

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DE  
RECURSOS NATURAIS

**Efeitos de alterações antrópicas sobre a comunidade de macroinvertebrados  
bentônicos no Cerrado**

**Lívia Borges dos Santos**

UBERLÂNDIA, 2017

LÍVIA BORGES DOS SANTOS

Efeitos de alterações antrópicas sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos  
no Cerrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Jean Carlos Santos  
Co-orientadora: Prof. Dra. Janet Higuti

UBERLÂNDIA, 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

S237e Santos, Lívia Borges dos, 1992  
2017 Efeitos de alterações antrópicas sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos no Cerrado / Lívia Borges dos Santos. - 2017.  
84 f. : il.

Orientador: Jean Carlos Santos.  
Coorientadora: Janet Higuti.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.  
Inclui bibliografia.

1. Ecologia - Teses. 2. Impacto ambiental - Teses. 3. Florestas - Teses. 4. - Teses. I. Santos, Jean Carlos, 1978. II. Higuti, Janet. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. IV. Título.

"O animal selvagem e cruel não é aquele que está  
atrás das grades. É o que está na frente delas."

**Axel Munthe**

## **Agradecimentos**

A meu pai e colegas de laboratório, que colaboraram muito nas coletas de campo e no processamento das amostras.

A meu orientador, Dr. Jean Carlos Santos, pelo grande tempo dedicado a esse trabalho, pela ajuda, incentivo, e por aceitar essa orientação em uma área que era novidade para ele, na qual aprimoramos nosso conhecimento juntos.

À minha co-orientadora, Dra. Janet Higuti (NUPÉLIA, UEM), pela disponibilidade em colaborar com o trabalho, pelo esclarecimento de dúvidas e sugestões válidas.

À amiga Cyntia Goulart Corrêa Bruno, pelo incentivo e ajuda em todas as etapas desse trabalho e, principalmente, pelos ensinamentos iniciais e esclarecimentos sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos.

À banca, pelo interesse em participar da avaliação dessa dissertação com sugestões e correções.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado, e à empresa Duratex, pelo apoio financeiro na logística de campo e materiais, e disponibilidade da área de estudo.

Ao Guilherme, pelo companheirismo durante todas as fases desse mestrado.

Aos colegas de laboratório, LEEBIO, pela amizade, motivação e risadas.

Muito obrigada!

## Sumário

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMO</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>vi</b>
<b>ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	<b>2</b>
<b>Capítulo 1</b>	<b>5</b>
1. Introdução	7
2. Material e métodos	10
2.2. Área de estudo	10
2.3. Coleta de dados	18
2.3.1. Comunidade de MB	18
2.3.2. IIFH	19
2.3.3. Variáveis físico-químicas da água	20
2.3.4. Composição do sedimento	20
2.4. Análise dos dados	20
3. Resultados	21
3.1. Composição da comunidade de MB nas categorias de APPs	21
3.2. Largura da vegetação na APP e IIFH	29
3.3. Qualidade da água e composição do sedimento	30
3.3.1. Análises categóricas das APPs	30
3.3.2. Relações das métricas com o IIFH	32
3.4. Comunidade de MB e IIFH	35
3.5. Composição funcional de MB nas categorias de APP	37
4. Discussões	39
5. Conclusões	43
6. Referências	44
<b>Capítulo 2</b>	<b>52</b>
1. Introdução	53
2. Material e métodos	55
2.1. Área de estudo	55
2.2. Coleta de dados	59

2.2.1.	Índice de integridade física do habitat	59
<u>2.2.2.</u>	Macroinvertebrados bentônicos	60
2.2.3.	Variáveis físico-químicas da água	61
2.3.	Análise dos dados	61
3.	Resultados	62
3.1.	Comunidade de MB	62
3.2.	Índice de integridade física do habitat	68
3.3.	Qualidade da água	68
3.4.	Índice de integridade física do habitat e métricas biológicas	72
4.	Discussões	73
5.	Conclusões	77
6.	Referências	78
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>		84

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

APA – Área de proteção ambiental

APP – Áreas de preservação permanente

BMWP – *Biological monitoring working party*

CE – Condutividade elétrica

EPT – Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (ordens de Insecta)

GFA – Grupo funcional de alimentação

IIFH – Índice de integridade física do habitat

MB - Macroinvertebrados bentônicos

ORP – Potencial de oxirredução

pH – Potencial hidrogeniônico

STD – Sólidos totais dissolvidos

UTOs – Unidade taxonômica operacional

## RESUMO

SANTOS, L.B. 2017. Efeitos de alterações antrópicas sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos no cerrado. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 84p.

O Cerrado brasileiro é uma região de grande importância hídrica para o país. Além disso, possui uma enorme riqueza de ecossistemas lóticos, lagoas naturais e zonas úmidas, tais como as veredas. Embora o Cerrado seja reconhecido como “a caixa d’água” do Brasil e seja uma área prioritária para conservação, o conhecimento de sua biota aquática e os efeitos das mudanças antrópicas sobre esta biota é limitado. Os macroinvertebrados bentônicos são organismos relativamente grandes (tamanho superior a 0,5mm) que vivem em ecossistemas aquáticos aderidos em plantas, rochas ou enterrados no substrato. Estes organismos têm sido amplamente utilizados como bioindicadores de qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos, devido à: a) elevada diversidade taxonômica, b) capacidade limitada de deslocamento (sésseis/sedentários), c) ciclos de vida longo, d) fácil amostragem e identificação taxonômica e, e) por serem sensíveis a poluentes no meio aquático. Tais características somadas tornam os macroinvertebrados bentônicos excelentes modelos para avaliação dos efeitos das alterações antrópicas sobre ecossistemas e organismos associados. Esta dissertação buscou avaliar os efeitos de alterações antrópicas sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos no Cerrado da região do Triângulo Mineiro. A integridade do ambiente foi estudada em áreas com forte presença de pecuária e de silvicultura. Em ambos os casos, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos e qualidade da água mostrou-se relacionada com a integridade do habitat. Os resultados mostraram que ambientes mais íntegros possuem maior riqueza de macroinvertebrados bentônicos. Mesmo diante de intensos uso do solo, como pecuária e silvicultura, as vegetações ripárias mostram grande importância em manter a integridade do habitat, de forma a preservar a comunidade de macroinvertebrados bentônicos e a qualidade da água. Portanto, os resultados encontrados nesta dissertação poderão ajudar a melhorar/implementar políticas de conservação para organismos aquáticos e vegetação ripária no Cerrado.

Palavras-chave: BENTOS, impactos ambientais, silvicultura, pecuária, qualidade da água.

## ABSTRACT

SANTOS, L.B. 2017. Effects of anthropic alterations on the community of benthic macroinvertebrates in the Cerrado. MSc. Thesis. UFU. Uberlândia-MG. 84p.

The Brazilian Cerrado is a region of great water importance for the country. In addition, it has an enormous wealth of lotic ecosystems, natural lagoons and wetlands, such as sidewalks. Although the Cerrado is recognized as a "water box" of Brazil and a priority area for conservation, knowledge of its aquatic biota and the effects of anthropic changes on this limited biota. Benthic macroinvertebrates are relatively large organisms (larger than 0.5mm) that live in aquatic ecosystems attached to plants, rocks or buried in the substrate. These organisms have been widely used as bioindicators of water quality and aquatic ecosystems due to: a) high taxonomic diversity, b) limited displacement capacity (sessile / sedentary), c) long life cycles, d) easy sampling and Taxonomic identification and, e) because they are sensitive to pollutants in the aquatic environment. These combined characteristics make benthic macroinvertebrates excellent models for assessing the effects of anthropogenic changes on ecosystems and associated organisms. This dissertation sought to evaluate the effects of anthropic alterations on a community of benthic macroinvertebrates in the Cerrado Triângulo Mineiro region. An environmental integrity was studied in areas with a strong presence of livestock and forestry. In both cases, a community of benthic macroinvertebrates and water quality was shown to be related to a habitat integrity. The results showed that the more intact environments have a greater benthic macroinvertebrate richness. The use of soil systems, such as livestock and forestry, as riparian vegetation show great importance in maintaining a habitat integrity, in a way to conserve a community of benthic macroinvertebrates and a water quality. Therefore, the results found in the dissertation help improve / implement conservation policies for aquatic organisms and riparian vegetation in the Cerrado.

Keywords: Benthic, environmental impacts, forestry, livestock, water quality.

## ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Essa dissertação foi organizada nas seguintes seções: Introdução Geral, Capítulo 1, Capítulo 2 e Considerações Finais. A introdução geral e os capítulos 1 e 2 foram estruturados seguindo normas usuais de trabalhos de divulgação e científicos para posterior submissão em revistas na área de Biodiversidade. **Introdução geral:** procurou explicar a importância dos macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de impactos ambientais sobre os cursos d'água; Foi organizado seguindo as instruções da revista de divulgação científica “*Ciência Hoje*”, que possui um público amplo e heterogêneo e por isso, a linguagem utilizada é simples e clara. **Capítulo 1: Influência de Áreas de Preservação Permanente (APP) sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em córregos do Cerrado.** O capítulo 1 buscou a relação entre diferentes tamanhos de vegetação ripária em APPs, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos e qualidade da água em córregos do Cerrado e foi estruturado seguindo as recomendações do periódico “*Ecological Indicators*”. **Capítulo 2: Comunidade de macroinvertebrados bentônicos e Índice de integridade física do habitat em lagoas represadas de veredas sob influência de silvicultura.** O capítulo 2 investigou a influência da silvicultura e uso da terra sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos e qualidade da água em lagoas do Cerrado, e foi organizado seguindo as orientações do periódico “*Agriculture, Ecosystems & Environment*”.

## INTRODUÇÃO GERAL

Os macroinvertebrados bentônicos são organismos que vivem na água doce e são visíveis a olho nu, pois tem tamanho superior a 0,5mm (por isso o nome macro: grande), e vivem fixados em plantas/pedras ou enterrados no substrato (daí o nome bentônicos: hábito bentônico). Eles formam um grupo com grande diversidade de espécies, que vão desde insetos até moluscos, passando por minhocas e sanguessugas. Por isso, os macroinvertebrados bentônicos possuem diversas formas e hábitos de vida diferentes e estão presentes em todos os tipos de ambientes aquáticos.

Os *bentos* são intermediários nas cadeias alimentares, isto é, consomem algas e microrganismos, e são predados por peixes e outros vertebrados, como aves e mamíferos. Eles possuem importante papel na dinâmica de nutrientes pois transformam a matéria orgânica, ou seja, realizam a fragmentação: liberam nutrientes das plantas terrestres para o ambiente aquático.

Porém, a principal importância dos *bentos* está no fato de que eles dependem intimamente do ecossistema aquático (passam parte ou todo o ciclo de vida na água), e por isso, são muito sensíveis à alterações nele. Desta maneira, os macroinvertebrados bentônicos são utilizados como bioindicadores da qualidade da água, pois são organismos sensíveis a poluição e degradação da mesma. Assim, eles são classificados quanto à sua tolerância diante de mudanças na qualidade da água, e são encontrados em águas bem preservadas, alteradas e totalmente impactadas. Através desses organismos é possível monitorar a qualidade do ambiente, se há presença de impactos antrópicos e ver quais as mudanças ocorridas no curso d'água com o passar do tempo. Esse tipo de prática é chamada de biomonitoramento.

O biomonitoramento de recursos hídricos com macroinvertebrados bentônicos, é uma técnica cada vez mais utilizada e aceita para avaliar a qualidade da água. A coleta e análise desses organismos não necessita de equipamentos caros, como em análises físico-químicas da água, e o processo é simples e fácil de se executar. O uso desses organismos, além de determinar a qualidade da água, também fornece informações cronológicas sobre o ecossistema, ou seja, o que aconteceu no passado e o que está acontecendo no presente, o que não é possível nas análises químicas (que mostram apenas o momento da coleta). Por isso, o uso dessa técnica é importante e deve ser divulgado como uma possibilidade de avaliar e classificar o estado de conservação das águas brasileiras.

Uma das principais utilizações dos macroinvertebrados bentônicos no Brasil é em monitoramentos de impactos ambientais nos processos de licenciamento ambiental. Por exemplo, antes de uma hidrelétrica ser construída, a comunidade de *bentos* do rio é levantada e catalogada em um estudo conhecido como Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA). Após a construção da hidrelétrica, e toda a alteração que este tipo de empreendimento provoca sobre os ecossistemas aquáticos, a empresa deve continuar a biomonitorar a comunidade de *bentos* para verificar qual a intensidade do impacto da construção sobre a qualidade da água. Durante esses monitoramentos, caso a qualidade da água comece a mudar e se degradar, a comunidade de *bentos* começa a indicar alterações em sua estrutura - como alteração da composição de espécies, desaparecimento de espécies sensíveis -, e a empresa consegue reverter a situação antes que ela se torne muito séria, como o caso de uma eutrofização (estado da água com excesso de nutrientes, que todas as comunidades aquáticas morrem devido à proliferação excessiva de algas). O mesmo pode ser feito

para praticamente todos os outros tipos de empreendimentos, como minerações, fazendas agrossilvipastoris e outros tipos de empresas geradoras de energias.

Diante disso, os *bentos* são bons indicadores de diversos impactos ambientais relacionados, diretamente ou indiretamente, à agua: descarte de esgoto doméstico e industrial em rios, desmatamentos da mata ciliar presente na margem dos cursos d’água, barragem de resíduos minerais, introdução de espécies exóticas nos rios, modificação físicas de corpos d’água (construções de barragens, por exemplo), assoreamento de rios.

Assim sendo, os macroinvertebrados bentônicos são muito importantes dentro das comunidades aquáticas, e por isso seu estudo e preservação é vital para a boa saúde de ecossistemas aquáticos e terrestres. Medidas que favorecem sua ocorrência como preservação de matas ciliares e o tratamento de esgoto, são ferramentas que também mantêm a boa qualidade da água, e por isso devem ser mais implementadas e incentivadas.

### **Sugestões para leitura**

ESTEVES, F. A. 1988. **Fundamentos em limnologia.** 2<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Interciênciia Ltda.

GOULART, M. D. C.; CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **FAPAM**, v.2, p.156-164.

SANTOS, L. B.; CORREIA, D. L. S.; SANTOS, J. C. 2016. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores do impacto urbano sobre o Rio Uberaba (MG).

**Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 01 (1), p.:34-42.

1    **Capítulo 1**

2

3    **INFLUÊNCIA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) SOBRE**  
4    **A COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM**  
5    **CÓRREGOS DO CERRADO**

6

7    **Resumo**

8        As vegetações ripárias são de grande importância para preservação da  
9        biodiversidade das comunidades aquáticas, porém vem sofrendo intenso desmatamento  
10      no Cerrado. Desta maneira, esse capítulo buscou avaliar como a comunidade de  
11      macroinvertebrados bentônicos (MB) e a qualidade da água se comportam frente a  
12      diferentes extensões de vegetação ripária em APPs. A pesquisa foi realizada na APA  
13      Rio Uberaba, uma unidade de conservação de uso direto localizada na cidade de  
14      Uberaba, Minas Gerais. Foram estabelecidas quatro categorias com diferentes tamanhos  
15      de vegetação ripária: sem vegetação (0 metros), 15 metros, 30 metros e 50 metros, nas  
16      quais foram aferidas a integridade física do habitat, a comunidade de MB, parâmetros  
17      físico-químicos da água e do sedimento. As coletas foram realizadas em duas  
18      campanhas amostrais, uma na estação chuvosa e uma na estação seca. A comunidade de  
19      MB foi composta por 77 UTOs, os táxons mais representativos foram os Diptera e  
20      Ephemeroptera, mas a composição taxonômica variou entre as categorias de APP.  
21      Porém, as APPs com maiores tamanhos de vegetação ripária apresentaram ambientes  
22      mais íntegros, e maior riqueza e riqueza de EPT. A qualidade da água foi boa e  
23      satisfatória na maioria dos pontos analisados. Este capítulo mostrou a importância da  
24      presença da vegetação ripária nas APPs, pois o estabelecido no Código florestal

25 brasileiro (30 metros) se mostrou eficaz em manter o ambiente íntegro e conservar as  
26 comunidades de MB.

27 **Palavras-chave:** Bentos, Código Florestal Brasileiro, Conservação, Unidade de  
28 conservação, Vegetação ripária.

29

30

31        **1. Introdução**

32        As vegetações ripárias, ou matas ciliares, são formações vegetais presentes às  
33        margens de cursos d'água (Lorenzi, 2002). No Cerrado, são de grande importância para  
34        a preservação da biodiversidade da biota aquática, pois evita o aquecimento excessivo  
35        da água, fornece energia alóctone com a entrada de folhas, frutos e sementes no corpo  
36        d'água, também evita a erosão das margens e fornece condições ambientais para a  
37        reprodução de muitos organismos (Margalef, 1983). As vegetações ripárias também  
38        proporcionam áreas com forte interação biológica, física e química entre os  
39        ecossistemas terrestres e aquáticos (Beltrão et al., 2009), e por isso são áreas com  
40        grande diversidade de fauna, flora e processos ambientais (Pusey; Arthington, 2003).  
41        Além disso, o material vegetativo é usado como habitat e substrato para a fauna  
42        aquática, como invertebrados (Richards et al., 1997) e peixes (Boys; Thoms, 2006).  
43        Embora os benefícios da presença da mata ripária sejam evidentes, esta importante  
44        vegetação do Cerrado está bastante alterada e em alguns casos até inexistente, sendo  
45        muitas vezes substituída por gramíneas (Ribeiro et al., 2001).

46        É consenso que a vegetação ripária traz inúmeros benefícios para os mais  
47        variados organismos, do meio terrestre e aquático, e por isso sua retirada ocasiona sérios  
48        problemas aos diferentes grupos taxonômicos (Palhiarini; Pagotto, 2015). Estes autores  
49        citam, por exemplo, as alterações na temperatura da água, no sombreamento e no ar, os  
50        quais afetam diretamente as comunidades aquáticas, além de maiores deposições de  
51        sedimentos nos cursos d'água, que ocasionam alteração ou diminuição de habitats para  
52        os invertebrados (Palhiarini; Pagotto, 2015). A entrada de material alóctone diminui  
53        devido à redução de materiais lenhosos, serrapilheira, insetos terrestres e outros  
54        compostos que estão presentes na vegetação ripária (HCP, 2009). A qualidade da água  
55        também é afetada, pois os sedimentos transportados para dentro dos corpos d'água

56 modificam a turbidez e o oxigênio dissolvido (HCP, 2009). Assim, as zonas ripárias são  
57 de fundamental importância para a manutenção e regulação dos cursos d'água (Naiman  
58 et al., 2005), e estão relacionadas com a manutenção da integridade ecológica e saúde  
59 dos ecossistemas ripários (Blevins et al., 2013; Allan, 2004).

60 A vegetação nas margens dos rios e ao redor das nascentes e reservatórios,  
61 denominada Área de Preservação Permanente (APP), é considerada um importante  
62 instrumento para a proteção de atributos ambientais em todo o território brasileiro e por  
63 isso é regulamentada pela Resolução CONAMA 303/2002 e pela Lei 12.651/2012 –  
64 Novo Código Florestal Brasileiro. Em relação àquelas localizadas em cursos d'água, o  
65 art. 4º, inciso I, as normatizam:

66  
67 Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em  
68 zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

69 I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene  
70 e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito  
71 regular, em largura mínima de:

72 a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10  
73 (dez) metros de largura;  
74 b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de  
75 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;  
76 c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50  
77 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;  
78 d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de  
79 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;  
80 e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham  
81 largura superior a 600 (seiscentos) metros;

82  
83 Diante de sua relevância, o desmatamento da vegetação nativa, em especial da  
84 localizada ao longo de cursos d'água e nascentes, tem ocupado destaque no cenário  
85 ambiental devido ao seu impacto sobre a proteção dos recursos hídricos. Pouco se sabe  
86 sobre os efeitos que a redução/ausência de APPs provocam sobre comunidades  
87 aquáticas, especialmente sobre os macroinvertebrados bentônicos (definidos aqui como  
88 MB) no Cerrado. Alguns trabalhos indicam diferenças na assembleia de MB associadas  
89 à integridade da zona ripária, por exemplo, o aumento da riqueza em áreas íntegras

90 (Danger; Robson, 2004,) e composições diferentes em áreas com baixa e alta presença  
91 de vegetação (Scarsbrook; Halliday, 1999).

92 Os MB são um dos grupos mais utilizados no biomonitoramento dos impactos  
93 antrópicos em ambientes de água doce (Silveira et al., 2004), e por isso são  
94 considerados bons indicadores de qualidade ambiental (Beghelli et al., 2014). São  
95 definidos por Rosenberg e Resh (1993) como organismos que habitam diversos  
96 substratos (sedimento, macrófitas, algas filamentosas, galhos, rochas, etc) de habitats  
97 aquáticos, durante pelo menos parte do seu ciclo de vida. Trata-se de uma comunidade  
98 de animais encontrada em todo tipo de ambiente aquático continental e constituída por  
99 larvas de inseto, moluscos, anelídeos, dentre muitos outros grupos (Rosenberg; Resh,  
100 1993).

101 Diante da importância das APPs para a conservação e manutenção dos  
102 ecossistemas terrestres e aquáticos, o Novo Código Florestal Brasileiro tem sido pauta  
103 de diversas instâncias como o Conselho Nacional de Meio Ambiente e o Congresso  
104 Nacional. Nesse sentido, a presente pesquisa buscou avaliar como a comunidade de MB  
105 e a qualidade da água se comportam frente a diferentes extensões de APP. Os resultados  
106 obtidos aqui podem repercutir nas discussões sobre o atual Código Florestal Brasileiro.  
107 Os objetivos específicos são (1) investigar como a comunidade e sua composição  
108 funcional de MB compõem diferentes tamanhos de vegetação em APPs; (2) analisar a  
109 importância da largura da vegetação nas APPs sobre a integridade dos habitats; (3)  
110 investigar a relação da qualidade da água, composição do sedimento com a comunidade  
111 de MB com diferentes tamanhos de vegetação em APPs, integridades dos habitats e  
112 estações do ano. Em relação a estes objetivos, espera-se que vegetações mais extensas  
113 nas APPs proporcionem ambientes mais íntegros e, por consequência, apresentem  
114 comunidades de MB mais ricas e melhor qualidade da água.

