corpo hídrico recebe, também, poluentes de fontes difusas, já que, não há presença de indústrias próxima às suas margens que gerem resíduos com tais componentes. Os macroinvertebrados aquáticos mais uma vez mostraram sua eficiência em fornecer informações consistentes sobre a qualidade de ambientes aquáticos, confirmando que o Rio Jequiezinho, perímetro urbano, possui águas poluídas. Através deste estudo pode-se concluir o efeito positivo no uso de macroinvertebrados aquáticos na avaliação do processo de bioacumulação de metais potencialmente tóxicos. São necessários mais estudos para acompanhar a variação na comunidade de macroinvertebrados e na composição química da água e sedimento para melhor caracterização do rio, e, também inserir estudos de bioacumulação e biomagnificação em níveis taxonômicos mais específicos para melhores resultados. Por último, mas não menos importante, vale ratificar o registro da presença de indivíduos das famílias Planorbidade e Thiaridade que têm importância médica, pois, são hospedeiros de parasitas causadores de doenças, e, como o Rio Jequiezinho contribui com suas águas para o Rio de Contas, que é muito utilizado pela população do sudoeste baiano, esses animais podem ser inseridos no mesmo e atingir negativamente a população humana.



## 9. APÊNDICE

## Capítulo 1

Tabela 1. Valores das médias e desvios-padrão dos parâmetros limnológicos analisados, para cada ponto e mês estudado, no Rio Jequiezinho, Jequié-Ba

TR	Temp. (° C)	OD (mg/L)	pH (mV)	Alc. (mg/L)	C. E. ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	Turb. (NTU)	ORP (mV)	MST (mg/L)	CL (mg/L)	L (m)	P (cm)
<b>MAIO</b>											
C1	25.97 ±0.22	3.81 ±0.73	7.52 ±0.30	426.05 ±7.99	3886.66 ±92.37	22.40 ±1.45	107.33 ±43.01	10.13 ±0.50	25.71 ±3.59	5.65 ±0.95	8.83 ±2.23
C2	28.59 ±0.15	4.26 ±0.75	8.54 ±0.08	207.92 ±7.76	6926.66 ±35.11	46.56 ±16.61	112.00 ±9.53	16.20 ±1.70	25.31 ±0.80	5.70 ±1.42	9.20 ±1.04
C3	27.68 ±0.39	4.54 ±0.78	8.54 ±0.05	191.89 ±9.65	6700.00 ±43.58	64.60 ±21.31	97.66 ±4.50	22.13 ±4.72	58.61 ±10.36	2.28 ±0.86	3.73 ±0.67
P1	25.03 ±0.76	4.43 ±1.46	7.84 ±0.03	430.27 ±8.07	4400.00 ±96.43	33.66 ±16.34	153.00 ±3.00	20.60 ±13.59	12.23 ±3.40	3.06 ±1.42	34.93 ±23.17
P2	25.12 ±1.00	4.36 ±1.41	8.13 ±0.02	212.75 ±5.44	1303.33 ±30.55	38.23 ±16.83	142.66 ±8.50	11.85 ±4.40	20.18 ±18.72	4.17 ±2.53	12.00 ±7.53
P3	22.12 ±0.28	4.00 ±1.31	7.98 ±0.04	211.27 ±10.63	1136.66 ±60.27	43.70 ±14.47	104.66 ±22.89	15.47 ±5.97	3.58 ±0.66	3.50 ±2.69	38.89 ±6.38
<b>JULHO</b>											
C1	23.39 ±0.08	4.86 ±0.41	7.39 ±0.11	407.57 ±2.80	3620.00 ±17.32	1.46 ±2.54	71.33 ±35.92	11.53 ±8.12	12.40 ±2.33	4.57 ±0.39	7.80 ±1.80
C2	24.27 ±0.38	5.11 ±0.26	7.51 ±0.06	321.62 ±3.20	3936.66 ±5.77	42.73 ±20.78	100.33 ±21.96	31.93 ±21.56	19.21 ±10.20	9.90 ±0.79	10.60 ±2.62
C3	25.19 ±0.52	3.48 ±1.01	7.55 ±0.03	333.81 ±0.27	3786.66 ±5.77	27.73 ±5.46	123.33 ±9.86	20.53 ±7.73	8.89 ±1.87	2.45 ±0.08	6.10 ±1.61
P1	23.60 ±0.37	4.76 ±1.07	7.35 ±0.08	513.45 ±8.58	3333.33 ±25.16	35.50 ±9.48	27.00 ±115.96	26.53 ±5.84	7.59 ±1.79	3.43 ±0.79	37.13 ±26.93
P2	24.87 ±1.55	3.61 ±0.21	7.71 ±0.09	507.06 ±47.48	2500.00 ±17.32	49.40 ±4.53	-211.66 ±10.26	24.97 ±4.06	7.01 ±1.08	3.53 ±4.51	8.00 ±4.92
P3	23.97 ±0.20	4.92 ±3.71	7.52 ±0.02	514.54 ±47.16	2716.66 ±165.02	61.13 ±16.54	-258.33 ±6.11	41.33 ±22.24	14.88 ±9.84	3.97 ±4.83	42.53 ±8.73
<b>SETEMBRO</b>											
C1	28.09 ±0.35	3.75 ±0.73	6.62 ±0.85	553.78 ±36.86	5026.66 ±96.09	0.00 --	126.33 ±58.85	4.87 ±0.11	13.17 ±1.48	5.11 ±0.77	7.60 ±1.85
C2	25.19 ±0.47	4.01 ±0.48	7.69 ±0.75	516.80 ±6.58	7250.00 ±17.32	0.36 ±0.63	73.66 ±32.57	15.47 ±2.92	12.61 ±9.02	7.99 ±1.40	12.92 ±2.19
C3	25.00 ±0.19	4.05 ±0.61	6.87 ±1.36	490.05 ±1.10	6910.00 ±17.32	4.43 ±7.67	135.66 ±96.41	11.73 ±3.71	15.97 ±6.59	3.51 ±0.70	7.67 ±0.99
P1	23.92 ±0.28	4.01 ±2.19	5.85 ±0.45	505.97 ±10.32	4633.33 ±56.86	2.53 ±4.38	34.33 ±31.34	6.73 ±2.20	7.64 ±0.14	3.13 ±1.40	37.07 ±25.81
P3	23.65 ±0.47	4.30 ±1.97	6.53 ±0.31	586.80 ±53.57	4380.00 ±111.35	44.90 ±13.01	124.33 ±14.50	20.00 ±4.38	86.00 ±89.85	3.78 ±0.58	41.00 ±11.43