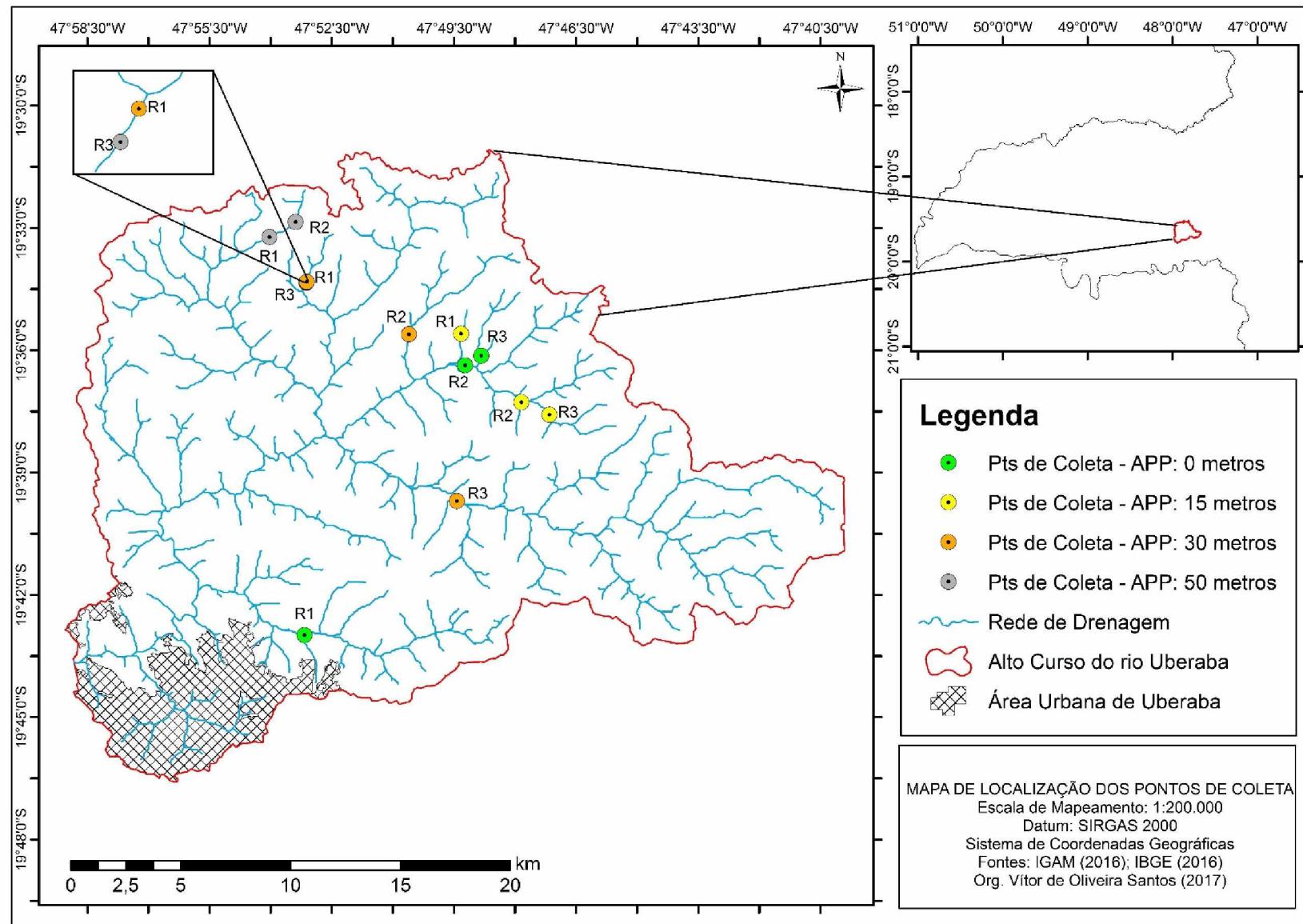
116 **2. Material e métodos**117 **2.2. Área de estudo**

118 O trabalho foi desenvolvido na bacia hidrográfica do Rio Grande, na Área de  
119 Proteção Ambiental (APA) Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais. A APA Rio Uberaba  
120 é uma unidade de conservação de Uso direto, reconhecida pelo Sistema Nacional de  
121 Unidades de Conservação (SNUC), destinada à conservação da biodiversidade, onde se  
122 permite utilizar os recursos naturais de forma sustentável, estabelecendo-se modelos de  
123 desenvolvimento (SEMEA, 2004). Ou seja, prioriza a preservação ambiental em  
124 coexistência com práticas de uso e ocupação do solo. De acordo com o Plano de Manejo  
125 Emergencial (2012) e Mauro et al. (2015), a atividade agropecuária na região é muito  
126 expressiva, apresentando extensas áreas destinadas a plantações (cultura de café, soja e  
127 cana-de-açúcar) e pastagens.

128 Para realização da pesquisa, foram selecionados oito córregos, todos com até 10  
129 metros de largura (Figura 1), ou seja, de acordo com a Lei 12.651/2012, art. 4º, devem  
130 ter APP de 30 metros. Os pontos foram escolhidos para testar os objetivos em uma  
131 margem com o tamanho da vegetação ripária a ser estudada (onde a coleta foi  
132 realizada). Não foram utilizadas as duas margens nesse estudo, pela inviabilidade de  
133 encontrar APPs nas mesmas condições em ambas as margens do curso d'água. Assim,  
134 esses pontos primeiramente foram escolhidos através de imagens de satélite, para  
135 estimar o tamanho da vegetação na APP, porém, em campo sua verdade terrestre foi  
136 verificada por meio de uma trena graduada. Por fim, quatro categorias foram  
137 estabelecidas com diferentes tamanhos de vegetação ripária nas APPs: sem mata ciliar  
138 (0 metros), 15 metros, 30 metros e 50 metros (Figura 2 A, B, C e D, respectivamente).

139 Cada categoria foi amostrada em três réplicas cada, totalizando 12 pontos de  
140 amostragem distribuídos dentro da APA Rio Uberaba (Figura 3, 4, 5, 6).

141 **Figura 1.** Mapa da localização dos pontos amostrais na APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais. Legenda: R se refere às réplicas utilizadas.



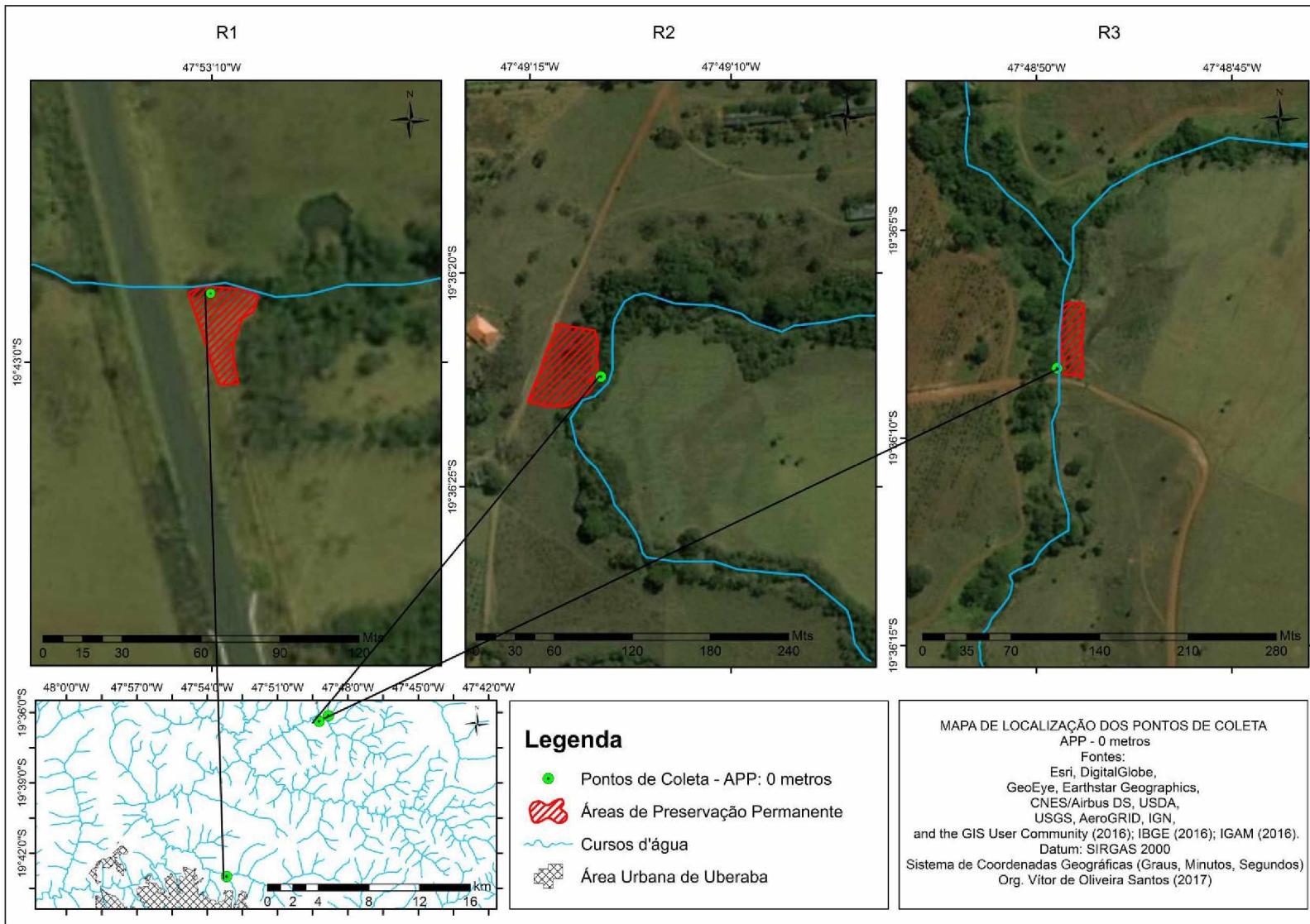
143 **Figura 2.** Tamanho da vegetação ripária nas APPs utilizadas na APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais. A) Categoria sem mata ciliar (R3); B) 15  
144 metros (R3); C) 30 metros (R3); D) 50 metros (R1).

145

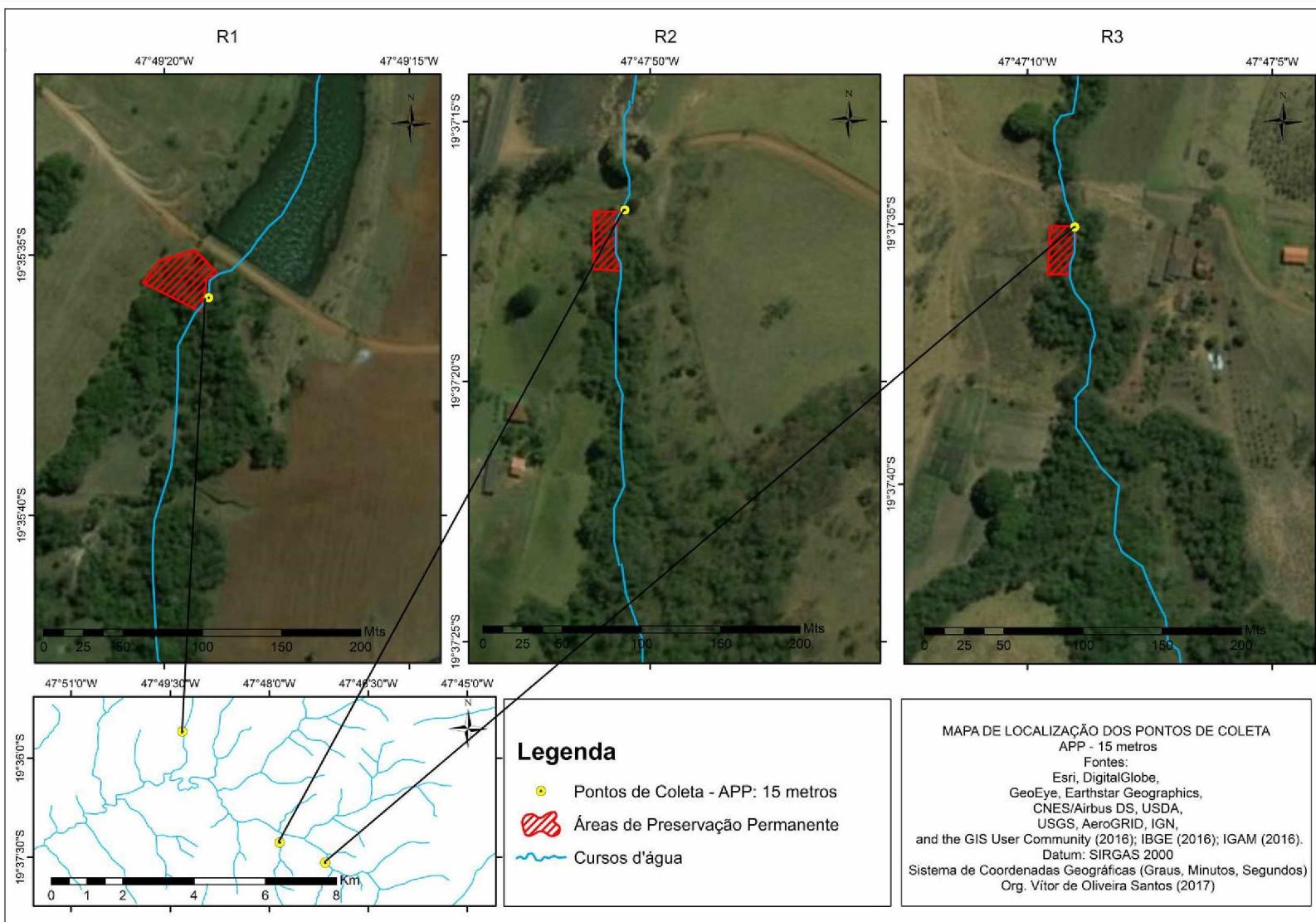


146

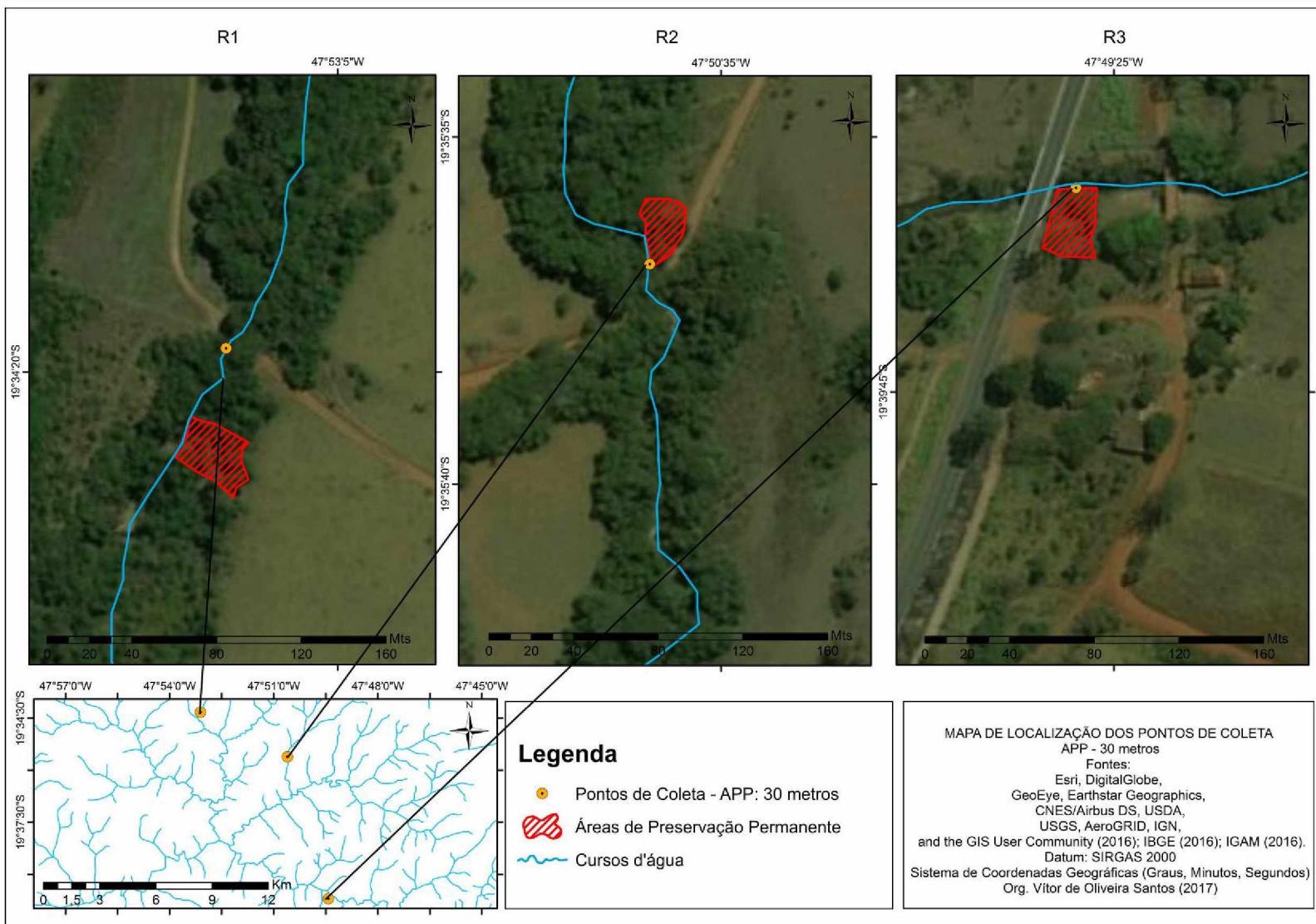
**Figura 3.** Mapa da localização dos pontos com APP sem vegetação utilizados na APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.



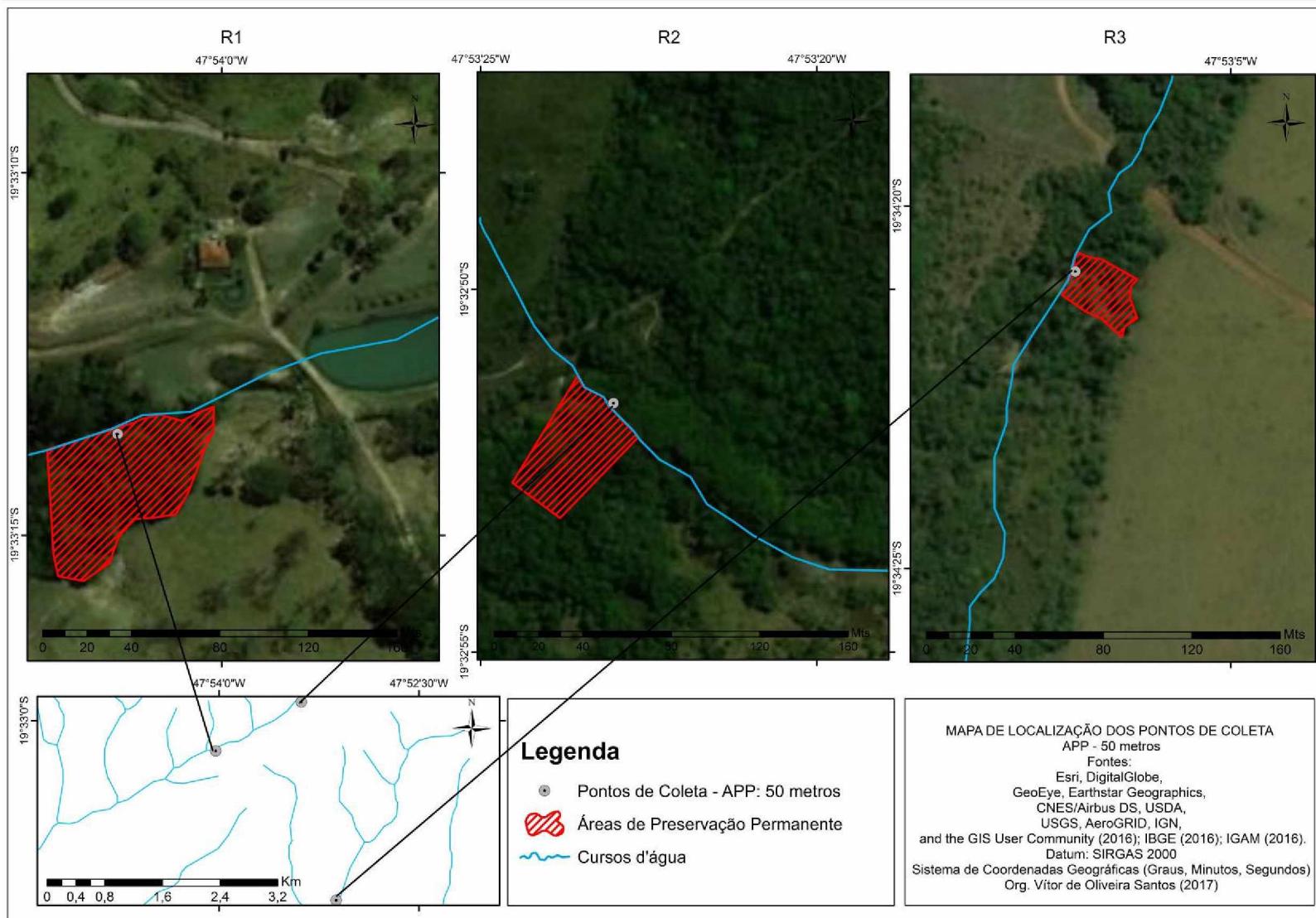
149 **Figura 4.** Mapa da localização das faixas de APP com 15 metros de vegetação utilizadas na APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.



151 **Figura 5.** Mapa da localização das faixas de APP com 30 metros de vegetação utilizadas na APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.



153 **Figura 6.** Mapa da localização das faixas de APP com 50 metros de vegetação utilizadas na APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.



155                   **2.3. Coleta de dados**

156                   Foram realizadas duas campanhas de amostragem, uma na estação chuvosa  
157                   (dezembro/2015) e outra na estação seca (Julho/2016). De acordo com Köppen e Geiger  
158                   (1928) a média da temperatura anual em Uberaba é 22,3°C e a média anual de  
159                   pluviosidade é de 1571mm. Nas campanhas, todos os pontos de coleta foram analisados  
160                   quanto à comunidade de MB, Índice de Integridade Física do Habitat (IIFH), variáveis  
161                   físico-químicas da água e composição do sedimento.

162

163                   **2.3.1. Comunidade de MB**

164                   Para as amostragens utilizou-se rede “D” (malha 250 µ) para “varrer” um trecho  
165                   pré-selecionado de um metro, na margem de interesse, por dois minutos, explorando  
166                   todos os micro habitats aquáticos, de forma a garantir a representatividade dos  
167                   organismos. O material coletado foi armazenado em sacos plásticos resistentes e  
168                   devidamente etiquetados, e a estes foi adicionado álcool a 70% e corante rosa de  
169                   bengala para conservar e corar os organismos. Em laboratório, as amostras foram  
170                   lavadas em peneiras granulométricas (malhas de 2 cm e 250 µ) para a retirada de  
171                   troncos, folhas, pedras e outras impurezas que pudessesem dificultar a triagem. Todo o  
172                   material restante foi triado com auxílio de estereomicroscópio (Marca Tecnival,  
173                   aumento 80 vezes); os indivíduos encontrados foram retirados e preservados em vidros  
174                   etiquetados com álcool a 70%. A identificação foi feita até o menor nível taxonômico  
175                   possível, de forma a categorizar a Unidade Taxonômica Operacional (UTO). Os  
176                   organismos foram contados com auxílio do mesmo estereomicroscópio e classificados a  
177                   partir de chaves de identificações especializadas (Segura et al., 2011; Mugnai et al.,  
178                   2010; Froehlich, 2007). Foram utilizados para o cálculo das métricas biológicas: riqueza  
179                   (número de UTOs), riqueza de EPT (número de UTOs das ordens Ephemeroptera,

180 Plecoptera e Trichoptera), *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) (adaptação  
181 de Monteiro et al., 2008) e composição funcional. O BMWP é um índice que pontua  
182 diferentes famílias de MB de acordo com seu grau de tolerância à poluição orgânica,  
183 sendo possível classificar a água em diferentes qualidades, por um sistema de cores  
184 (Tabela 1).

185

186 **Tabela 1.** Sistema de classificação da qualidade da água estabelecido por Monteiro et  
187 al. (2008).