\*Descrição das variáveis: Temp.(Temperatura), OD (Oxigênio dissolvido), pH, Alc. (Alcalinidade), C.E. (Condutividade elétrica), Turb. (Turbidez), ORP (Potencial de oxi-redução), MST(Material em suspensão total), CL (Clorofila), L (largura) e P (profundidade)

\*\*Não foi possível coletar dados do P2/setembro, pois este secou completamente



<b>T2</b>	0.151	0.103	0.075	0.143	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>T3</b>	0.150	0.106	0.075	0.172	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>T4</b>	0.005	0.097	0.062	0.169	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>T5</b>	0.004	0.079	0.042	0.173	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>T6</b>	0.005	0.080	0.046	0.173	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

**Tabela 3.** Concentrações de metais potencialmente tóxicos nas matrizes ambientais: água, sedimento e macroinvertebrados aquáticos coletados no Rio Jequezinho, Bahia em setembro/2015

Trecho	Ca	Na	Mg	K	Mn	Fe	Zn	Co	Cr	Cu	Ni	Pb
<b>Macroinvertebrados</b>												
<b>T1</b>	96.842	1.545	0.905	95.457	0.488	143.505	0.056	0.011	0.025	0.005	0.012	0.005
<b>T2</b>	94.632	1.852	0.322	76.077	0.075	137.312	0.059	0.006	0.039	0.003	0.014	0.000
<b>T3</b>	80.044	1.822	1.200	120.357	0.482	189.865	0.053	0.009	0.025	0.008	0.011	0.003
<b>T4</b>	139.415	1.190	0.778	63.170	0.568	111.818	0.025	0.014	0.031	0.002	0.006	0.012
<b>T6</b>	38.324	2.617	1.357	141.812	0.251	193.340	0.045	0.005	0.025	0.007	0.046	0.000
<b>Sedimento</b>												
<b>T1</b>	0.213	5.793	0.677	19.379	0.122	6.338	0.028	0.007	0.038	0.011	0.004	0.004
<b>T2</b>	0.075	6.706	0.742	20.402	0.110	6.198	0.022	0.008	0.041	0.007	0.010	0.008
<b>T3</b>	0.197	5.289	0.664	13.844	0.069	5.319	0.020	0.006	0.038	0.006	0.004	0.004
<b>T4</b>	0.000	5.511	0.482	10.920	0.087	4.199	0.012	0.004	0.024	0.006	0.002	0.003
<b>T6</b>	0.000	7.180	0.703	39.056	0.165	7.703	0.062	0.020	0.107	0.030	0.008	0.020
<b>Água</b>												
<b>T1</b>	0.009	0.126	0.082	0.125	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>T2</b>	0.136	0.149	0.090	0.175	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>T3</b>	0.133	0.144	0.090	0.191	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>T4</b>	0.007	0.124	0.080	0.171	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>T6</b>	0.008	0.118	0.073	0.151	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



Capítulo 3



**Figura 1A.** Indivíduos representantes das famílias registradas nos pontos de coleta do perímetro urbano do Rio Jequeizinho, semiárido baiano





**Figura 1B.** Indivíduos representantes das famílias registradas nos pontos de coleta do perímetro urbano do Rio Jequezinho, semiárido baiano