188

Classe	Somatório da pontuação	Qualidade	Cor
I	>150	Excelente	Azul
II	149 - 100	Boa	Verde
III	99 - 60	Satisfatória	Amarelo
IV	59 - 20	Ruim	Laranja
V	< 19	Muito ruim	Vermelho

189

190 A composição funcional dos MB foi definida a partir do grupo funcional de  
191 alimentação (GFA), desenvolvido na América do Norte (Cummins 1973, 1974;  
192 Cummins e Klug 1979). Essa categorização se baseia na morfologia e comportamentos  
193 dos indivíduos para determinar sua forma de aquisição de alimentos. Cada um desses  
194 GFAs desempenha um papel diferente no ecossistema, relacionado principalmente ao  
195 seu recurso alimentar (Cummins; Klug, 1979; Merritt; Cummins, 2006; Merritt et al.,  
196 2008). Na maioria dos casos, a identificação dos organismos amostrados no nível  
197 taxonômico de família já permite a categorização dos GFAs (Merritt et al., 2014).

198

### 199 **2.3.2. IIFH**

200 Os pontos de coleta foram avaliados quanto à sua integridade física, de acordo  
201 com índice proposto por Nessimian et al. (2008). Nesse índice, a integridade é avaliada

202 por meio de 12 características que tratam sobre as condições ambientais locais. Cada  
203 característica possui quatro ou seis alternativas, que são ordenadas para representar os  
204 habitats mais íntegros. Desta forma, o valor final do índice varia de zero a um,  
205 indicando um gradiente crescente de integridade.

206

207 **2.3.3. Variáveis físico-químicas da água**

208 As variáveis físico-químicas da água foram coletadas em campo por meio da  
209 sonda multiparâmetros Hanna HI 98194 e o medidor de turbidez Hanna HI 98703-01.  
210 Foram analisadas as seguintes variáveis: potencial hidrogeniônico (pH), potencial de  
211 oxirredução (ORP), condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD),  
212 temperatura e turbidez.

213

214 **2.3.4. Composição do sedimento**

215 A composição do sedimento foi analisada por meio das variáveis Matéria  
216 Orgânica (MO) e Granulometria. O sedimento foi coletado nos pontos de amostragem  
217 para posterior envio ao Laboratório de Análise de Solo (LABAS) da Universidade  
218 Federal de Uberlândia (UFU), especializado nestes tipos de análises.

219

220 **2.4. Análise dos dados**

221 Nesta pesquisa, os valores das variáveis foram expressos utilizando-se média ( $\bar{X}$ )  
222 e desvio-padrão (DP), mesmo para as variáveis não paramétricas. As diferenças dos  
223 parâmetros físico-químicos da água, MO e métricas biológicas (riqueza, riqueza de EPT  
224 e BMWP) aferidos nas estações amostrais e categorias de APP foram avaliadas por  
225 meio de Análise de variância (ANOVA) e pós teste Tukey. Os parâmetros físico-

226 químicos da água, MO e métricas biológicas foram considerados variáveis respostas, e  
227 as estações amostrais e categorias de APPs como fatores preditores. As relações entre o  
228 IIFH e as variáveis respostas supracitadas foram avaliadas por meio de Regressão  
229 Linear (RL). A diferença das frequências dos grupos funcionais foi testada usando um  
230 Qui-quadrado.

231 Em todos os testes estatísticos utilizados, a normalidade foi realizada *a priori* e  
232 quando não foi alcançada, os testes estatísticos não-paramétricos similares foram  
233 utilizados, tais como Kruskal Wallis (KW) e Correlação de Spearman (CS). O programa  
234 estatístico Minitab® 17.1.0 foi utilizado em todas as análises realizadas.

235

236 **3. Resultados**

237 **3.1. Composição da comunidade de MB nas categorias de APPs**

238 Ao todo foram amostrados 77 UTOs e 11.599 indivíduos, sendo 8.951 (77%)  
239 representantes do Filo Arthropoda, 2.243 (19%) do Filo Annelida, 215 (2%) do Filo  
240 Nematoda e 190 (2%) do Filo Mollusca. Dentre os Arthropoda, a classe mais  
241 representativa foi Insecta, com 8.611 (74%) indivíduos; Ostracoda foi representada por  
242 187 (2%) organismos e Arachnida por 117 (1%). A classe Insecta apresentou oito  
243 ordens, sendo Diptera a de maior ocorrência, com 6.488 indivíduos (56%), seguida por  
244 Ephemeroptera com 1.075 (9%) organismos, Coleoptera com 454 (4%), Trichoptera  
245 com 278 (2%), Odonata com 235 (2%) e as ordens Hemiptera, Plecoptera e Lepidoptera  
246 com baixa ocorrência, inferior à 1% (54, 19 e 8 indivíduos, respectivamente) (Tabela 2).

247

248 **Tabela 2.** Abundância e proporção relativa dos macroinvertebrados bentônicos organizados em Unidade Taxonômica Operacional na APA Rio

249 Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.

Filو	Classe/subclasse	Ordem	Família	Categorias de APPs					Total
				0m	15m	30m	50m		
	Ordem Collembola			33 (0,28%)	1 (0,01%)	1 (0,01%)	1 (0,01%)	36 (0,31%)	
	Classe Ostracoda			54 (0,47%)	7 (0,06%)	123 (01,06%)	3 (0,03%)	187 (01,61%)	
		Chironomidae		1633 (14,08%)	1099 (09,47%)	1453 (12,53%)	1496 (12,9%)	5681 (48,98%)	
		Ceratopogonidae		92 (0,79%)	53 (0,46%)	50 (0,43%)	251 (02,16%)	446 (03,85%)	
		Chaoboridae		1 (0,01%)	3 (0,03%)			4 (0,03%)	
		Dixidae		5 (0,04%)				5 (0,04%)	
		Empididae		7 (0,06%)		3 (0,03%)	2 (0,02%)	12 (0,1%)	
		Tabanidae				4 (0,03%)	2 (0,02%)	6 (0,05%)	
		Simuliidae		115 (0,99%)	2 (0,02%)	119 (01,03%)	10 (0,09%)	246 (02,12%)	
		Phoridae				1 (0,01%)	2 (0,02%)	3 (0,03%)	
		Stratiomyidae					2 (0,02%)	2 (0,02%)	
		Culicidae		3 (0,03%)	3 (0,03%)	3 (0,03%)	0 (0,%)	9 (0,08%)	
	Ordem Diptera	NI 1		2 (0,02%)	2 (0,02%)		1 (0,01%)	5 (0,04%)	
		NI 2		1 (0,01%)				1 (0,01%)	
		NI 3		8 (0,07%)				8 (0,07%)	
		NI 4			3 (0,03%)		11 (0,09%)	14 (0,12%)	
		NI 5					3 (0,03%)	3 (0,03%)	
		NI 6				16 (0,14%)	1 (0,01%)	17 (0,15%)	
		NI 7				5 (0,04%)	5 (0,04%)	10 (0,09%)	
		NI 8					7 (0,06%)	7 (0,06%)	
		NI 9				1 (0,01%)	3 (0,03%)	4 (0,03%)	
		NI 10					1 (0,01%)	1 (0,01%)	
		NI 11		2 (0,02%)		2 (0,02%)		4 (0,03%)	
		<i>Subtotal</i>						6488 (55,94%)	
	Ordem	Oligoneuriidae				1 (0,01%)		1 (0,01%)	
	Ephemeroptera	Baetidae		296 (02,55%)	87 (0,75%)	102 (0,88%)	31 (0,27%)	516 (04,45%)	
		Leptophyphidae		52 (0,45%)	10 (0,09%)	30 (0,26%)	15 (0,13%)	107 (0,92%)	
		Caenidae		33 (0,28%)	19 (0,16%)	120 (01,03%)	4 (0,03%)	176 (01,52%)	
		Leptophlebiidae		130 (01,12%)	51 (0,44%)	46 (0,4%)	48 (0,41%)	275 (02,37%)	
		<i>Subtotal</i>						1075 (09,27%)	
	Ordem	Hydropsychidae		70 (0,6%)	15 (0,13%)	35 (0,3%)	11 (0,09%)	131 (01,13%)	
	Trichoptera	Leptoceridae		6 (0,05%)	1 (0,01%)	2 (0,02%)	15 (0,13%)	24 (0,21%)	
		Hydroptilidae		7 (0,06%)		11 (0,09%)	2 (0,02%)	20 (0,17%)	
		Xiphocentronidae			2 (0,02%)			2 (0,02%)	
		Glossosomatidae				1 (0,01%)		1 (0,01%)	
		Calamoceratidae					16 (0,14%)	1 (0,01%)	17 (0,15%)
		Philopotamidae				2 (0,02%)	3 (0,03%)	5 (0,04%)	
		Odontoceridae		39 (0,34%)	4 (0,03%)	8 (0,07%)	5 (0,04%)	56 (0,48%)	
		Polycentropodidae				8 (0,07%)		8 (0,07%)	
		Hydrobiosidae				1 (0,01%)	13 (0,11%)	14 (0,12%)	
		<i>Subtotal</i>						278 (02,4%)	
	Ordem Plecoptera	Perlidae		2 (0,02%)		10 (0,09%)	7 (0,06%)	19 (0,16%)	

250

251 **Tabela 2** (continuação). Abundância e proporção relativa dos macroinvertebrados bentônicos organizados em Unidade Taxonômica Operacional na  
 252 APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.

253

Filو	Classe/subclasse	Ordem	Família	Categorias de APPs				
				0m	15m	30m	50m	Total
Ordem Odonata	Ordem Odonata	Ordem Odonata	Libellulidae	14 (0,12%)	5 (0,04%)	2 (0,02%)	6 (0,05%)	27 (0,23%)
			Calopterygidae	15 (0,13%)		1 (0,01%)	5 (0,04%)	21 (0,18%)
			Aeshnidae	2 (0,02%)			2 (0,02%)	4 (0,03%)
			Corduliidae			2 (0,02%)	1 (0,01%)	3 (0,03%)
			Coenagrionidae	9 (0,08%)	9 (0,08%)	14 (0,12%)	6 (0,05%)	38 (0,33%)
			Gomphidae	10 (0,09%)	11 (0,09%)	25 (0,22%)	19 (0,16%)	65 (0,56%)
			Perilestidae	12 (0,1%)	2 (0,02%)	2 (0,02%)	1 (0,01%)	17 (0,15%)
	Ordem Coleoptera	Ordem Coleoptera	Protoneuridae	22 (0,19%)	16 (0,14%)	10 (0,09%)	11 (0,09%)	59 (0,51%)
			Megapodagrionidae				1 (0,01%)	1 (0,01%)
			<i>Subtotal</i>					235 (0,203%)
Ordem Coleoptera	Ordem Coleoptera	Ordem Coleoptera	Gyrinidae	1 (0,01%)		2 (0,02%)	4 (0,03%)	7 (0,06%)
			Dytiscidae	1 (0,01%)	1 (0,01%)			2 (0,02%)
			Hydrophilidae	2 (0,02%)	4 (0,03%)		1 (0,01%)	7 (0,06%)
			Noteridae	41 (0,35%)	1 (0,01%)	2 (0,02%)	1 (0,01%)	45 (0,39%)
			Elmidae	57 (0,49%)	4 (0,03%)	268 (0,231%)	41 (0,35%)	370 (0,319%)
			Lutrochidae			3 (0,03%)	2 (0,02%)	5 (0,04%)
			Scirtidae				2 (0,02%)	2 (0,02%)
	Ordem Lepidoptera	Ordem Lepidoptera	Staphylinidae			2 (0,02%)	1 (0,01%)	3 (0,03%)
			NI 1	1 (0,01%)		1 (0,01%)		2 (0,02%)
			NI 2			2 (0,02%)		2 (0,02%)
Ordem Lepidoptera	Ordem Lepidoptera	Ordem Lepidoptera	NI 3	1 (0,01%)			1 (0,01%)	2 (0,02%)
			NI 4		2 (0,02%)			2 (0,02%)
			NI 5		2 (0,02%)	1 (0,01%)	1 (0,01%)	4 (0,03%)
			NI 6			1 (0,01%)		1 (0,01%)
			<i>Subtotal</i>					454 (0,391%)
			Corixidae	2 (0,02%)				2 (0,02%)
			Veliidae	5 (0,04%)				5 (0,04%)
	Ordem Lepidoptera	Ordem Lepidoptera	Pleidae			18 (0,16%)	0 (0,0%)	18 (0,16%)
			Naucoridae	6 (0,05%)		7 (0,06%)	1 (0,01%)	14 (0,12%)
			Mesovelidae	2 (0,02%)		1 (0,01%)	4 (0,03%)	7 (0,06%)
Filو Annelida	Filو Annelida	Filو Annelida	Belostomatidae	2 (0,02%)				2 (0,02%)
			NI	6 (0,05%)				6 (0,05%)
			<i>Subtotal</i>					54 (0,47%)
			Ordem Lepidoptera	5 (0,04%)		2 (0,02%)	1 (0,01%)	8 (0,07%)
			Classe Arachnida					
	Filو Nematoda	Filو Nematoda	Subclasse Acari	45 (0,39%)	9 (0,08%)	25 (0,22%)	38 (0,33%)	117 (0,101%)
			Classe Clitellata					2243 (19,34%)
			Subclasse Oligochaeta	708 (0,61%)	991 (0,54%)	41 (0,35%)	180 (0,155%)	1920 (16,55%)
			Subclasse Hirudinea	22 (0,19%)	180 (0,155%)	1 (0,01%)	120 (0,103%)	323 (0,278%)
			<i>Subtotal</i>	36 (0,31%)	15 (0,13%)	75 (0,65%)	89 (0,77%)	215 (0,185%)
Filو Mollusca	Filو Mollusca	Filو Mollusca	Classe Bivalvia	40 (0,34%)	94 (0,81%)	9 (0,08%)	7 (0,06%)	150 (0,129%)
			Planorbidae					39 (0,34%)
			Classe Gastropoda			1 (0,01%)		1 (0,01%)
			<i>Subtotal</i>					40 (0,34%)
			Total	3658 (31,54%)	2748 (23,69%)	2691 (23,2%)	2502 (21,57%)	11599 (100%)

254

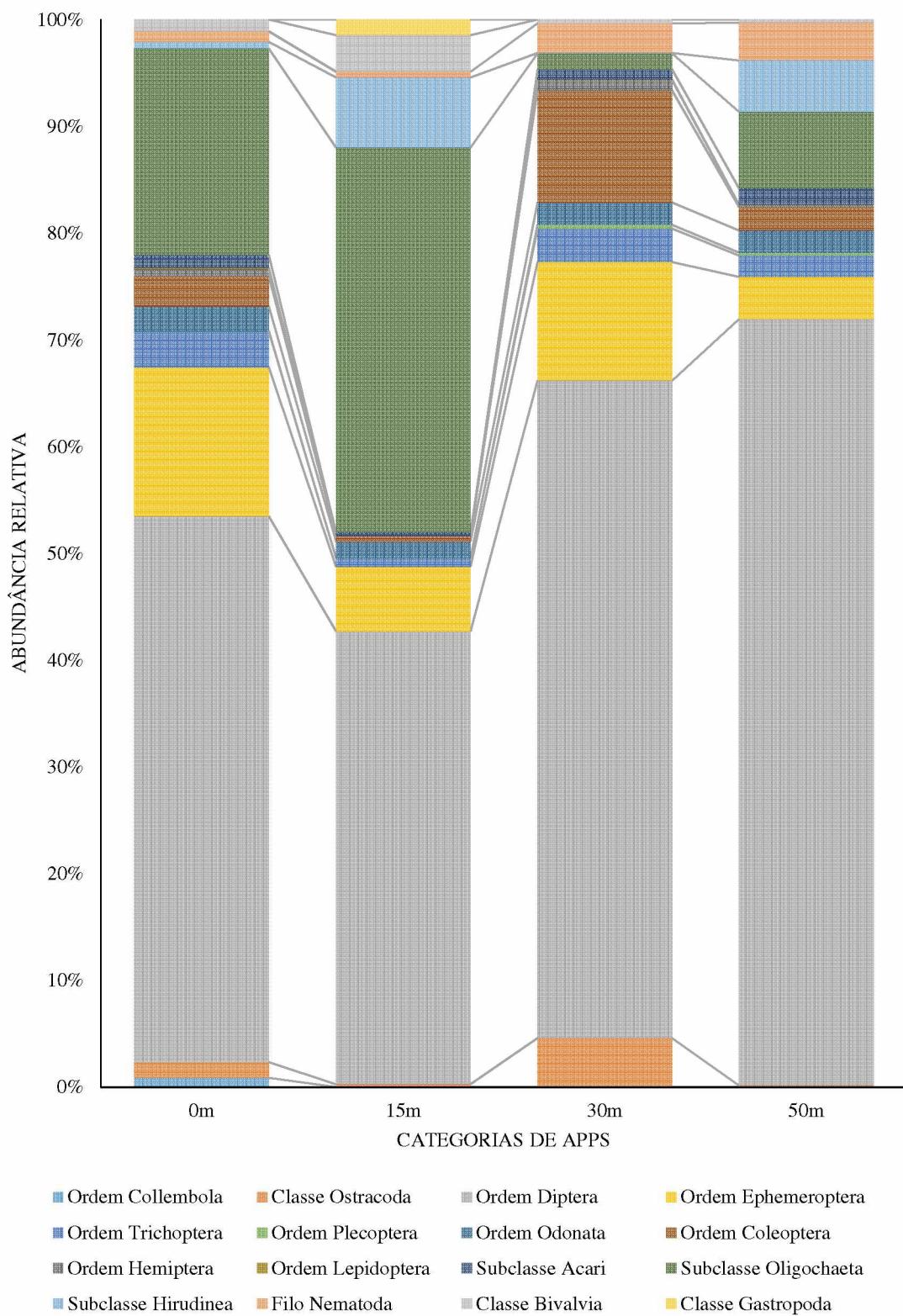
255 A comunidade de MB não variou entre as estações amostradas (ANOVA,  
256 riqueza  $F = 0,20$ ,  $p = 0,662$ ; riqueza EPT  $F = 0,52$ ,  $p = 0,479$ ; BMWP  $F = 0,31$ ,  $p =$   
257  $0,586$ ), e por isso as estações foram consideradas réplicas temporais. Em relação às  
258 categorias de APPs estudadas, os pontos sem vegetação apresentaram ao todo 3.658  
259 indivíduos, as amostras de vegetação com 15 metros totalizaram 2.748 indivíduos, as de  
260 30 metros 2.691 indivíduos e as categorias de 50 metros totalizaram 2.502 indivíduos. A  
261 abundância relativa de táxons nessas categorias variou bastante (Figura 7), com exceção  
262 à Ordem Odonata que teve cerca de 2% de representatividade em todas as categorias. A  
263 categoria sem vegetação foi a que apresentou a maior porcentagem da Ordem  
264 Collembola (quase 1%), e também das ordens Ephemeroptera (14%), Trichoptera (3%)  
265 e a subclasse Acari (1%). Além disso, a ordem Diptera representou cerca de 51% da  
266 distribuição total de táxons nesta categoria. A categoria de 15 metros foi a única que não  
267 apresentou ocorrência das ordens Plecoptera, Hemiptera e Lepidoptera. Porém, também  
268 foi exclusiva em registrar a classe Gastropoda (1%). Além disso, apresentou a maior  
269 abundância relativa da subclasse Oligochaeta (36%), seguida por Hirudinea (6%) e  
270 Bivalvia (3%) e a menor da ordem Trichoptera (0,08%), seguida por Coleoptera  
271 (0,05%) e o filo Nematoda (0,05%). A ordem Diptera totalizou cerca de 42% da  
272 abundância relativa de táxons nas faixas de vegetação com 15 metros. A categoria com  
273 30 metros apresentou a maior representatividade da classe Ostracoda (4%) e das ordens  
274 Coleoptera (10%) e Hemiptera (1%), e a menor da subclasse Oligochaeta (0,01%) e  
275 Hirudinea (apenas 1 indivíduo). A ordem Diptera totalizou cerca de 61% da abundância  
276 relativa de táxons nessa categoria. Já nas faixas de APPs com 50 metros de vegetação, a  
277 ordem Diptera apresentou a maior abundância relativa se comparada com as outras  
278 categorias, cerca de 71%, que também foi a maior da faixa. Essa categoria também teve

279 a maior representatividade do filo Nematoda (cerca de 3%) e a menor da classe  
280 Ostracoda (1%) e da ordem Ephemeroptera (3%).

281

282 **Figura 7.** Abundância relativa dos táxons nas categorias de APPs avaliadas na APA Rio  
283 Uberaba, Uberaba, Minas Gerais. Legenda: As linhas cinza delimitam a ocorrência de  
284 cada táxon na categoria de APP.

285



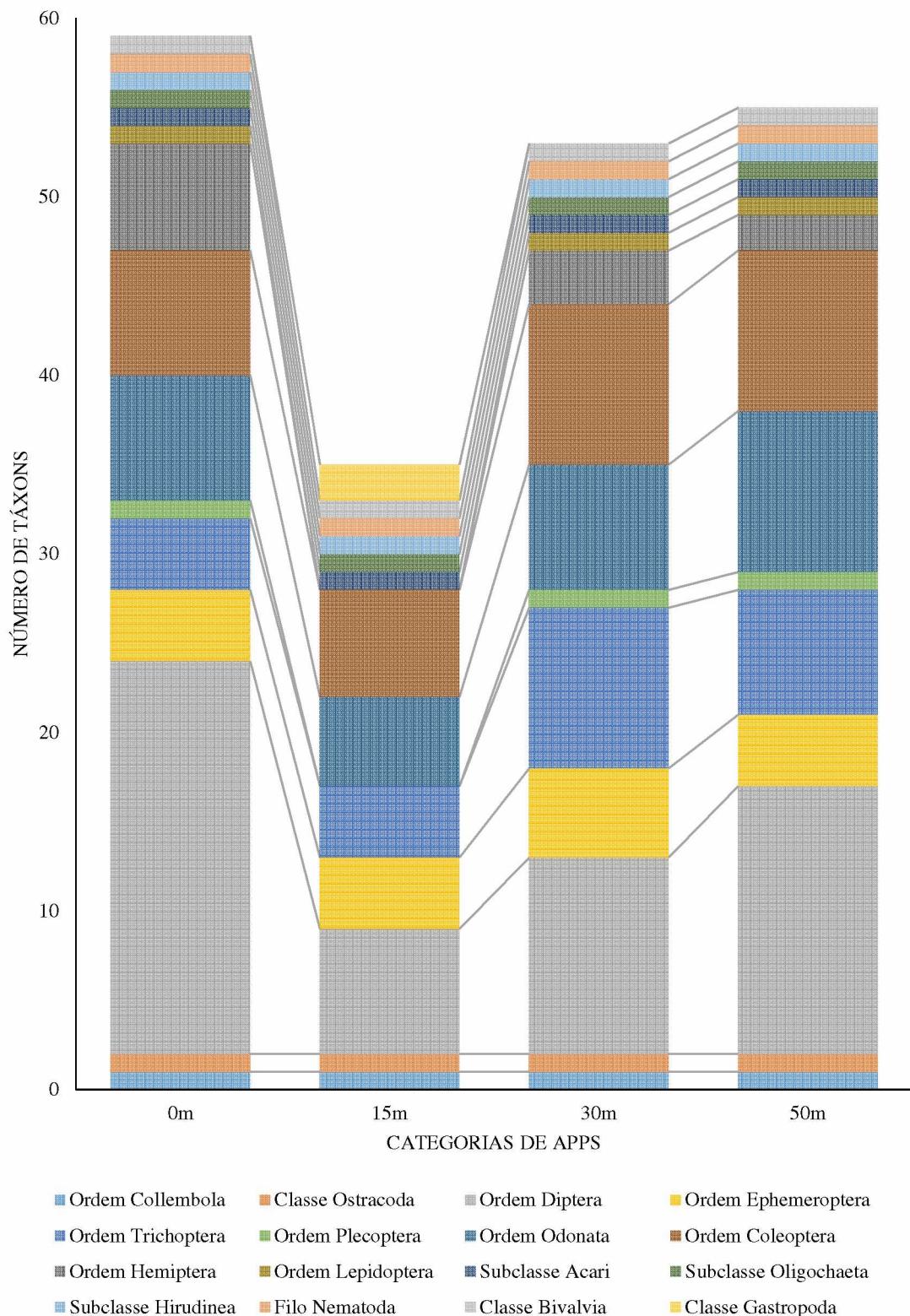
286  
287

288 Quanto à riqueza (expressa em UTOs), os pontos sem vegetação registraram o  
289 maior valor de riqueza, 59 UTOs, já as faixas de vegetação com 15 metros totalizaram o  
290 menor valor: 35 UTOs. As faixas de vegetação com 30 metros apresentaram 53 UTOs, e  
291 as com 50 metros totalizaram 55 UTOs.

A composição taxonômica nas categorias de APP apresentou grande variação (Figura 8), com exceção da ordem Collembola, classe Ostracoda, ordens Plecoptera e Lepidoptera, subclasses Acari, Oligochaeta, Hirudinea, filo Nematoda e classe Bivalvia, que são representados por apenas uma UTO, e por isso só variaram quanto à presença e ausência, e não em número. A faixa com ausência de vegetação teve os maiores registros das ordens Diptera (22 UTOs) e Hemiptera (9 UTOs). Como já dito anteriormente, a categoria de 15 metros não registrou as ordens Plecoptera, Hemiptera e Lepidoptera, entretanto foi exclusiva para a ocorrência da classe Gastropoda. Essa categoria também registrou a menor composição da ordem Diptera (7 UTOs), Odonata (5 UTOs), Coleoptera (6 UTOs) e, juntamente com a categoria sem APP, também apresentou menor valor da ordem Trichoptera (4 UTOs). Os pontos com 30 metros de vegetação obtiveram a maior riqueza de UTOs nas ordens Ephemeroptera (5 UTOs), Trichoptera (9 UTOs) e, juntamente com a categoria de 50 metros, o maior valor de Coleoptera (9 UTOs). Os pontos com 50 metros de APP também obtiveram o maior valor da ordem Odonata (9 UTOs).

307

308 **Figura 8.** Composição taxonômica da comunidade de macroinvertebrados bentônicos  
309 nas categorias de APPs avaliadas na APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.  
310 Legenda: As linhas cinza delimitam a ocorrência de cada táxon na categoria de APP.

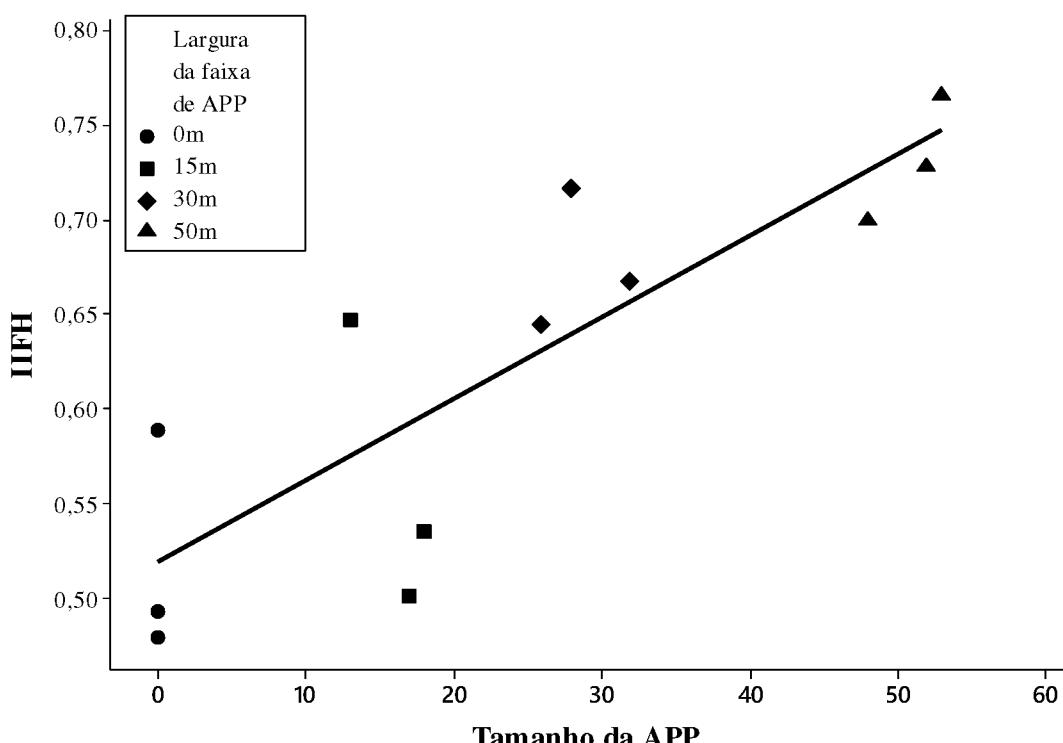


312           **3.2.Largura da vegetação na APP e IIFH**

313           As larguras da vegetação nas APPs foram significativamente e positivamente  
314           relacionadas com o IIFH (Figura 9) (RL;  $p < 0,001$ ;  $r^2 = 71,1\%$ ). Ou seja, as APPs com  
315           menores faixas de vegetação foram classificadas com habitat menos íntegros e as  
316           maiores com habitat mais íntegros. Se analisada por categorias, a APP sem vegetação  
317           apresentou IIFH médio de 0,53, seguido da faixa de vegetação de 15 metros, com IIFH  
318           médio de 0,56. A categoria de 30 metros obteve IIFH médio de 0,68 e, por fim, os  
319           pontos com 50 metros de vegetação apresentaram IIFH médio de 0,73.

320

321           **Figura 9.** Regressão linear entre o IIFH e a largura da vegetação nas faixas de APP  
322           avaliadas na APA Rio Uberaba. Equação da regressão:  $IIFH = 0,5191 +$   
323            $0,004311 * \text{Tamanho}$ .



324

325                   **3.3. Qualidade da água e composição do sedimento**

326                   **3.3.1. Análises categóricas das APPs**

327                   Em relação aos parâmetros físico-químicos da água, o pH, ORP e turbidez não  
328                   diferiram entre as categorias de APP avaliadas. O pH apresentou valores próximos à  
329                   neutralidade, sem indicações significativas de acidez ou basicidade. O ORP apresentou  
330                   valores abaixo de 200mV (pouco oxidante). Todos os valores de turbidez ficaram  
331                   abaixo de 100 NTU, valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005  
332                   para águas de classe 2 (podem ser destinadas à pesca amadora e à recreação de contato  
333                   secundário). Já a CE e os STD foram maiores nas categorias de 15 metros e menores  
334                   nas de 50 metros. Além disso, todas as variáveis citadas anteriormente não apresentaram  
335                   diferenças estatísticas entre as estações amostrais (Tabela 3). A temperatura não variou  
336                   entre as categorias de APPs, mas foi significativamente maior na estação chuvosa do  
337                   que na estação seca (KW,  $p < 0,001$ ; Tabela 3).

338                   Em relação à composição do sedimento amostrado no leito dos rios, a  
339                   granulometria dos sedimentos coletados em todos os pontos foi arenosa, independente  
340                   da faixa de APP e a estação do ano. O mesmo padrão foi encontrado para a MO, a qual  
341                   não variou entre as APPs e a estação do ano.

342

343 **Tabela 3.** Parâmetros físico-químicos da água e composição do sedimento ( $\bar{X} \pm DP$ ) nas categorias de APPs avaliadas na APA Rio Uberaba,  
 344 Uberaba, Minas Gerais. Legenda: Letras diferentes representam médias estatisticamente diferentes de acordo com o teste de Tukey. Temp. =  
 345 Temperatura (°C).

346

Parâmetros analisados		Categoria de APP			Teste e <i>p</i>	
<i>Água</i>		0m	15m	30m	50m	
pH		$7,51 \pm 0,34^a$	$7,50 \pm 0,22^a$	$7,55 \pm 0,20^a$	$6,63 \pm 0,80^a$	KW, H = 4,92, <i>p</i> = 0,178
ORP		$124,8 \pm 72,6^a$	$109,9 \pm 77,6^a$	$122 \pm 48,2^a$	$167,3 \pm 46,1^a$	ANOVA, F = 0,96, <i>p</i> = 0,432
CE		$59,8 \pm 23,9^{a,b}$	$113,2 \pm 43,9^a$	$89,5 \pm 28,5^{a,b}$	$40,5 \pm 61,5^b$	ANOVA, F = 3,52, <i>p</i> = 0,034
STD		$29,67 \pm 11,67^{a,b}$	$56,67 \pm 21,88^a$	$44,33 \pm 13,89^{a,b}$	$20 \pm 30,6^b$	ANOVA, F = 3,59 <i>p</i> = 0,032
Temp. (chuvisca)		$22,76 \pm 0,05^a$	$23,55 \pm 2,04^a$	$23,06 \pm 0,37^a$	$23,42 \pm 0,23^a$	KW, H = 3,62, <i>p</i> = 0,306
Temp. (seca)		$17,87 \pm 1,38^a$	$16,90 \pm 1,88^a$	$17,05 \pm 1,14^a$	$17,78 \pm 1,19^a$	KW, H = 1,05, <i>p</i> = 0,789
Turbidez		$7,57 \pm 2,79^a$	$10,37 \pm 4,73^a$	$10,68 \pm 5,68^a$	$5,39 \pm 2,31^a$	KW, H = 7,52, <i>p</i> = 0,057
<i>Sedimento</i>						
Granulometria		Arenosa			-	
MO		$1,32 \pm 1,09^a$	$0,55 \pm 0,16^a$	$0,47 \pm 0,45^a$	$0,52 \pm 0,47^a$	KW, H = 4,35, <i>p</i> = 0,226

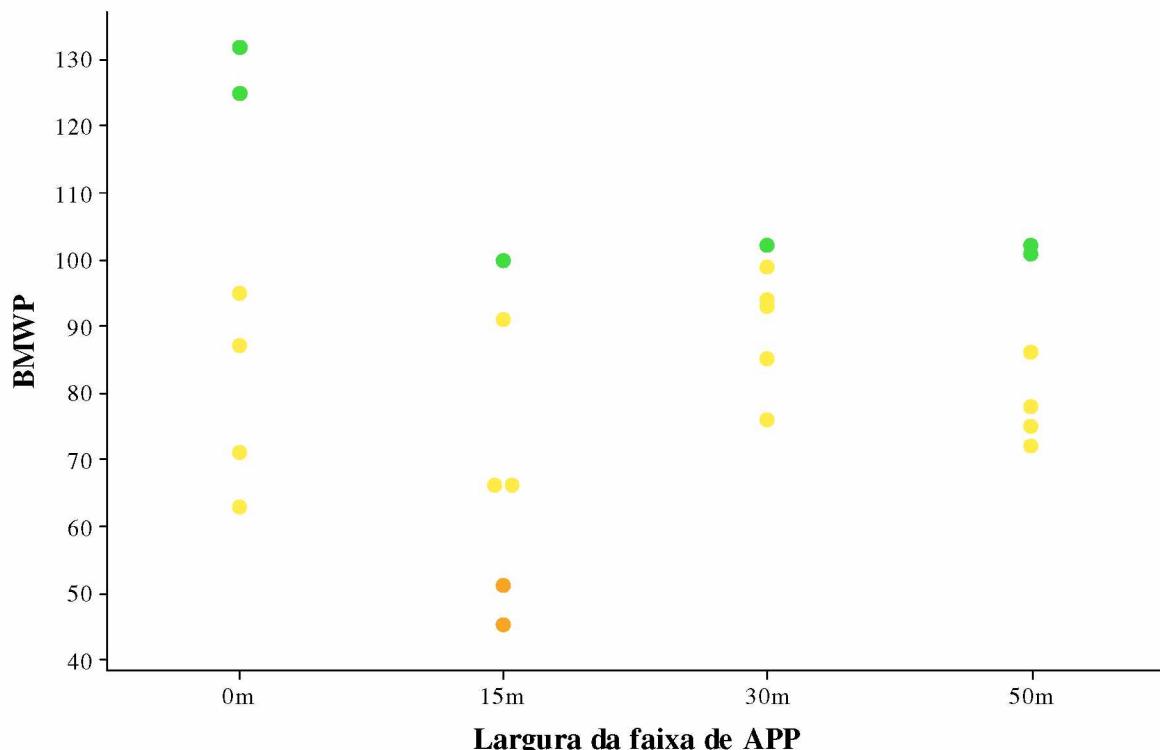
347

348 Usando uma análise descritiva e comparativa dos valores das pontuações,  
349 verificou-se que o BMWP também foi similar entre as categorias de APPs, com  
350 variações de satisfatória a boa, com exceção à categoria de 15 metros, que apresentou  
351 qualidade ruim (Figura 10).

352

353 **Figura 10.** Classificações da qualidade da água pelo BMWP nas categorias de APPs  
354 avaliadas na APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais. Legenda: laranja: qualidade  
355 ruim (20 – 59), amarelo: qualidade satisfatória (60 – 99); verde: qualidade boa (149 –  
356 100) (Ver Tabela 1).

357



358

359

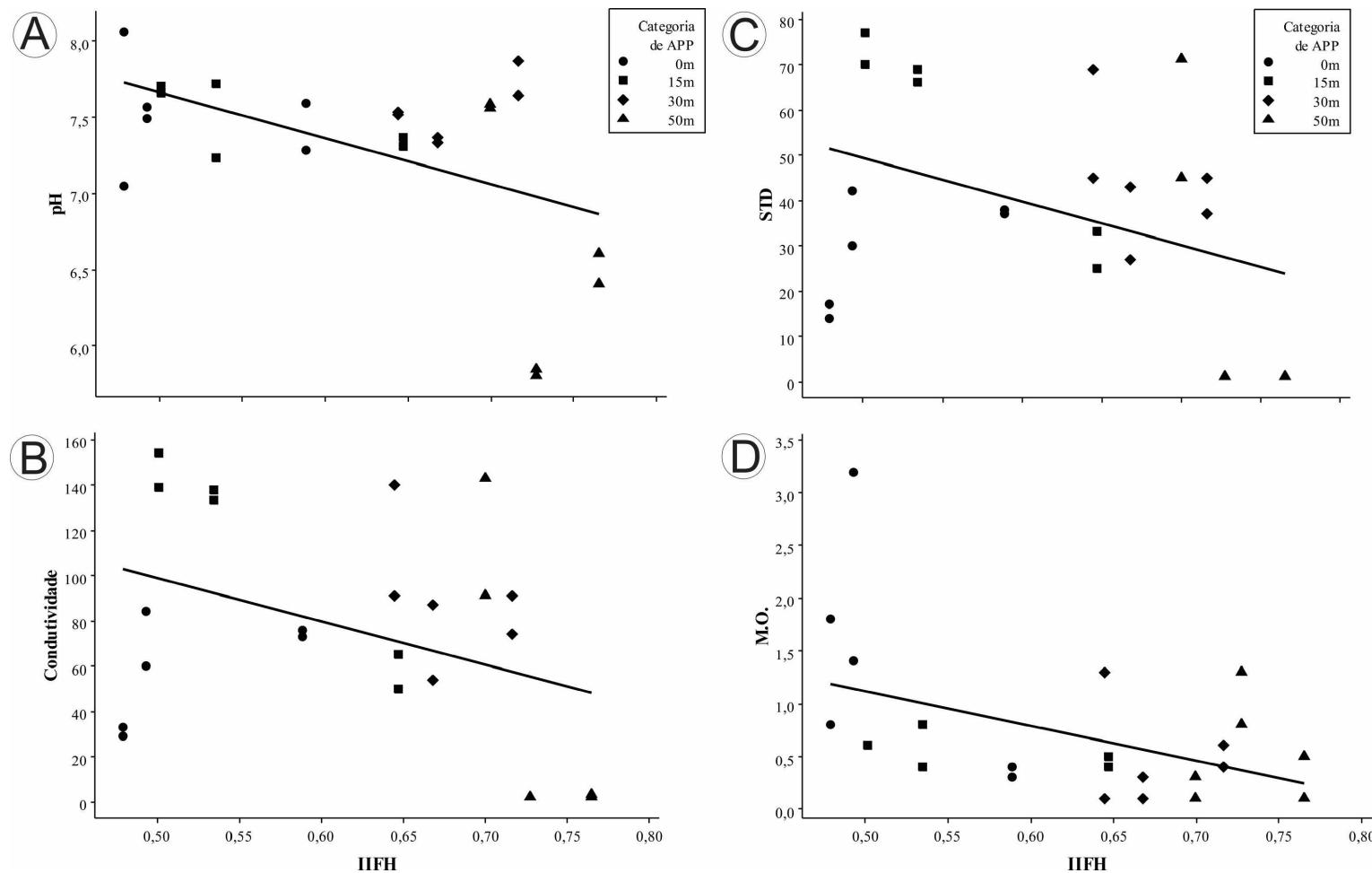
### 360 3.3.2. Relações das métricas com o IIFH

361 Ao analisar a relação entre os parâmetros físico-químicos da água e o IIFH, a CE  
362 (RL,  $p = 0,062$ ) e STD (RL,  $p = 0,058$ ) apresentaram a tendência de diminuírem em

363 ambientes mais íntegros (Figura 11B, C), mas ambas não foram significativas, apesar  
364 dos valores de  $p$  marginais. O pH (CS, Rho = -0,405,  $p$  = 0,049) foi negativamente  
365 correlacionado com IIFH (Figura 11A). Os demais parâmetros analisados (ORP,  
366 temperatura, BMWP e turbidez) não apresentaram nenhuma relação ou tendência com o  
367 IIFH. Sobre o sedimento, a MO também foi correlacionada negativamente com IIFH  
368 (CS, Rho = -0,447,  $p$  = 0,028), demonstrando que os habitats mais íntegros possuem  
369 menor quantidade de MO (Figura 11D).

370

371 **Figura 11.** Relações e correlações do IIFH, parâmetros físico-químicos da água e do sedimento nas categorias de APP avaliadas na APA Rio  
 372 Uberaba. A) pH ( $\text{Rho} = -0,405, p = 0,049$ ); B) CE ( $r^2 = 14,9\%, p = 0,062$ ); C) STD ( $r^2 = 15,4\%, p = 0,058$ ); D) MO ( $\text{Rho} = -0,447, p = 0,028$ ).



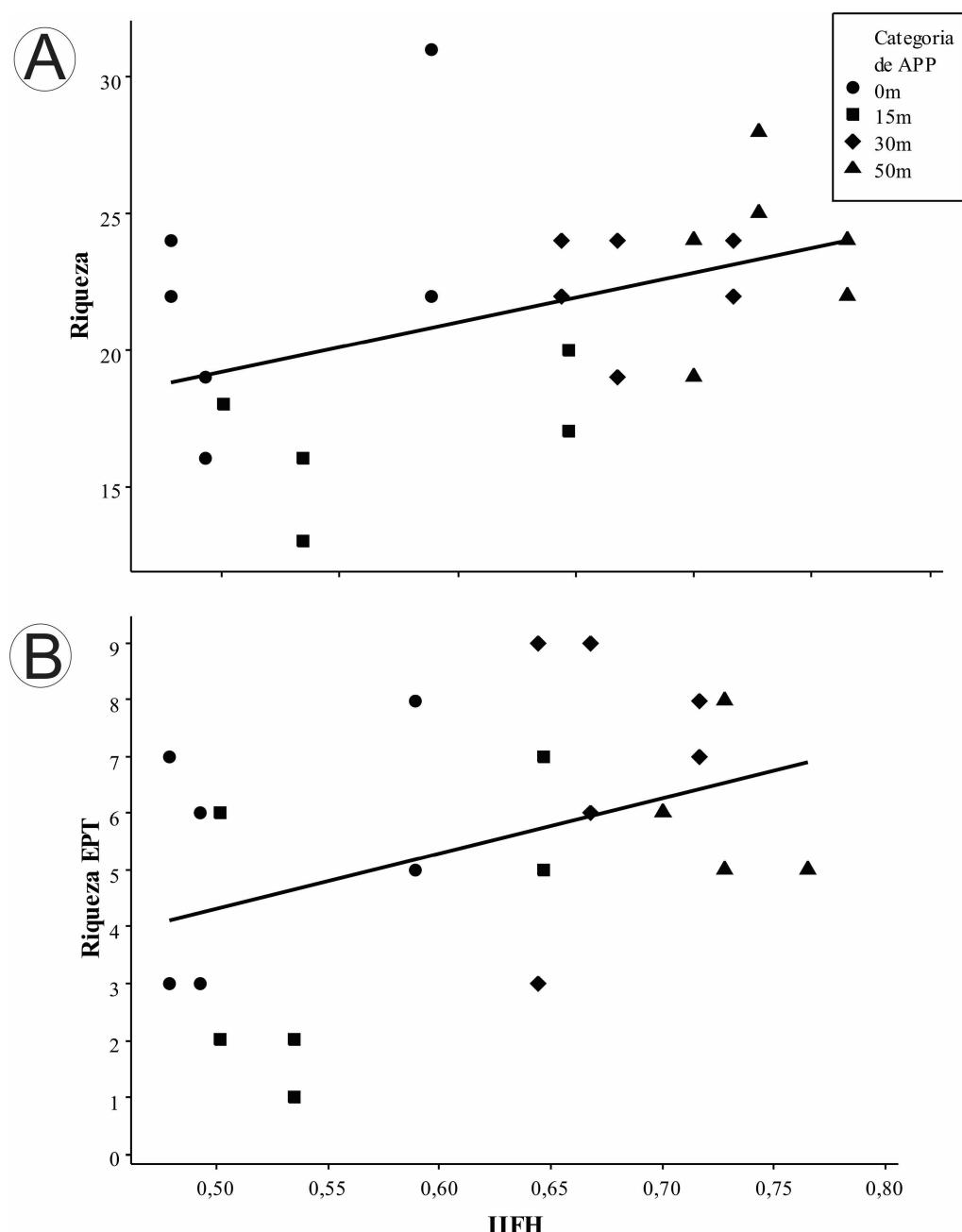
374 **3.4. Comunidade de MB e IIFH**

375 Entre as métricas utilizadas para avaliar a comunidade de MB na área de estudo,  
376 houve relação significativamente positiva entre o IIFH e a riqueza (RL,  $r^2 = 19,3\%$ ,  $p =$   
377 0,032) e entre o IIFH e a riqueza de EPT (RL,  $r^2 = 18,1\%$ ,  $p = 0,038$ ) (Figura 12). Já o  
378 BMWP não apresentou relação significativa com a integridade do habitat ( $p = 0,52$ ).

379

380 **Figura 12.** Relação significativa do IIFH com métricas da comunidade de  
381 macroinvertebrados bentônicos nas categorias de APP avaliadas na APA Rio Uberaba.  
382 A) riqueza:  $r^2= 19,3\%$ ,  $p=0,032$  (Equação da regressão: Riqueza=10,02+18,25\*IIFH);  
383 B) riqueza EPT:  $r^2= 18,1\%$ ,  $p=0,038$  (Equação da regressão: Riqueza EPT=-  
384 0,567+9,751\*IIFH).

385

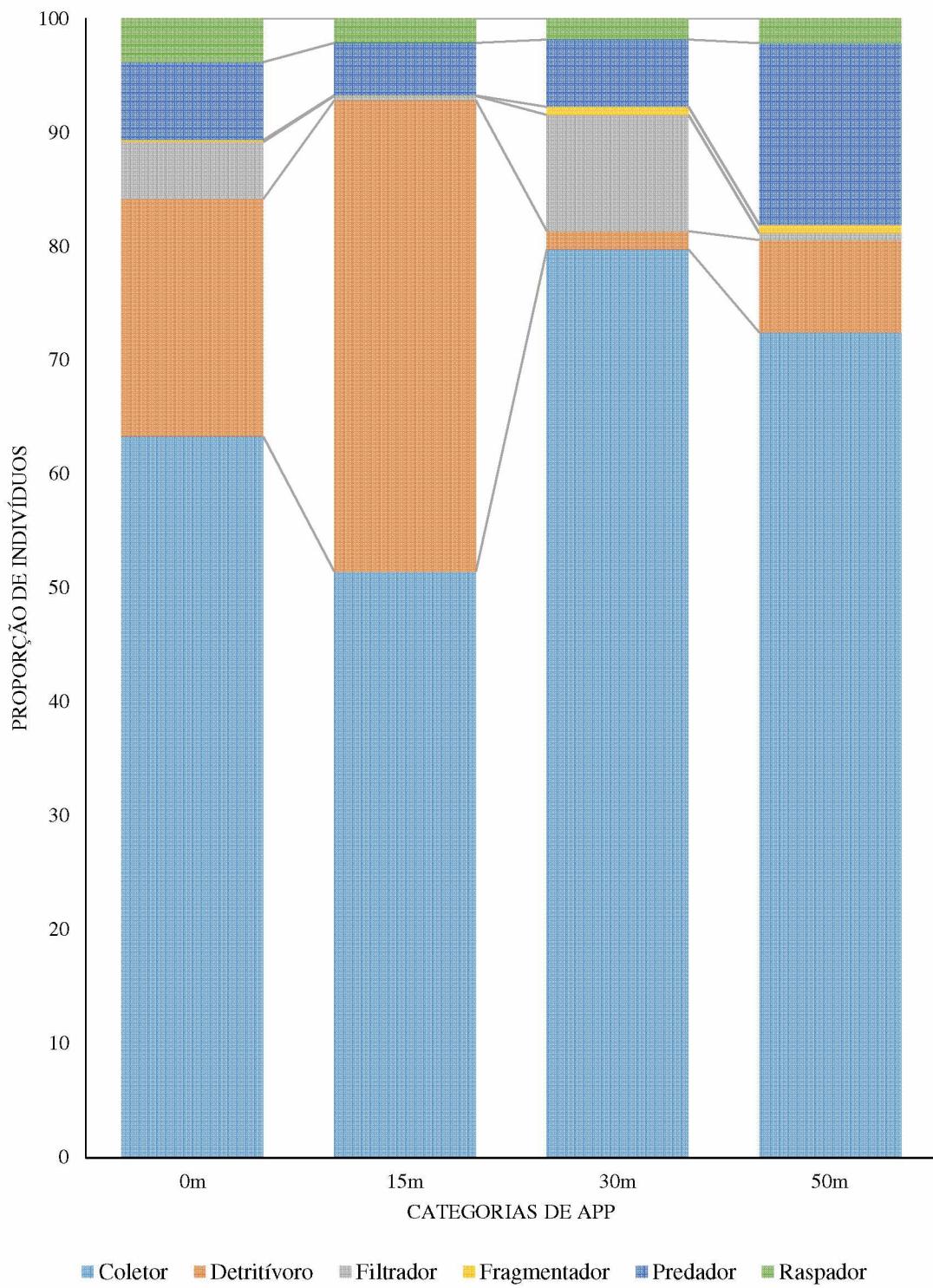


386

387



403 **Figura 13.** Proporção dos grupos funcionais de macroinvertebrados bentônicos  
404 encontrados nas categorias de APP avaliadas na APA Rio Uberaba. Legenda: As linhas  
405 cinzas indicam o limite de cada GFA na categoria de APP.



406

407       **4. Discussões**

408       A composição taxonômica geral da comunidade de MB aferida na APA Rio  
409       Uberaba foi de acordo com o esperado na literatura, pois apresentou grande  
410       representatividade de Arthropoda, Insecta e Diptera. Esses táxons são comumente  
411       citados como representantes da comunidade lótica bentônica (Ribeiro; Uieda, 2005;  
412       Santos et al., 2016), especialmente Diptera, que ocorre em altas abundâncias e riqueza  
413       (Uieda; Gajardo, 1996). Foi possível verificar que a abundância relativa e a riqueza de  
414       UTOs dos Diptera foram as mais representativas entre todas as categorias de APP, em  
415       conformidade com o descrito na literatura. A ordem Diptera é muito diversificada e,  
416       entre seus representantes, a família Chironomidae tem muita importância dentre os  
417       MB, pois além de diversa, ocorre com abundância e está presente na maioria dos  
418       ecossistemas aquáticos (Esteves, 1988; Mugnai et al., 2010; Epler, 2001). Dentre os seis  
419       GFA descritos por Merritt et al. (2014), apenas os Sugadores não foram encontrados,  
420       pois são mais raros e presentes em menor número nos ecossistemas aquáticos.

421       As ordens Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera, considerados bons  
422       bioindicadores, de maneira geral, apresentaram altos valores de riqueza e composição nas  
423       faixas com 30 metros e 50 metros de vegetação, valores intermediários nos pontos sem  
424       vegetação ripária e baixos valores nas categorias de APP com 15 metros. Esse fato por  
425       estar relacionado à sensibilidade dessas ordens às alterações ambientais (Callisto et al.,  
426       2001), analisadas neste capítulo pela integridade do ambiente (IIFH). A integridade do  
427       ambiente nas categorias com 15 metros de vegetação foi bem próxima à integridade do  
428       ambiente nas APPs sem vegetação, o que não foi previsto pela hipótese deste estudo.  
429       Isto pode ter ocorrido porque a maioria dos pontos amostrais sem vegetação  
430       apresentavam a ocorrência de macrófitas aquáticas, o que ocasionou em aumentos no  
431       IIFH para esta categoria. Ou seja, a alta ocorrência de macrófitas nos pontos sem

432 vegetação ripária parece ter atuado como um fator mitigador da própria ausência da  
433 vegetação na APP. Consequentemente, isto contribuiu para que a categoria sem  
434 vegetação apresentasse, por exemplo, abundância relativa e composição de EPTs  
435 maiores que o esperado, e até superior que a categoria de 15 metros. De acordo com  
436 Agostinho et al. (2003), as macrófitas aquáticas têm importante papel na estruturação de  
437 ecossistemas aquáticos, principalmente por proporcionar aumento da heterogeneidade  
438 ambiental, fato que Cremona et al. (2008) constata ser muito importante para o aumento  
439 da biodiversidade local. Pode ser por isso que a categoria com faixa sem vegetação  
440 ripária apresentou abundância relativa e composição de outros táxons similares às  
441 categorias com maiores faixas de APP. A subclasse Oligochaeta, considerada tolerante  
442 às alterações ambientais, apresentou maior representatividade na categoria de 15 metros  
443 de APP. Esse fato também está relacionado com a alta presença do GFA Detritívoros  
444 nessa categoria, pois os Oligochaeta são organismos detritívoros, que se alimentam de  
445 matéria orgânica depositada no sedimento, favorecendo sua adaptação aos mais diversos  
446 ambientes (Goulart; Callisto, 2003). As categorias com menores tamanhos de vegetação  
447 também apresentaram pouco ou nenhum representante da ordem Plecoptera, táxon  
448 considerado um importante indicador da qualidade ambiental (Mazzoni et al., 2014).  
449 Assim como com os Plecoptera (organismos predadores), essas categorias de APP  
450 apresentaram baixa ocorrência do GFA predador, ao contrário do ocorrido nas  
451 categorias com maiores vegetação.

452 Os tamanhos da vegetação ripária nas APPs foram fortemente relacionados com  
453 a integridade física dos habitats. Ou seja, APPs com vegetações reduzidas tendem a  
454 possuir ambiente menos íntegro, assim como maiores extensões de vegetação na APP  
455 proporcionam habitats mais íntegros. Alguns trabalhos indicam que cursos d'água com

456 degradação na integridade ambiental estão relacionados ao uso do solo e a ausência de  
457 vegetação ripária (Ferreira et al., 2017; Santos et al., 2016; Flynn, 2011; Felizola, 2005).

458 Apesar deste capítulo ter apresentado situações em que a integridade de um  
459 ambiente sem vegetação ripária pode ser similar ou próxima à integridade de ambientes  
460 com vegetação ripária, devido à presença de macrófitas aquáticas, essa situação é  
461 prevista e pontuada no IIFH. Por isso é importante avaliar os pontos de coleta de acordo  
462 com sua integridade física, pois o índice considera diversos fatores que podem  
463 influenciar as comunidades aquáticas, e não só a vegetação ripária nas APPs. Assim,  
464 diferentemente do previsto pela hipótese deste capítulo, as categorias de APP com  
465 tamanhos menores de vegetação não apresentaram qualidade da água inferior às  
466 categorias com tamanhos maiores. A qualidade da água foi similar e classificada como  
467 boa em todos os pontos, tanto pelos parâmetros físico-químicos como pelo BMWP. Em  
468 relação às análises físico-químicas, o pH se manteve dentro da faixa adequada para a  
469 proteção da vida aquática, entre 6 e 9 (CETESB, 2009). O ORP obteve valores abaixo  
470 de 200mV, indicando que a água é pouco oxidante em todas as categorias, que de  
471 acordo com Fiorucci e Benedetti Filho (2005) esse valor indica condições de rios não  
472 poluídos. A CE e o STD variou entre as faixas de APP, sendo que 15 metros apresentou  
473 a maior média e 50 metros a menor. A faixa de 15 metros registrou média de CE  
474 superior à 100  $\mu$ S/cm, que de acordo com a (CETESB, 2009), esse valor indica  
475 ambientes impactados. Porém, a CE está relacionada com a quantidade de STD, que  
476 aumenta à medida que mais STD são adicionados a água. Como a quantidade de STD  
477 foi inferior ao valor máximo estabelecido pela Conama 20/86, de 500 mg/L, a variação  
478 na condutividade pode estar relacionada a chuvas próximas ao período da coleta. A  
479 temperatura e a turbidez não apresentaram variações significativas que poderiam  
480 interferir na qualidade da água e na preservação das comunidades aquáticas. Por fim, a

481 qualidade da água ser satisfatória/boa, mesmo em pontos com baixa ou ausência de  
482 vegetação, pode estar relacionado à região de estudo, que está inserida em uma unidade  
483 de conservação, a APA Rio Uberaba (Área de Proteção Ambiental).

484 De fato, considerando a relação entre o IIFH, os parâmetros físico-químicos da  
485 água e do sedimento, os resultados demonstraram que o pH apresentou uma forte  
486 tendência com IIFH, uma vez que seu valor diminui à medida que a integridade do  
487 ambiente aumentava, de tal modo a ser favorável à conservação das espécies aquáticas  
488 (CETESB, 2009). A MO do sedimento também foi correlacionada negativamente com  
489 índice, ou seja, os ambientes mais íntegros apresentaram menor quantidade de MO.  
490 Baixas concentrações de MO estão relacionadas a fontes autóctones, e altas  
491 concentrações possivelmente estão relacionadas a fontes alóctones (CETESB, 2009).  
492 Possivelmente neste trabalho essa constatação está relacionada com a forte presença de  
493 gado na região, que em faixas de APP com baixa ou ausência de vegetação, possibilitam  
494 um acesso facilitado de animais ao curso d'água, contribuindo para o aumento da MO  
495 presente no sedimento, principalmente devido às suas excretas.

496 Dentre as métricas utilizadas para analisar a comunidade de MB, a riqueza e a  
497 riqueza de EPT apresentaram relação significativa com o IIFH, de modo que as áreas  
498 mais íntegras obtiveram maiores valores para tais métricas, como foi previsto pela  
499 hipótese do trabalho. Ambientes com boa integridade ambiental fornecem habitats e  
500 substratos para as comunidades aquáticas, contribuindo para sua preservação. Trabalhos  
501 indicam que ambientes mais conservados possuem comunidades de MB mais ricas e  
502 diversas (Silva, 2014; Santos et al., 2016; Souza; Simião-Ferreira, 2015; Flynn, 2011).  
503 De acordo com Felizola (2005), áreas não íntegras com desmatamento da vegetação  
504 marginal, possuem forte assoreamento e sedimentação dos sistemas aquáticos,  
505 diminuindo a riqueza da comunidade bentônica.

506        **5. Conclusões**

507        Esse capítulo indicou a importância da presença da vegetação ripária nas APPs,  
508        principalmente em altas densidades (30 e 50 metros), que mantem o ambiente mais  
509        íntegro, ocasionando na comunidade de MB preservada e mais rica. A unidade de  
510        conservação também demonstrou importante papel em manter a qualidade da água em  
511        condições favoráveis à proteção da vida aquática. A avaliação dos ambientes por meio  
512        de índices tem grande relevância em obter resultados abrangentes, como no caso do  
513        IIFH, que considera diversas características no ambiente e não apenas a vegetação  
514        ripária. Desta maneira, fica evidente a importância da discussão sobre o atual Código  
515        florestal brasileiro (Lei 12.651/2012), principalmente sobre medidas que regulamentem  
516        as vegetações ripárias das APPs, instituindo o tamanho legal que deve estar presente (30  
517        metros), bem como, a sua preservação, a fim de evitar por exemplo, a presença de gado  
518        nessas áreas. Pois os resultados indicaram que, quando presente, a vegetação ripária  
519        normatizada pelo Código florestal brasileiro (30 metros) é capaz de manter o ambiente  
520        íntegro e conservar as comunidades de MB.

521

522        **6. Referências**

523

524        AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; JULIO JR., H. F. 2003. **Relações entre**  
525        **macrófitas e fauna de peixes.** In: S. M., THOMAZ & L. M., BINI, (Orgs).  
526        Ecologia e manejo de macrofitas aquáticas. Maringá: EDUEM. p. 261-29.

527        ALLAN, J.D. 2004. Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on  
528        Stream Ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v.  
529        35 (1), p.:257–284.

530        BEGHELLI, F.G.S.; CARVALHO, M.E.K.; PECHE FILHO, A.; MACHADO, F.H.;  
531        MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPÊO, M.L.M.; RIBEIRO, A.I.; MEDEIROS,  
532        G.A. 2014. Uso do índice de estado trófico e análise rápida da comunidade de  
533        macroinvertebrados como indicadores da qualidade ambiental das águas na Bacia  
534        do Rio Jundiaí-Mirim - SP - BR. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, v.19 (1), p.: 13-  
535        22.

536        BELTRÃO, G.B.M.; MEDEIROS, E.S.F.; RAMOS, R.T.C. 2009. Effects of riparian  
537        vegetation on the structure of the marginal aquatic habitat and the associated fish  
538        assemblage in a tropical Brazilian reservoir. **Biota Neotrop.**, v.9 (4), p. 37-43.

539        BLEVINS, Z.W.; EFFERT, E.L., WAHL, D.H.; SUSKI, C.D. 2013. Land use drives  
540        the physiological properties of a stream fish. **Ecological Indicators**, v. 24, p.:224–  
541        235.

542        BONADA, N.; PRAT, N.; RESH, V. H. & STATZNER, B. 2006. Developments in  
543        aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent  
544        approaches. **Annual Review of Entomology**. 51:495-523.

545 BOYS, C.A.; THOMS, M.C. 2006. A large-scale, hierarchical approach for assessing  
546 habitat associations of fish assemblages in large dryland rivers. **Hydrobiologia**, v.  
547 572 (1), p.:11-31.

548 BRASIL. 2012. **Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Novo Código  
549 Florestal Brasileiro. Brasília, 2012.

550 CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. 2001. Macroinvertebrados como  
551 ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos**  
552 **Hídricos**, v.6, p.: 71-82.

553 CARVALHO, P. G. S. 1991. As veredas e sua importância no domínio dos cerrados.  
554 Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 15, n. 168, p. 54-56,

555 CETESB -Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2009. **Qualidade das**  
556 **Águas Interiores no Estado de São Paulo. Série Relatórios.** Apêndice A -  
557 Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos  
558 Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem.

559 CONAMA. 1986. **Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986.** Estabelece a  
560 classificação de águas doces, salobras e salinas. Brasília.

561 CONAMA. 2002. **Resolução nº 303, de 20 de março de 2002.** Dispõe sobre  
562 parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília.

563 CONAMA. 2005. **Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005.** Conselho  
564 Nacional de Meio Ambiente. Disponível em:  
565 <[www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf)>. Acesso em: 3 fevereiro.  
566 2017.

567 CREMONA, F.; PLANAS, D.; LUCOTTE, M. 2008. Biomass and composition of  
568 macroinvertebrate communities associated with different types of macrophyte

569 architectures and habitats in a large Auvial lake. **Fundamental and Applied**  
570 **Limnology**, v. 2 (11), p.: 119-130.

571 CUMMINS, K.W. 1973. Trophic relations of aquatic insects. **Annual Review of**  
572 **Entomology**, v.18, p.:183-206.

573 CUMMINS, K.W. 1974. Structure and function of stream ecosystems. **BioScience**,  
574 v.24, p.; 631-641.

575 CUMMINS, K.W.; KLUG, M.J. 1979. Feeding ecology of stream invertebrates.  
576 **Annual Review of Ecological Systems**, v.10, p.: 147-172.

577 DANGER, A.R.; ROBSON, B. J. 2004. The effects of land use on leaf-litter  
578 processing by macroinvertebrates in an Australian temperate coastal stream.  
579 **Aquatic Sciences**, v.66 (3), p.: 296–304.

580 EPLER, J.H. 2001. **Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of**  
581 **North and South Carolina: A guide to the taxonomy of the midges of the**  
582 **southeastern United States, including Florida**. Dept. of Environment and  
583 Natural Resources, Raleigh, NC, and St. Johns River Water Management  
584 District, Palatka, FL. 526 pp.

585 ESTEVES, F. A. 1988. **Fundamentos em limnologia**. 2<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro:  
586 Interciênciia Ltda.

587 FELIZOLA, E.R. 2005. **Avaliação do processo de fragmentação de áreas naturais**  
588 **de cerrado para proposição de um corredor ecológico no Distrito Federal**.  
589 Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 73 p.

590 FERREIRA, P.V.N.; RUIZ, M.V.S.; AGUIAR, C.M.A. 2017. Influência do uso e  
591 ocupação do solo na qualidade ambiental do Córrego Lagoinha, em Uberlândia  
592 (MG). **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v.13 (1).

593 FIORUCCI, A.R.; BENEDETTI FILHO, E. 2005. A importância do oxigênio  
594 dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química e sociedade**, n 22.

595 FLYNN, M.N.; LOURO, M.P.; SILVA, L.C.M.; ROSSI, M.V. 2011. Indicadores de  
596 qualidade da água e biodiversidade do Rio Jaguari-Mirim no trecho entre as  
597 pequenas centrais hidrelétricas de São José e São Joaquim, São João da Boa Vista,  
598 São Paulo. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e**  
599 **Sociedade**, v. 4 (2), p.: 19-35.

600 FROEHLICH, C.G. (org.). 2007. *In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos*  
601 **Aquáticos do Estado de São Paulo.** Disponível em:  
602 <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>. Acesso 18 de janeiro de 2017.

603 GOULART, M.; CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como  
604 ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, no 1.

605 HCP - HABITAT CONSERVATION PLAN. 2009. **Compiled white papers for**  
606 **hydraulic project habitat conservation plan approval habitat conservation**  
607 **plan (Hcp).** Washington department of fish & wildlife. Washington: WDFW  
608 Publications, p.:7-170. Disponível em:  
609 <[http://wdfw.wa.gov/publications/00803/7\\_riparian\\_vegetation\\_and\\_lwd\\_2009-03-25.pdf](http://wdfw.wa.gov/publications/00803/7_riparian_vegetation_and_lwd_2009-03-25.pdf)>. Acesso em: 24 mar. 2014.

611 KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde.** Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.  
612 Wall-map 150cmx200cm.

613 KUHLMANN, M.L.; JOHNSCHER-FORNASARO, G.; OGURA, L.L.; IMBIMBO,  
614 H.R.V. 2012. Protocolo para o biomonitoramento com as comunidades bentônicas  
615 de rios e reservatórios do estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 113p.

616 LORENZI, H. 2002. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de**  
617 **plantas arbóreas nativas do Brasil.** São Paulo: Instituto Plantarum.

618 MARGALEF, R. 1983. **Limnología**. Ediciones Omega, Barcelona, Espanha.

619 MAURO, M.L.; CASTRO, K.J.S.X.; CAMPOS, I.C.; RODRIGUES, N.U.A.;  
620 VALERA, C.A. 2015. Desafios na delimitação do zoneamento da área de  
621 proteção ambiental do rio Uberaba (Uberaba/MG). **I Simpósio Internacional de**  
622 **Águas, Solos e Geotecnologias –SASGEO**.

623 MAZZONI, A.C.; LANZER, R.; SCHAFER, A. 2014. Tolerance of benthic  
624 macroinvertebrates to organic enrichment in highland streams of northeastern Rio  
625 Grande do Sul, Brazil. **Acta Limnol. Bras**, v. 26 (2).

626 MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. (eds). 2006. **An introduction to the aquatic**  
627 **insects o f North America**, 3rd edition. Iowa, Kendall Hunt Publishing.

628 MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W.; BERG, M.B. (eds). 2008. **An introduction to**  
629 **the aquatic insects of North America**, 4th edition. Iowa, Kendall Hunt  
630 Publishing.

631 MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W.; CAMPBELL, E.Y. 2014. **Uma Abordagem**  
632 **Funcional Para a Caracterização de Riachos Brasileiros**. In N. Hamada, J. L.  
633 Nessimian, R. B. Querino (Orgs). Insetos aquáticos na Amazônia brasileira:  
634 taxonomia, biologia e ecologia. Manaus - AM, Brasil, Editora do Instituto  
635 Nactional de Pesquisas da Amazonia, p. 69-87.

636 MONTEIRO, T.R.; OLIVEIRA, L.G.; SPACEK GODOY, B.S. 2008.  
637 Biomonitoramento da qualidade de água utilizando macroinvertebrados  
638 bentônicos: adaptação do índice biótico BMWP' à bacia do rio Meia Ponte-GO.  
639 **Oecologia Brasiliensis**, v.12 (3), p. 553-563.

640 MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. 2010. **Manual de identificação**  
641 **de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio deJaneiro:  
642 Technical Books, 176p.

643 NAIMAN, R.J.; DÉCamps, H.; MCCLAIN, M.E. 2005. **Riparia: Ecology,**  
644 **Conservation, and Management of Streamside Communities.** 1st edition, p.  
645 448). Academic Press.

646 NESSIMIAN, J.L.; VENTICINQUE, E.; ZUANON, J.; DE MARCO, P.JR.; GORDO,  
647 M.; FIDELIS, L.; BATISTA, J.D.; JUEN, L. 2008. Land use, habitat integrity,  
648 and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. **Hydrobiologia**,  
649 v.614, p. 117-131.

650 PALHIARINI, W.S.; PAGOTTO, J.P.A. 2015. A importância da vegetação ripária  
651 para ambientes aquáticos continentais. **SaBios: Rev. Saúde e Biol.**, v.10 (2),  
652 p.:66-74.

653 PLANO DE MANEJO EMERGENCIAL 2012. **Plano De Manejo Emergencial da**  
654 **APA Do Rio Uberaba.** Prefeitura Municipal de Uberaba. Secretaria Municipal de  
655 Meio Ambiente. Uberaba, Minas Gerais.

656 PUSEY, B.J.; ARTHINGTON, A.H. 2003. Importance of the riparian zone to the  
657 conservation and management of freshwater fish: a review. **Mar. Freshwater**  
658 **Res.**, v. 54 (1), p.1-16.

659 RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L.; SILVA, J.C.S. 2001. **Cerrado: caracterização e**  
660 **recuperação de matas de galeria.** Embrapa Cerrados, Brasília, DF.

661 RIBEIRO, L.O.; UIEDA, 2005. V.S. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados  
662 bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Rev. Bras. Zool.**,  
663 v.22 (3).

664 RICHARDS, C.; HARO, R.J.; JOHNSON, B.L.; HOST, G.E. 1997. Catchment and  
665 reach-scale properties as indicators of macroinvertebrate species traits. **Freshwat.**  
666 **Biol.**, v. 37 (1), p.:219-230.

667 ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. 1993. **Freshwater biomonitoring and benthic**  
668 **macroinvertebrates**. Nova York, Chapman & Chill.

669 SANTOS, L. B.; CORREIA, D. L. S.; SANTOS, J. C. 2016. Macroinvertebrados  
670 bentônicos como bioindicadores do impacto urbano. **Journal of Environmental**  
671 **Analysis and Progress**, v.1 (1), p. 34-42.

672 SCARSBROOK, M.R.; HALLIDAY, J. 1999. Transition from pasture to native forest  
673 land - use along stream continua: Effects on stream ecosystems and implications  
674 for restoration. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**,  
675 v.33 (2), p.:293–310.

676 SEGURA, M.O.; VALENTE-NETO, F.;FONSECA-GESSNER, A. 2011. A Family  
677 level key to aquatic Coleoptera (Insecta) of São Paulo State, Brazil. **Biota**  
678 **Neotrop**, v. 11 (1).

679 SEMEA. Secretaria de Meio Ambiente de Uberaba. 2004. **Diagnóstico Ambiental**  
680 **APA – Rio Uberaba**. Uberaba, Brasil.

681 SILVA, L.R.G. 2014. Macroinvertebrados como bioindicadores da qualidade da água  
682 nos pontos de captação para o abastecimento urbano no município de Ouro Fino –  
683 MG. **Revista Agrogeoambiental**, v. 6 (3), p.: 83-91.

684 SILVEIRA, M.P.; QUEIROZ, J.F.; BOEIRA, R.C. 2004. Protocolo de Coleta  
685 Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos.  
686 Jaguariúna: EMPRAPA, 7 pp. (Comunicado Técnico 19).

687 SOUZA, M.C.; SIMIÃO-FERREIRA, J. 2015. Influência de fatores ambientais sobre  
688 as comunidades de macroinvertebrados aquáticos em lagoas de inundação do rio  
689 Araguaia. **Anais do II Congresso de ensino, pesquisa e extensão da UEG**.

690 TATE, C. M. & HEINY, J. S., 1995, The ordination of benthic invertebrate  
691 communities in the South Platte River Basin in relation to environmental factors.  
692 **Freshwater Biology**, 33: 439-454.  
693 UIEDA, V.S.; GAJARDO, I.C.S.M. 1996. Macroinvertebrados perifíticos encontrados  
694 em poções e corredeiras de um riacho. **Naturalia**, v. 21, p.: 31-47.  
695 ZAMORA-MUÑOZ, C.; SAINZ-CANTERO, C.E.; SANCHEZ-ORTEGA, A.;  
696 ALBA-TERCEDOR, J. 1995. Are bioiogical indices BMPW and aspt and their  
697 significance regarding water quality seasonally dependent? Factors explaining  
698 their. **War. Res.**, 29(1),p.: 285-290  
699 .

700 **Capítulo 2**

701

702 **COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS E ÍNDICE DE**  
703 **INTEGRIDADE FÍSICA DO HABITAT EM LAGOAS REPRESADAS DE**  
704 **VEREDAS SOB INFLUÊNCIA DE SILVICULTURA**

705

706 **Resumo**

707 Grande parte das áreas nativas do Cerrado estão sendo substituídas por  
708 atividades antrópicas, tais como a silvicultura. Muito se discute sobre os impactos  
709 ambientais positivos ou negativos desta prática, mas pouco se fala sobre os seus efeitos  
710 na qualidade da água e nas comunidades aquáticas. Assim, o objetivo geral desta  
711 pesquisa foi avaliar como a integridade física do habitat em veredas represadas  
712 influencia a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em uma área de silvicultura.  
713 Este estudo foi realizado em uma fazenda que possui cerca de 52 mil hectares de plantio  
714 de eucalipto, na qual em 11 lagoas de veredas foram aferidas a integridade física do  
715 habitat, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos e a qualidade água. A  
716 comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi amostrada em 38 UTOs, com  
717 predominância expressiva da família Chironomidae (Diptera). O índice de integridade  
718 física classificou grande parte das lagoas com o habitat íntegro ( $IIFH > 0,70$ ), e a água  
719 exibiu qualidade boa/satisfatória. Constatou-se que as áreas analisadas possuem grandes  
720 extensões de áreas de preservação permanente e veredas conservadas, o que contribuiu  
721 para a manutenção da sua integridade. A adaptação do índice utilizado se mostrou muito  
722 eficiente para caracterizar a área de estudo, apresentando forte correlação com a riqueza.

723

724 **Palavras-chave:** Lagoas artificiais, cerrado, APP, bentos, eucalipto, bioindicadores.

725        **1. Introdução**

726        Os biomas brasileiros estão sofrendo intensos impactos ambientais devido à  
727        rápida expansão antrópica, relacionada principalmente com o uso do solo, tais como a  
728        pecuária e a agricultura (Flauzino et al., 2010). Um exemplo de uso da terra é a prática  
729        da silvicultura, que vem crescendo expressivamente no Brasil. De acordo com a IBA  
730        (2016), em 2015, a área ocupada por florestas plantadas no país representava  
731        aproximadamente 7,8 milhões de hectares, o que corresponde a cerca 0,9% do território  
732        brasileiro. Os plantios de eucalipto ocupam 5,6 milhões de hectares, representando  
733        71,9% do total de florestas plantadas, sendo Minas Gerais o estado com a maior  
734        presença desta atividade (24%) (IBA, 2016).

735        A silvicultura é considerada uma alternativa para diminuir a supressão das matas  
736        nativas (Guimarães et al., 2008), visto que 91% de toda a madeira produzida para fins  
737        industriais no país vem desta atividade, sendo os 9% restantes oriundos de florestas  
738        nativas legalmente manejadas (IBA, 2016). No entanto, apesar disso, esta atividade  
739        pode implicar em vários impactos ambientais, os quais devem ser estudados e  
740        compreendidos (Guimarães et al., 2008). Muitos autores criticam a prática de  
741        silvicultura, principalmente pelo risco de esgotamento dos nutrientes do solo (Moledo,  
742        2016), pelas modificações na cobertura e compactação do solo (Vital, 2007), pelo uso  
743        de defensivos agrícolas e por impactos negativos sobre a flora e a fauna (Lima, 1996).  
744        Porém, Moledo (2016) aponta que a aplicação de um plano de manejo adequado permite  
745        a exploração dessas áreas de plantio de forma cuidadosa, mitigando os impactos  
746        ambientais adversos e consolidando as práticas que geram impactos benéficos.

747        Os cursos d'água do Cerrado estão profundamente alterados pelas modificações  
748        dos ecossistemas naturais e também pela grande influência antrópica na região  
749        (Flauzino et al., 2010). De acordo com Souza et al. (2014b) e Bernhardt et al. (2005), os

750 ecossistemas aquáticos são muito importantes para a subsistência humana, por exemplo,  
751 para o abastecimento, fonte de alimentos e recreação. Os autores ainda apontam que  
752 apesar da qualidade da água ser um aspecto indispensável à essa subsistência humana,  
753 sua degradação atingiu níveis muito elevados nos últimos tempos. No Cerrado, o  
754 conhecimento sobre a qualidade da água em áreas alagadas, como as veredas, é bastante  
755 limitado, com poucos estudos publicados (por exemplo, Reid 1984, 1987, 1993 e 1994).  
756 Segundo Carvalho (1991), as veredas representam um ambiente de grande relevância  
757 dentro do Cerrado, por serem responsáveis pela manutenção e multiplicação da fauna  
758 terrestre e aquática, além de participarem do controle do fluxo do lençol freático e  
759 equilíbrio hidrológico dos cursos d'água. Entretanto, as veredas também são muitas  
760 sensíveis à alterações antrópicas e possuem pouca capacidade regenerativa quando  
761 perturbadas (Carvalho, 1991).

762 Os Macroinvertebrados Bentônicos (definidos a partir daqui pela sigla MB) são  
763 organismos aquáticos de hábito bentônico, ou seja, vivem aderidos a pedras, cascalhos,  
764 folhas ou enterrados em sedimentos, lama ou areia (Zardo et al., 2013). Estes  
765 organismos são representados por diferentes táxons: Insecta, Annelida, Nematoda,  
766 Crustacea, Mollusca e alguns Turbellaria e Bryozoa (Kuhlmann et al., 2012). Os MB  
767 são muito sensíveis às alterações na qualidade ambiental, sendo ótimos bioindicadores  
768 dos ecossistemas aquáticos (Bonada et al., 2006). Eles reagem a mudanças na química e  
769 qualidade da água e habitat físico, por alterações na sua abundância e composição de  
770 espécies (Zamora-Munoz et al., 1995). Pouco se sabe sobre a diversidade dos MB no  
771 Cerrado e/ou Veredas e os dados obtidos até o momento são esparsos e centrados em  
772 poucos organismos (Dias, 1996; Martins-Silva et al., 2001), sendo que Pelli et al. (2014)  
773 relatam uma comunidade de MB rica no levantamento realizado em uma vereda, no  
774 município de Uberaba (MG). Sendo assim, há pouca informação sobre como os MB

775 respondem às alterações antrópicas nestes ecossistemas, em particular, nas atividades de  
776 silvicultura.

777 O corpo d'água é diretamente influenciado pelas atividades humanas  
778 desenvolvidas em seu entorno; em função disto, é imprescindível compreender como as  
779 comunidades biológicas reagem às alterações da qualidade da água, identificando quais  
780 variáveis físicas, químicas e biológicas as afetam (Marques et al., 1999). Assim, a  
781 qualidade do habitat é um fator muito importante para o estabelecimento e sucesso das  
782 comunidades biológicas em ambientes aquáticos. Diante disto, o objetivo geral deste  
783 capítulo foi avaliar como a integridade do habitat em lagoas artificiais de Veredas  
784 influencia a comunidade de MB em uma área sob influência da silvicultura. Os  
785 objetivos específicos foram: (1) inventariar a comunidade de MB, (2) adaptar o índice  
786 de integridade física do habitat, (3) investigar a integridade das lagoas artificiais e seu  
787 entorno, (4) verificar a qualidade da água dessas lagoas e (5) avaliar a correlação entre o  
788 índice de integridade do habitat e a comunidade de MB. Esta pesquisa testará a hipótese  
789 de que lagoas com habitats mais íntegros suportam uma comunidade de MB mais rica e  
790 possuem melhor qualidade da água.

791

792 **2. Material e métodos**

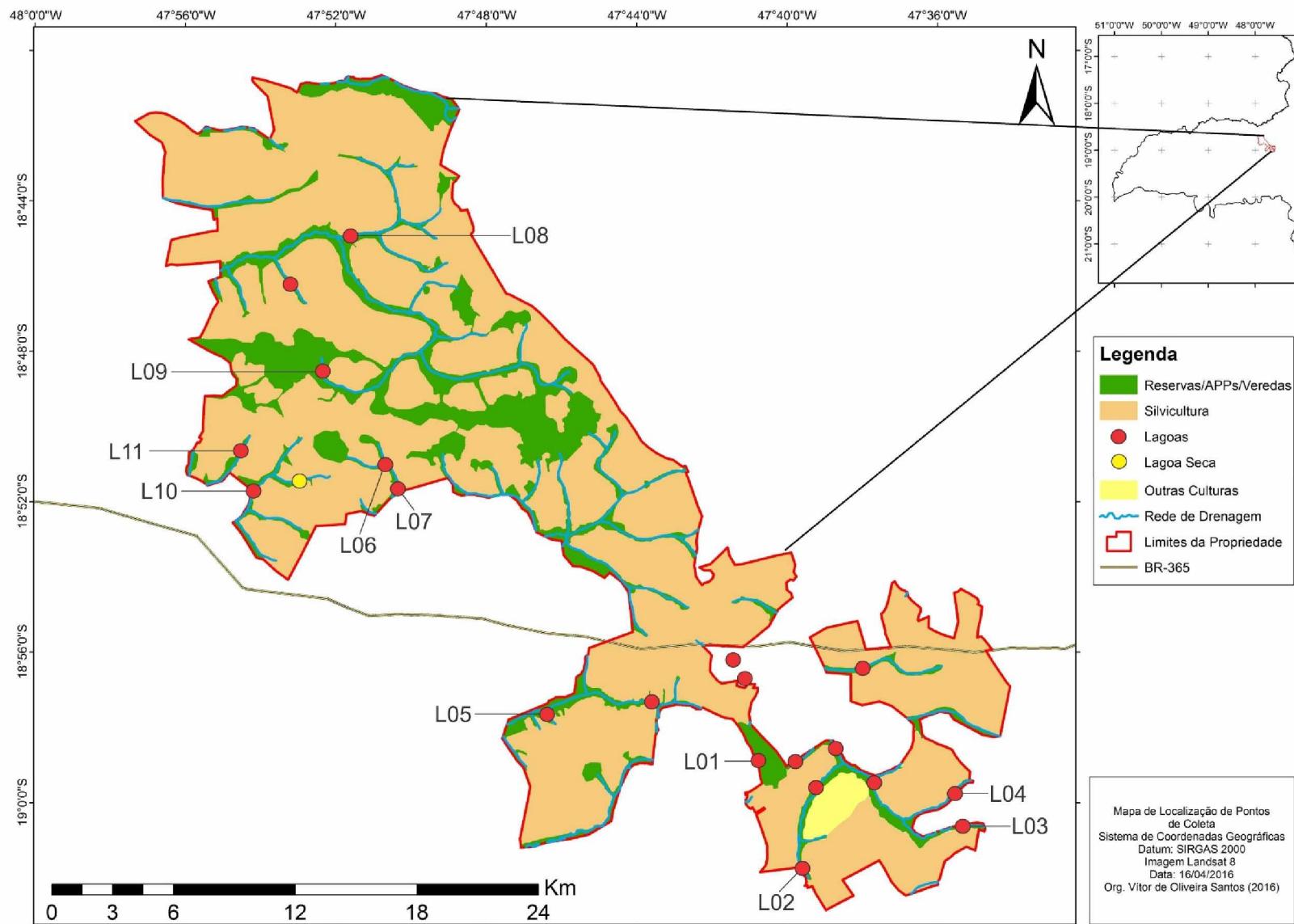
793 **2.1.Área de estudo**

794 Esta pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Nova Monte Carmelo, pertencente à  
795 empresa Duratex, que abrange os municípios de Estrela do Sul, Nova Ponte, Araguari,  
796 Uberlândia, Indianópolis e Romaria, todos no Estado de Minas Gerais. A fazenda possui  
797 área total de aproximadamente 52 mil hectares, dos quais cerca de 38 mil hectares são  
798 destinados ao plantio comercial de eucalipto e cerca de 12 mil hectares são áreas em  
799 regeneração, áreas de preservação permanente e veredas. Para testar a hipótese deste

800 estudo, 11 lagoas aleatórias foram utilizadas na fazenda, com tamanhos variando entre  
801 31m<sup>2</sup> e 81.350m<sup>2</sup> (Figura 1 e 2). Apesar da variação nos tamanhos das lagoas, esse fator  
802 não foi considerado como uma característica na adaptação do índice de integridade  
803 utilizado, pois este foi previamente testado e não apresentou significância com a  
804 comunidade de MB (correlação de Spearman,  $p > 0,05$ ). Todas as lagoas utilizadas  
805 estão situadas em veredas e foram artificialmente formadas em função das atividades de  
806 silvicultura desenvolvidas em seu entorno, como por exemplo a abertura de estradas,  
807 que ocasionou seus represamentos. Para facilitar a leitura, o termo “veredas represadas/  
808 lagoas artificiais de veredas” será referido no texto como apenas “lagoas”.

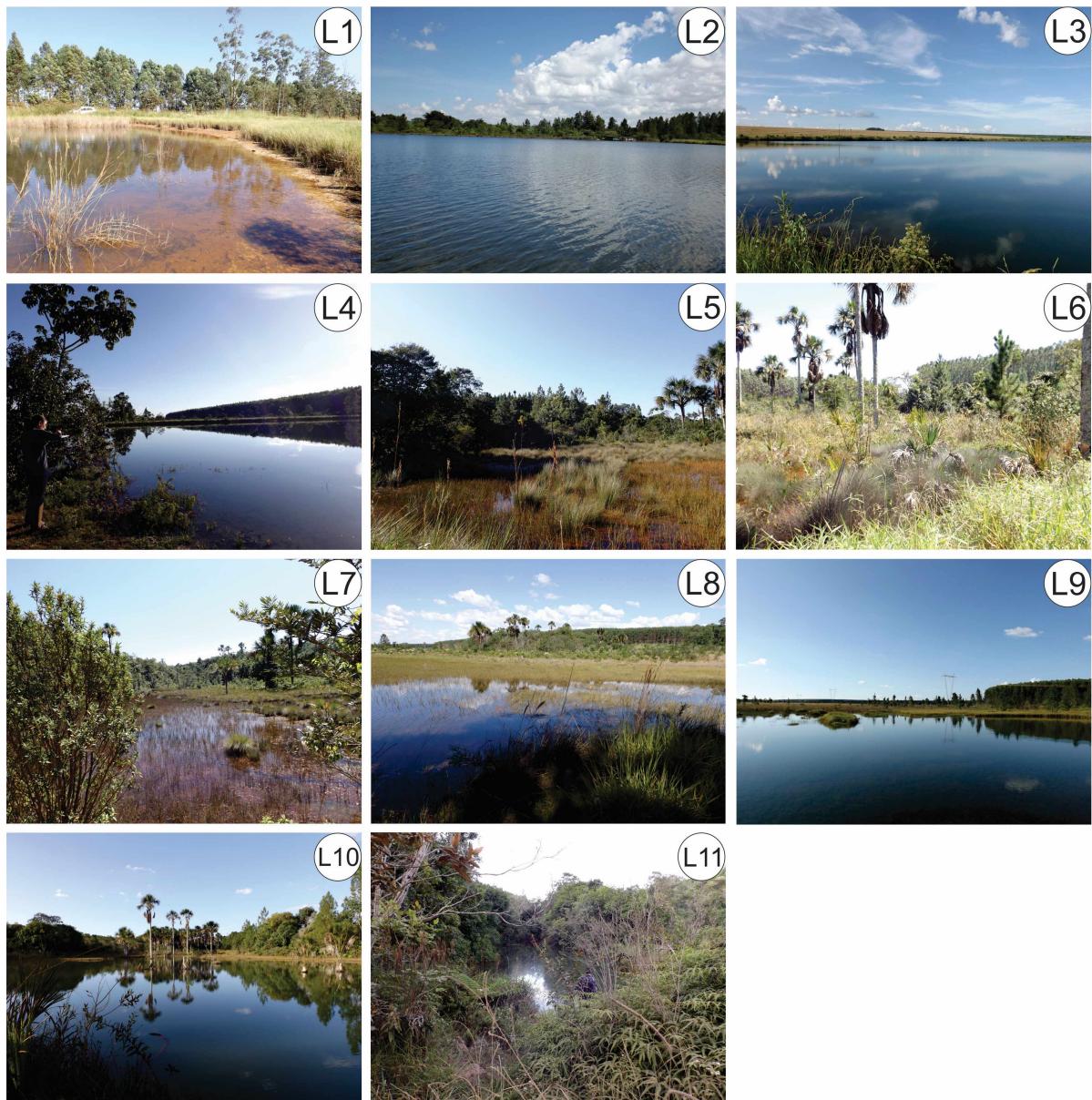
809

810 **Figura 1.** Localização das lagoas avaliadas pelo índice de integridade física do habitat, na amostragem de macroinvertebrados bentônicos e qualidade de  
811 água na Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais.



813 **Figura 2.** Lagoas avaliadas pelo índice de integridade física do habitat, na amostragem  
814 de macroinvertebrados bentônicos e qualidade de água na Fazenda Nova Monte  
815 Carmelo, Minas Gerais.

816



817

818

819 **2.2. Coleta de dados**

820 As amostragens foram realizadas em uma única campanha com dois dias  
821 (condições climáticas semelhantes) em abril de 2016, final da estação chuvosa  
822 (Gottsberger; Silberbauer-Gottsberger, 2006). Todas as lagoas foram avaliadas quanto  
823 ao Índice de integridade física do habitat, comunidade de MB e variáveis físico-  
824 químicas da água. Não houve réplicas temporais, como coleta na estação seca, pois  
825 algumas das lagoas utilizadas são intermitentes, ou seja, secam total ou parcialmente  
826 durante a estiagem, o que inviabilizaria a replicação em todas as lagoas,  
827 impossibilitando os testes das hipóteses.

828

### 2.2.1. Índice de integridade física do habitat

O Índice de integridade física do habitat (IIFH) foi adaptado de Nessimian et al. (2008), de maneira a ser mais representativo para as lagoas. Desta forma, os habitats das lagoas amostradas foram avaliados de acordo com as características e condições (Tabela 1), em que o valor observado de cada condição ( $a_o$ ) foi dividido pelo valor máximo da característica ( $a_m$ , Eq. 1). Foi feita a média do somatório das características ( $n$ , Eq. 2) para se obter a pontuação final. Assim, o IIFH variou de 0 a 1, sendo que maiores valores indicam ambientes mais íntegros e conservados e valores menores representam habitats mais perturbados.

838 Equação 1:

$$839 \qquad \qquad p_{i=\frac{a_o}{a_m}}$$

840 Equação 2:

$$841 \quad \text{IIFH} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n}$$

842

843 **Tabela 1.** Características, condições e pontuação do Índice de integridade física do  
844 habitat (adaptado de Nessimian et al., 2008) usadas para avaliar as lagoas amostradas na  
845 Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais.

846

Características		Condições	Pontos
F1	Uso da terra (além da APP)	Silvicultura (eucalipto)	3
		Silvicultura e anual	2
		Cultura anual (milho)*	1
F2	Vereda (montante)	Maior que 0,8km <sup>2</sup>	4
		0,4km <sup>2</sup> - 0,8km <sup>2</sup>	3
		0 km <sup>2</sup> - 0,4km <sup>2</sup>	2
		Sem vereda	1
F3	Condição da APP	Conservada	5
		Conservada com espécies invasoras	4
		Em regeneração	3
		Em regeneração com espécies invasoras	2
F4	Extensão APP	Com predominância de braquiária	1
		Maior ou igual a 100m	5
		De 30m a 100m	4
		De 5m a 30m	3
F5	Macrófitas	De 1m a 5m	2
		Sem	1
		Diferentes hábitos (Submersas, flutuantes e enraizadas)	4
		Dois Hábitos	3
F6	Detritos	Um Hábito	2
		Sem macrófitas	1
		Folhas, troncos e sedimento	3
		Algumas folhas e troncos com sedimento	2
F7	Presença de lixo	Sem folhas e troncos, com sedimento	1
		Não	2
		Sim	1

847 \* Localizadas em fazendas vizinhas

848

## 849 **2.2.2. Macroinvertebrados bentônicos**

850 A metodologia utilizada para a coleta dos MB foi descrita no estudo de Santos et  
851 al. (2016) e detalhada no capítulo anterior. Os MB também foram utilizados para o

852 cálculo das métricas biológicas: *Biological Monitoring Working Party* (BMWP)  
853 (adaptação de Monteiro et al., 2008), riqueza (número de UTO's), riqueza de EPT  
854 (número de UTO's das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) e dominância  
855 (abundância dos UTO's mais representativos de cada ponto, dividida pela abundância  
856 total aferida no ponto). O BMWP pontua as famílias de MB de acordo com sua  
857 tolerância à poluição orgânica, assim é possível classificar a qualidade da água (Tabela  
858 2).

859

860 **Tabela 2.** Sistema de classificação da qualidade da água estabelecido por Monteiro et  
861 al. (2008).

862

Classe	Somatório da pontuação	Qualidade	Cor
I	>150	Excelente	Azul
II	149 - 100	Boa	Verde
III	99 - 60	Satisfatória	Amarelo
IV	59 - 20	Ruim	Laranja
V	< 19	Muito ruim	Vermelho

863

### 864 **2.2.3. Variáveis físico-químicas da água**

865 As variáveis físico-químicas da água foram coletadas para descrever os  
866 parâmetros da água e analisar sua qualidade. A coleta foi realizada em campo com a  
867 sonda multiparâmetros Hanna HI 98194 e medidor de turbidez Hanna HI 98703-01 para  
868 as seguintes variáveis: potencial hidrogeniônico (pH), potencial de oxirredução (ORP),  
869 condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), temperatura e turbidez.

870

### 871 **2.3. Análise dos dados**

872 Os valores das variáveis foram expressos utilizando-se média ( $\bar{X}$ ) e desvio-  
873 padrão (DP), mesmo para as variáveis não paramétricas. As correlações entre os

874 parâmetros físico-químicos da água e o IIFH foram analisadas por uma regressão,  
875 quando os testes *a priori* atendiam as premissas necessárias, e por uma Correlação de  
876 Spearman, quando não. As correlações entre as métricas biológicas e o IIFH também  
877 foram avaliadas por uma Correlação de Spearman, visto que o teste de normalidade foi  
878 realizado *a priori* e não atendeu às premissas necessárias. Todas as análises foram  
879 realizadas no programa estatístico Minitab<sup>®</sup> 17.1.0.

880

881 **3. Resultados**

882 **3.1. Comunidade de MB**

883 Ao todo foram amostrados 8.809 indivíduos, distribuídos em três filos  
884 (Arthropoda, Annelida e Nematoda), quatro classes, duas subclasses, sete ordens e 32  
885 famílias (Tabela 3). O filo Arthropoda foi o mais representativo, com cerca de 92% dos  
886 indivíduos amostrados (8.113 organismos). O filo Annelida totalizou 7% (637  
887 indivíduos) e o filo Nematoda teve apenas 1% de ocorrência (59 indivíduos), conforme  
888 a figura a seguir. Dentre as classes de Arthropoda, Insecta foi a mais importante, com  
889 90% dos indivíduos, seguida por Arachnida com 1% e Ostracoda com menos de 0,05%.  
890 Dentre as ordens de Insecta, a mais recorrente foi Diptera com 79% de ocorrência,  
891 seguida por Hemiptera com 6%. As ordens restantes mantiveram ocorrências próximas  
892 a 1%. Dentre as famílias registradas, Chironomidae foi a de maior importância,  
893 representando cerca de 72% do indivíduos amostrados. As famílias Ceratopogonidae e  
894 Corixidae também apresentaram elevada importância, com ocorrência aproximada de  
895 5% cada (Figura 3).

896

897 **Tabela 3.** Abundância e proporção relativa dos macroinvertebrados bentônicos organizados em Unidade Taxonômica Operacional, nas lagoas amostradas na  
 898 Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais.

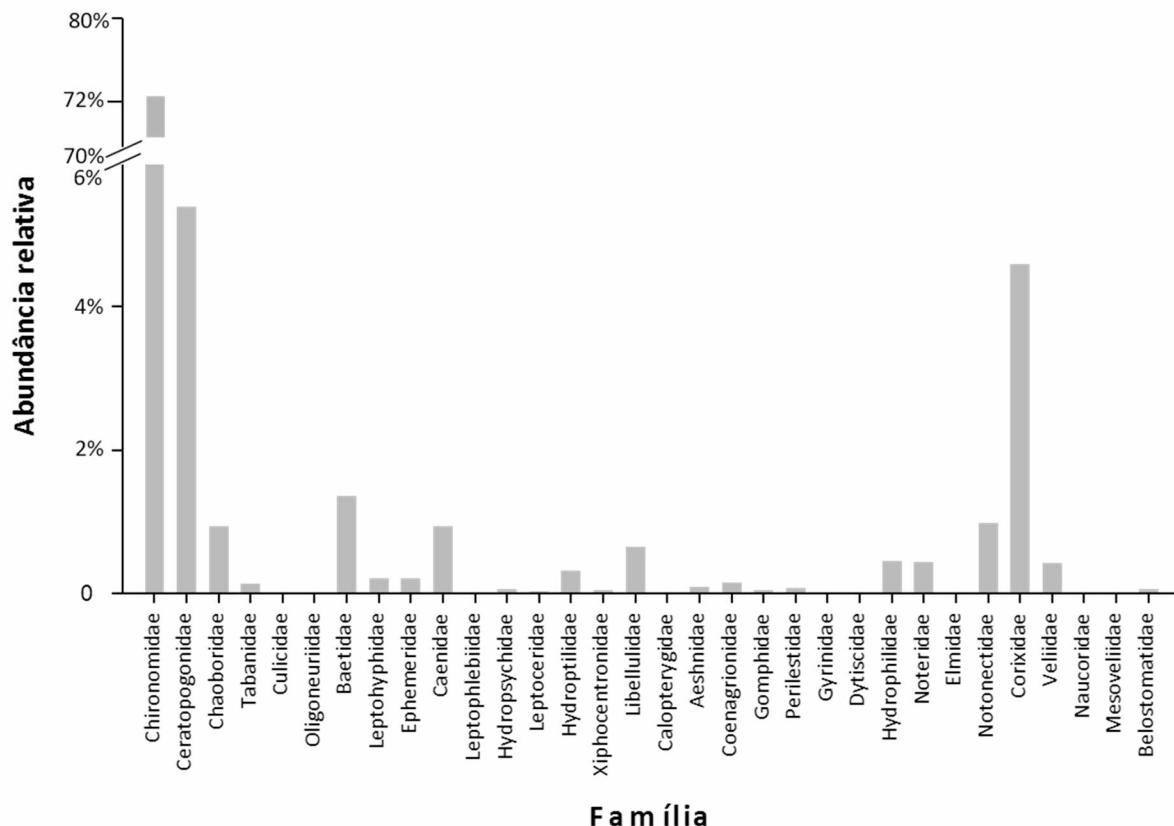
Filo	Táxon dos organismos													Total	
	Classe/ Subclasse	Ordem	Família	L01	L02	L03	L04	L05	L06	L07	L08	L09	L10	L11	
	Ordem Collembola					9	(0,1%)	1	(0,01%)		1	(0,01%)			11 (0,12%)
	Classe Ostracoda			39 (0,44%)		1 (0,01%)					1 (0,01%)				41 (0,47%)
		Ordem Diptera	Chironomidae	682 (07,74%)	74 (0,84%)	392 (04,45%)	1153 (13,09%)	631 (07,16%)	525 (05,96%)	545 (06,19%)	816 (09,26%)	1113 (12,63%)	112 (01,27%)	344 (03,91%)	6387 (72,51%)
			Ceratopogonidae	1 (0,01%)	16 (0,18%)	15 (0,17%)	22 (0,25%)	196 (02,22%)	59 (0,67%)	11 (0,12%)	55 (0,62%)	14 (0,16%)	6 (0,07%)	79 (0,9%)	474 (05,38%)
			Chaoboridae		2 (0,02%)				2 (0,02%)	3 (0,03%)	64 (0,73%)			12 (0,14%)	83 (0,94%)
			Tabanidae						1 (0,01%)	6 (0,07%)	2 (0,02%)			3 (0,03%)	12 (0,14%)
			Culicidae						1 (0,01%)					1 (0,01%)	
			<i>Subtotal</i>											6957 (78,98%)	
		Ordem Ephemeroptera	Oligoneuriidae	2 (0,02%)										2 (0,02%)	
			Baetidae	26 (0,3%)					1 (0,01%)	14 (0,16%)	3 (0,03%)	57 (0,65%)	19 (0,22%)		120 (01,36%)
			Leptophyphidae	8 (0,09%)					4 (0,05%)				7 (0,08%)		19 (0,22%)
			Ephemeridae	4 (0,05%)							15 (0,17%)				19 (0,22%)
			Caenidae		2 (0,02%)	2 (0,02%)	3 (0,03%)			8 (0,09%)	15 (0,17%)	53 (0,6%)			83 (0,94%)
			Leptophlebiidae						1 (0,01%)					1 (0,01%)	
			<i>Subtotal</i>											244 (02,77%)	
		Ordem Trichoptera	Hydropsychidae	2 (0,02%)					2 (0,02%)					2 (0,02%)	6 (0,07%)
			Leptoceridae	3 (0,03%)										3 (0,03%)	
			Hydroptilidae		1 (0,01%)				4 (0,05%)	3 (0,03%)	5 (0,06%)	15 (0,17%)			28 (0,32%)
			Xiphocentronidae						1 (0,01%)		3 (0,03%)	1 (0,01%)			5 (0,06%)
			<i>Subtotal</i>											42 (0,48%)	
Filó Arthropoda	Classe Insecta		Libellulidae	2 (0,02%)				1 (0,01%)	2 (0,02%)		32 (0,36%)	19 (0,22%)	2 (0,02%)	58 (0,66%)	
			Calopterygidae	1 (0,01%)										1 (0,01%)	
		Ordem Odonata	Aeshnidae			1 (0,01%)				1 (0,01%)	1 (0,01%)			5 (0,06%)	8 (0,09%)
			Coenagrionidae							1 (0,01%)	1 (0,01%)	1 (0,01%)	11 (0,12%)		14 (0,16%)
			Gomphidae										1 (0,01%)	3 (0,03%)	4 (0,05%)
			Perlestidae						2 (0,02%)		5 (0,06%)			7 (0,08%)	
			<i>Subtotal</i>											92 (0,%)	
		Ordem Coleoptera	Gyrinidae				1 (0,01%)							1 (0,01%)	
			Dytiscidae					1 (0,01%)					1 (0,01%)	2 (0,02%)	
			Hydrophilidae	14 (0,16%)	7 (0,08%)		12 (0,14%)	2 (0,02%)	1 (0,01%)	3 (0,03%)				1 (0,01%)	40 (0,45%)
			Noteridae			15 (0,17%)	7 (0,08%)	1 (0,01%)	3 (0,03%)	13 (0,15%)					39 (0,44%)
			Elmidae					1 (0,01%)				1 (0,01%)		2 (0,02%)	
			<i>Subtotal</i>											84 (0,95%)	
		Ordem Hemiptera	Notonectidae			72 (0,82%)	5 (0,06%)			4 (0,05%)		2 (0,02%)	4 (0,05%)	87 (0,99%)	
			Corixidae			404 (04,59%)								404 (04,59%)	
			Veliidae			28 (0,32%)				1 (0,01%)	9 (0,1%)			38 (0,43%)	
			Naucoridae			1 (0,01%)	1 (0,01%)							2 (0,02%)	
			Mesovelidae										1 (0,01%)	1 (0,01%)	
			Belostomatidae		1 (0,01%)		2 (0,02%)			3 (0,03%)				6 (0,07%)	
			<i>Subtotal</i>											538 (06,11%)	

901 **Tabela 3** (continuação). Abundância e proporção relativa dos macroinvertebrados bentônicos organizados em Unidade Taxonômica Operacional, nas lagoas  
 902 amostradas na Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais.

903

904	Filo	Táxon dos organismos			Lagoas amostradas											Total				
		Classe/ Subclasse	Ordem	Família	L01	L02	L03	L04	L05	L06	L07	L08	L09	L10	L11					
		Classe																		
		Arachnida																		
		Subclasse																		
		Acarí			3	(0,03%)	19	(0,22%)	4	(0,05%)	54	(0,61%)		1	(0,01%)	15	(0,17%)			
		Classe																		
		Clitellata															637 (07,23%)			
	Filo Annelida	Subclasse			11	(0,12%)	71	(0,81%)	18	(0,2%)	329	(03,73%)	42	(0,48%)	1	(0,01%)	5	(0,06%)		
		Oligochaeta															592 (06,72%)			
		Subclasse																		
		Hirudinea			1	(0,01%)					36	(0,41%)		1	(0,01%)	1	(0,01%)	5	(0,06%)	
	Filo Nematoda				2	(0,02%)	1	(0,01%)							1	(0,01%)	44	(0,5%)		
905		Total			796	(09,04%)	178	(02,02%)	447	(05,07%)	2052	(23,29%)	983	(11,16%)	623	(07,07%)	594	(06,74%)	1135	(12,88%)
906																	1322 (15,01%)	156 (01,77%)		
																	523 (05,94%)	8809 (00,00%)		
																	100%			

907 **Figura 3.** Abundância relativa das famílias de insetos de macroinvertebrados  
908 bentônicos nas lagoas amostradas na Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais.  
909



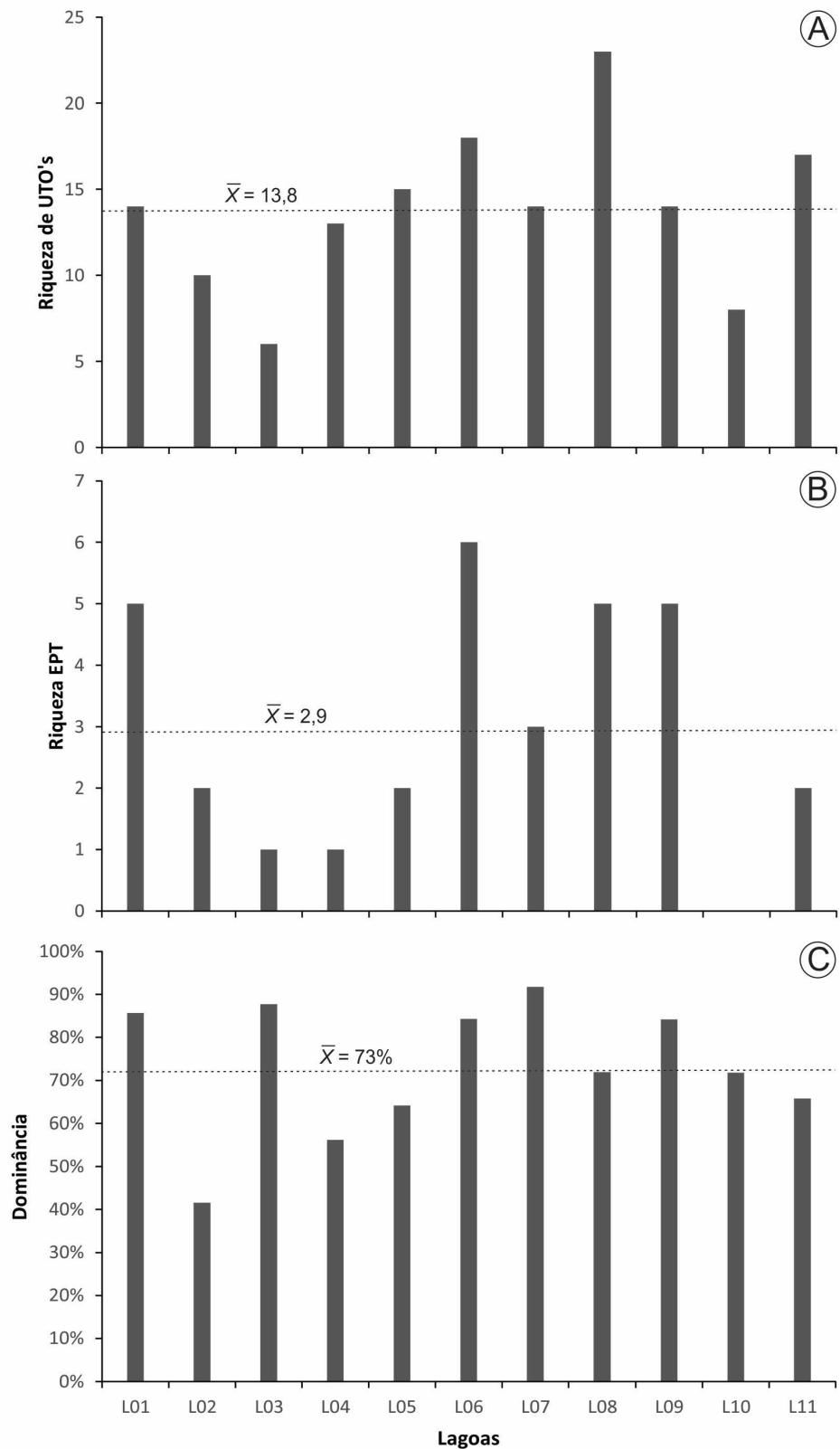
910  
911  
912 A comunidade de MB foi avaliada pela riqueza, riqueza de EPT e dominância. A  
913 riqueza da área de estudo foi de 38 UTOs, sendo a média da riqueza por lagoa 13,8  
914 táxons ( $DP \pm 4,73$ ) (Tabela 3 e Figura4A). A lagoa com menor riqueza foi L03 com 6  
915 táxons e a lagoa mais espéciosa foi L08, com 23 táxons. A riqueza de EPT foi de 10  
916 táxons, representados pelas ordens Ephemeroptera e Trichoptera, sendo que a ordem  
917 Plecoptera não foi registrada (Tabela 3 e Figura4B). A média da riqueza de EPT foi de  
918 2,9 táxons ( $DP \pm 2,02$ ) por lagoa, sendo que apenas a lagoa L10 não teve representantes  
919 das ordens e L06 apresentou o maior valor, com seis táxons. O valor da dominância  
920 registrada foi bastante variado, porém sempre se referiu à família Chironomidae, pois

921 esta foi a mais abundante em todas as lagoas amostradas (Tabela 3 e Figura3). A média  
922 da dominância de Chironomidae foi de 73% (DP  $\pm$  15%), sendo a lagoa com maior  
923 valor a L07 (92%) e com menor valor a L02 (42%) (Figura4C).

924

925

926 **Figura 4.** Riqueza de UTOs (A), riqueza de EPT (B), e dominância (C) dos  
 927 macroinvertebrados bentônicos nas lagoas amostradas na Fazenda Nova Monte  
 928 Carmelo, Minas Gerais.



930                   **3.2. Índice de integridade física do habitat**

931                   O IIFH nas lagoas variou entre 0,44 e 0,89 com média de 0,67 ( $\pm 0,16$ ). A lagoa  
932                   com habitat mais íntegro foi L08 (IIFH = 0,89) e a mais perturbada foi L03 (IIFH =  
933                   0,44). Quatro lagoas (L03, L04, L01 e L09) registraram valor de IIFH abaixo de 0,50, e  
934                   sete lagoas acima de 0,70 (L02, L10, L06, L11, L05, L07 e L08). Ou seja, a maioria das  
935                   lagoas foram classificadas com habitat íntegro, devido ao alto valor de IIFH ( $> 0,70$ ).

936

937                   **3.3. Qualidade da água**

938                   A qualidade da água das lagoas foi classificada de acordo com os parâmetros  
939                   físico-químicos da água e BMW. Os parâmetros físico-químicos da água se  
940                   mantiveram dentro do esperado para os ambientes analisados, com condições propícias  
941                   à ocorrência dos organismos. De maneira geral, o pH foi levemente ácido, o ORP  
942                   apresentou valores próximos ou acima de 200mV (oxidante), a CE por volta de 5  $\mu$ S/cm  
943                   e o STD à 0,33 mg/L, a temperatura se manteve entorno de 26°C e a turbidez próxima à  
944                   3 NTU (Tabela 4).

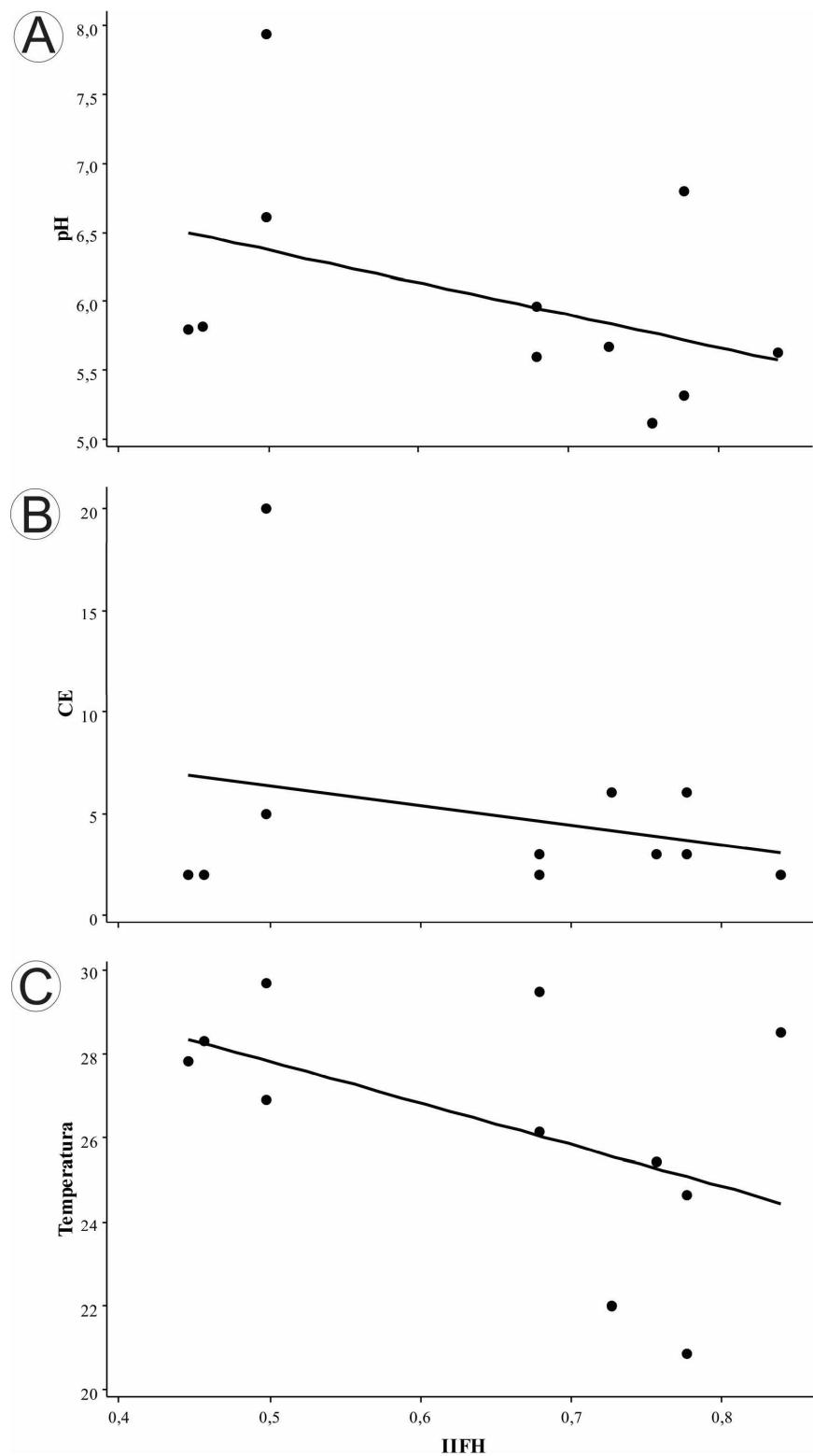
945

946 **Tabela 4.** Parâmetros físico-químicos da água nas lagoas artificiais amostradas da  
947 Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais.  
948

Lagoas	Parâmetros físico-químicos da água					
	pH	ORP (mV)	C.E (µS/cm)	STD (mg/L)	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)
L01	7,94	148,8	20	0,05	26,90	4,10
L02	5,96	250,0	3	0,33	29,49	3,08
L03	5,79	233,4	2	0,50	27,82	1,83
L04	5,81	263,3	2	0,50	28,30	5,23
L05	6,80	116,0	6	0,14	20,87	1,58
L06	5,66	182,4	6	0,17	22,00	3,73
L07	5,31	281,5	3	0,33	24,65	2,43
L08	5,62	230,9	2	0,50	28,52	1,70
L09	6,61	242,4	5	0,25	29,67	0,72
L10	5,59	207,8	2	0,50	26,13	4,56
L11	5,11	271,4	3	0,33	25,44	4,10
Média ± DP	6,02 ± 0,81	220,7 ± 52,4	4,9 ± 5,2	0,33 ± 0,16	26,34 ± 2,90	3,00 ± 1,45

949  
950 A relação dos parâmetros físico-químicos da água foram testados com o IIFH, e,  
951 apesar de não haver resultados significativos, as variáveis pH, CE e STD mostraram  
952 tendência de diminuir em lagoas com habitats mais íntegros (Figura5).  
953

954 **Figura 5.** Relações e correlações do IIFH com os parâmetros físico-químicos da água  
955 nas lagoas artificiais amostradas da Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais. A)  
956 pH (Rho = -0,407,  $p = 0,214$ ; B) CE (Rho = -0,133,  $p = 0,697$ ); C) Temperatura ( $r^2 =$   
957 24,9%,  $p = 0,118$ ).



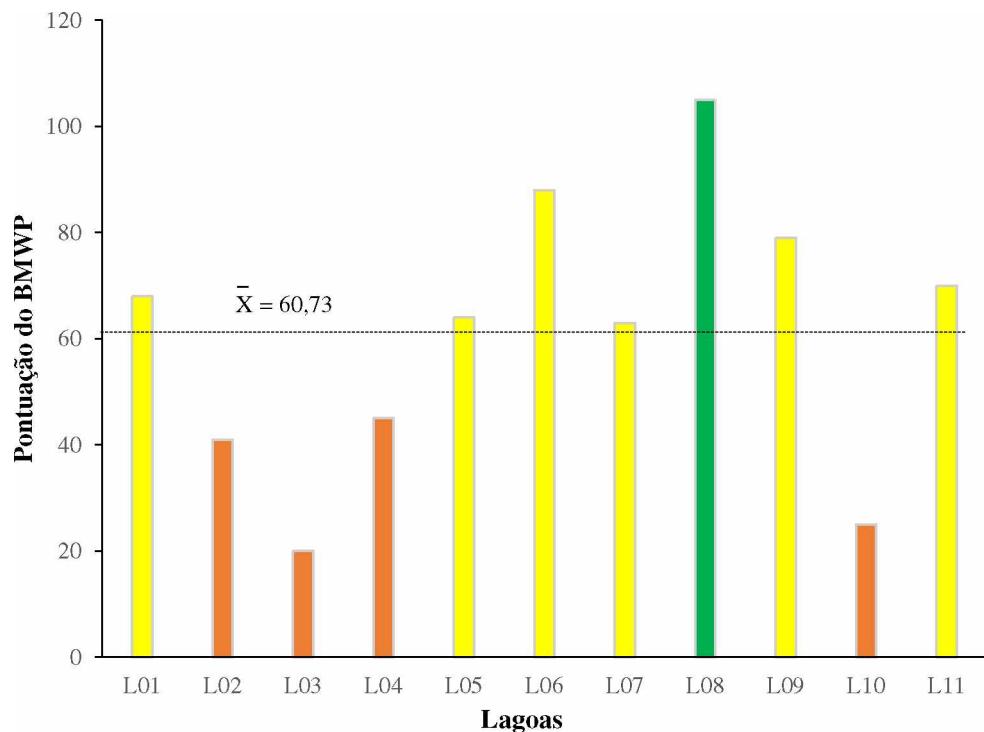
958

959 O BMWP teve média de 60,73 ( $DP \pm 26,01$ ) e classificou uma lagoa como de  
960 qualidade boa (L08), seis como de qualidade satisfatória (L01, L05, L06, L07, L09 e  
961 L11) e quatro lagoas com de qualidade ruim (L02, L03, L04 e L10) (Figura 6).

962

963 **Figura 6.** Classificação do BMWP (adaptado por Monteiro et al., 2008) para as lagoas  
964 amostradas da Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais. Legenda: Laranja  
965 qualidade ruim (20 – 59), amarelo qualidade satisfatória (60 – 99) e verde qualidade boa  
966 (149 – 100), veja Tabela 2.

967



968

969                   **3.4. Índice de integridade física do habitat e métricas biológicas**

970                   O IIFH foi testado com as métricas biológicas investigadas no trabalho [BMW

971                   ( $r = 0,513, p = 0,107$ ), riqueza EPT ( $r = 0,351, p = 0,291$ ), e dominância ( $r = -0,055, p =$

972                   0,873)] e foi significativamente correlacionado apenas com a riqueza, sendo

973                   considerada uma correlação forte ( $r = 0,725; p = 0,012$ ) (Figura 7).

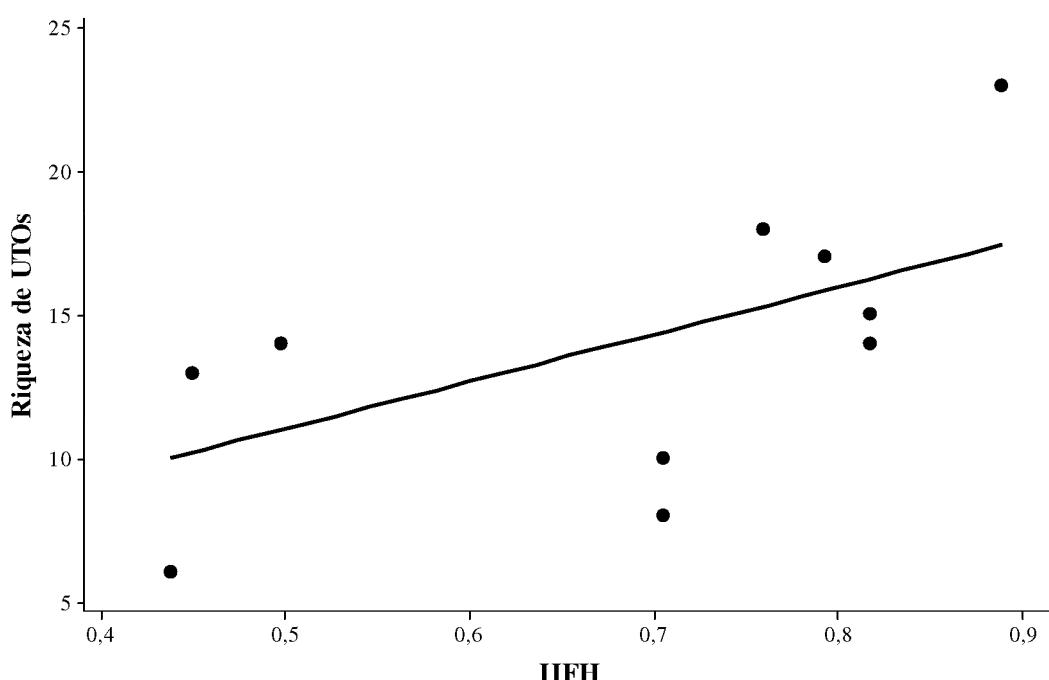
974

975                   **Figura 7.** Índice de integridade física do habitat e riqueza dos macroinvertebrados

976                   bentônicos nas lagoas amostradas da Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais (Rho

977                   =  $0,725, p = 0,012$ ).

978



979

980

981

982        **4. Discussões**

983        De maneira geral, os resultados deste estudo mostram que a comunidade de MB  
984        em lagoas de vereda sob influência de silvicultura teve grande representatividade da  
985        classe Insecta e da subclasse Oligochaeta, com ênfase, principalmente, na alta  
986        ocorrência de Chironomidae (Diptera), que foi dominante em todas as lagoas  
987        amostradas. Esse resultado está de acordo com trabalhos realizados nesses ambientes  
988        (Santos, 2008).

989        As comunidades de MB presentes nas lagoas foram representadas, em sua  
990        maioria, pelo filo Arthropoda (90%), com recorrência da classe Insecta (90%), em que a  
991        ordem Diptera apresentou grande importância ( $\approx 79\%$ ). A família de maior  
992        representatividade em todas as lagoas foi Chironomidae, com ocorrência total de 72%.  
993        As lagoas também apresentaram alguns organismos das ordens EPT, que são  
994        conhecidos como muito sensíveis às interferências ambientais (Rosenberg e Resh,  
995        1993).

996        Representantes do filo Arthropoda ocorrem em quase todos os ecossistemas  
997        aquáticos continentais e possuem grande importância ecológica, principalmente em  
998        relação à biodiversidade e à bioindicação de qualidade da água (Esteves, 1988). Os  
999        insetos aquáticos são abundantes e frequentes em quase todos os tipos de ecossistemas  
1000        aquáticos continentais, incluindo rios, riachos, lagos, lagoas, lagunas, alagados, poças,  
1001        dentre outros. Evidentemente, os insetos representam um dos grupos mais  
1002        diversificados da comunidade de MB, tanto em relação às características taxonômicas,  
1003        adaptações morfológicas e fisiológicas, quanto ecológicas, principalmente nos aspectos  
1004        funcionais de alimentação, reprodução e produtividade nos ecossistemas aquáticos.  
1005        Segundo Armitage; Cranston; Pinder (1995), Chironomidae possui a maior distribuição  
1006        dentre os MB, sendo frequentemente a mais abundante em ambientes de água doce,

1007 como foi o caso. Isso se dá ao fato de serem organismos com grande capacidade  
1008 adaptativa, que colonizam todos os tipos de substratos, sedimentos e vegetação  
1009 aquática, em ambientes lóticos e lênticos (Cranston, 1995; Trivinho-Strixino e Strixino,  
1010 1995). Além disso, exibem uma grande diversidade ecológica, vivendo sob uma ampla  
1011 variedade de condições ambientais, com espécies tolerantes e outras muito sensíveis aos  
1012 extremos de temperatura, pH e trofia (Cranston, 1995).

1013 A subclasse Oligochaeta (Classe Clitellata: Filo Annelida) também apresentou  
1014 relevância, com certa de 7% de ocorrência. Esses organismos também são comuns na  
1015 maioria dos habitats de água doce (Mandaville, 2002) e, juntamente com as larvas de  
1016 Chironomidae, constituem os principais componentes da fauna de MB em diversos tipos  
1017 de habitats (Harman, 1982), como esse trabalho também demonstrou.

1018 De maneira geral, a integridade física dos habitats nas lagoas estudadas foi  
1019 considerada boa, pois a maioria das lagoas registraram altos valores do índice utilizado  
1020 (sete lagoas com IIFH > 0,70). Esse resultado pode estar relacionado à alta presença de  
1021 áreas de reserva legal e APP na fazenda estudada ( $\approx 23\%$ ), e, principalmente, por grande  
1022 parte delas serem veredas conservadas. Assim, apesar da discussão sobre a presença ou  
1023 não de impactos ambientais na silvicultura (Vital, 2007), este trabalho constatou que a  
1024 maioria dos habitats próximos às lagoas são íntegros. O mesmo autor ainda enfatiza que  
1025 a existência desses impactos dependem das condições prévias do uso do solo na área de  
1026 plantio. A silvicultura pode ocasionar um significativo impacto sobre áreas de vegetação  
1027 nativa, pois pode facilitar a invasão por *Pinus* spp. (Melo e Durigan, 2011). A área de  
1028 estudo apresenta esse problema com invasão de *Pinus* spp. nas áreas de reserva legal, e  
1029 por isso esta característica (F3, ver Tabela 1) foi considerada para avaliar as APPs no  
1030 IIFH. Apesar dos habitats das lagoas com invasão por *Pinus* spp. apresentarem menores  
1031 valores no IIFH, a comunidade de MB e a qualidade da água não foi significativamente

1032 influenciada por essa invasão biológica, conforme comprovado pelos pós-testes  
1033 estatísticos realizados para essa característica específica e os MB (ANOVA  $p>0,05$ ).  
1034 Diante disso, é possível propor manejos efetivos que visem melhorar a integridade física  
1035 do habitat nas lagoas da fazenda estudada, como, por exemplo, o controle da invasão  
1036 por *Pinus* spp.

1037 O IIFH foi significativamente correlacionado apenas com a riqueza, apesar de  
1038 outras métricas também terem se comportado em conformidade com ele. Segundo  
1039 O'Connor (1991), a maior complexidade estrutural do substrato favorece o aumento da  
1040 riqueza de espécies, devido à maior disponibilidade de recursos e habitats. Ou seja,  
1041 ambientes com maiores quantidades de recursos e habitats (como a presença de  
1042 vegetação conservada, plantas aquáticas, dentre outros) propiciam comunidades mais  
1043 ricas, conforme foi demonstrado na presente pesquisa, em que o IIFH foi correlacionado  
1044 positivamente com a riqueza. Por isso, a integridade do habitat (principalmente a  
1045 presença de matas ciliares) é muito importante para suportar comunidades ricas e  
1046 manter a qualidade da água boa/satisfatória. A riqueza sofre muita influência de  
1047 impactos antrópicos (Brittain e Saltveit, 1989), e seu valor baixo é um dos indicativos  
1048 de degradação mais confiáveis para muitos grupos aquáticos (Dahl et al., 2004).

1049 A área de estudo não apresentou os possíveis impactos ambientais acarretados  
1050 pela silvicultura, provavelmente devido à presença de veredas e APPs conservadas, que  
1051 mantêm os habitats dessas lagoas mais íntegros e demonstram a importância das áreas  
1052 de preservação mais conservadas. De acordo com Miranda (2009), a reserva legal existe  
1053 para promover a conservação e reabilitação dos processos ecológicos e da  
1054 biodiversidade, assim como para disponibilizar abrigo e proteção à plantas e animais.  
1055 Assim, na área de estudo, foi possível constatar que as áreas preservadas estão  
1056 cumprindo com seu objetivo, pois os habitats analisados (reserva legal e APP) foram,

1057 em sua maioria, considerados como íntegros. Além disso, constatou-se também que a  
1058 integridade destes habitats está correlacionada positivamente com a riqueza de MB.  
1059 Esse fato demonstra o importante papel das áreas preservadas em manter o ecossistema  
1060 conservado nas áreas de silvicultura. Segundo Lima e Lima (2008), a reserva legal é um  
1061 importante mecanismo de garantia da preservação do ecossistema em áreas produtivas.

1062 De acordo com os parâmetros físico-químicos da água, a maioria das lagoas  
1063 apresentaram valores adequados à proteção da vida aquática, como o pH, que apesar de  
1064 ser levemente ácido, se manteve entre 6 e 9, ORP oxidante (em torno de 200mV), CE,  
1065 STD e turbidez baixos, e temperatura sem variações que influenciem a vida aquática  
1066 (CETESB, 2009, Conama 20, 1986) Assim como a maioria das lagoas foram  
1067 consideradas com qualidade da água boa/satisfatória pelo BMWP, que indicou a lagoa  
1068 L08 com a melhor qualidade e a L03 com a pior (em coerência com IIFH). Esse fato  
1069 está intimamente relacionado com a integridade física dos habitats, que por serem  
1070 íntegros e com vegetação nativa, evitam que a qualidade da água seja influenciada ou  
1071 impactada. Ou seja, a integridade do habitat está interligada com a qualidade da água,  
1072 em que ambientes mais íntegros possuem qualidade da água melhor, conforme já  
1073 demonstrado por outros trabalhos (Souza et al., 2014a; Rodrigues et al., 2010). Segundo  
1074 Barbour et al. (1999), a qualidade da água é influenciada pela estrutura do meio físico  
1075 do seu curso d'água. Por exemplo, Marmontel (2014) investigou a qualidade da água  
1076 em áreas com cobertura florestal preservada e perturbada e demonstrou que a vegetação  
1077 auxilia na proteção qualitativa da água, pois as áreas com cobertura florestal  
1078 apresentaram a melhor qualidade da água. Em outro exemplo, Arcova e Cicco (1999)  
1079 apontaram a importância da cobertura vegetal conservada e constataram que as  
1080 microbacias com floresta natural não perturbada possuíram as melhores condições em  
1081 relação à proteção dos recursos hídricos. Desta maneira, a qualidade da água das lagoas

1082 na fazenda estudada foi considerada boa e satisfatória, em conformidade com o habitat  
1083 íntegro que as mesmas apresentam. Assim, quando há áreas de preservação extensas e  
1084 preservadas, a silvicultura parece não deteriorar a qualidade da água, como indicado por  
1085 outros trabalhos (Guimarães et al., 2008). E por isso é muito importante que as APPs e  
1086 reservas legais sejam mantidas e preservadas.

1087

1088 **5. Conclusões**

1089 Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que a área de estudo possui boa  
1090 diversidade de MB. Esse fato reflete a boa qualidade da água, que é proporcionada pelos  
1091 habitats íntegros, como foi indicado pelo IIFH. A adaptação do IIFH para lagoas  
1092 artificiais de veredas em ambientes com silvicultura se mostrou eficiente em avaliar a  
1093 qualidade ambiental dos mesmos, apresentando correlação forte com a riqueza da  
1094 comunidade de MB. De acordo com o IIFH adaptado, é possível aplicar técnicas de  
1095 manejo adequadas na área de estudo que possam melhorar a integridade dos habitats e,  
1096 por consequência, a qualidade da água das lagoas, além de promover a conservação das  
1097 comunidades aquáticas.

1098

1099

1100        **6. Referências**

1101

1102        ARCOVA, F. C. S.; CICCO, V. 1999. Qualidade da água de microbacia com diferentes  
1103        usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, n. 56,  
1104        p. 125-134.

1105        ARMITAGE, P. D.; CRANSTON, P. S.; PINDER, L. C. V. 1995. **The Chironomidae:**  
1106        **The biology and ecology of non-biting midges.** London, Chapman & Hall, 538p.

1107        BARBOUR, M. T.; GERRISTSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING, J. B. 1999.

1108        **Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers:**  
1109        **periphyton, benthic macroinvertebrates and fish.** Washington: EPA.

1110        BERNHARDT, E.S.; PALMER, M. A.; ALLAN, J. D.; ALEXANDER, G.; BARNAS,  
1111        K.; BROOKS, S. CARR, J.; CLAYTON, S. DAHM, C.; FOLLSTAD-SHAH, J.  
1112        GALAT, D. GLOSS, S.; GOODWIN, P.; HART, D.; HASSETT, B.; JENKINSON,  
1113        R.; KATZ, S.; KONDOLF, G.M.; LAKE, P.S.; LAVE, R.; MEYER, J.L;  
1114        O'DONNELL, T.K.; PAGANO, L.; POWELL, B.; SUDDUT, E. 2005.  
1115        Synthesizing U.S. River restoration efforts. **Science**, v.308, p.636-637.

1116        BONADA, N.; PRAT, N.; RESH, V. H.; STATZNER, B. 2006. Developments in  
1117        aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. **Annual**  
1118        **Review of Entomology**, v. 51, p.495-52.

1119        BRITTAINE, J. E.; SALTVEIT, S. J. 1989. A review of the effects of river regulation on  
1120        mayflies (Ephemeroptera). **Regulated Rivers: Research and Management**, v.3,  
1121        p.91-204.

1122        CARVALHO, P. G. S. 1991. As veredas e sua importância no domínio dos cerrados.  
1123        **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15 (168), p. 54-56.

1124 CETESB -Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2009. **Qualidade das**  
1125 **Águas Interiores no Estado de São Paulo. Série Relatórios.** Apêndice A -  
1126 Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos  
1127 Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem.

1128 CONAMA. 1986. **Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986.** Estabelece a  
1129 classificação de águas doces, salobras e salinas. Brasília.

1130 CRANSTON, P.S. 1995. Introduction. In: ARMITAGE, P.D.; CRANSTON, P.S.;  
1131 PINDER, L.C.V. (orgs). **The CHIRONOMIDAE: biology and ecology of non-**  
1132 **biting midges.** Chapman & Hall, p.1-7.

1133 DAHL, J.; JOHNSON, R. K; SANDIN, L. 2004. Detection of organic pollution of  
1134 streams in southern Sweden using benthic macroinvertebrates. **Hydrobiologia**,  
1135 v.516, p.161-172.

1136 DIAS, B.F.S. 1996. Cerrados: uma caracterização. In B.F.S., Dias (orgs.). **Alternativas**  
1137 **de desenvolvimento dos cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais**  
1138 **renováveis.** pp. 11-25. 2a ed. Fundação Pró-Natureza (FUNATURA), Brasília, DF.

1139 EPLER, J.H. 2001. **Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of**  
1140 **North and South Carolina: A guide to the taxonomy of the midges of the**  
1141 **southeastern United States, including Florida.** Dept. of Environment and  
1142 Natural Resources, Raleigh, NC, and St. Johns River Water Management District,  
1143 Palatka, FL. 526 pp.

1144 ESTEVES, F. A. 1988. **Fundamentos em limnologia.** 2<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro:  
1145 Interciência Ltda.

1146 FLAUZINO, E.S; SILVA, M.K.A, NISHIYAMA, L.; ROSA, R. 2010. Geotecnologias  
1147 Aplicadas à Gestão dos Recursos Naturais da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba  
1148 no Cerrado Mineiro. **Sociedade & Natureza**, v.22 (1), p. 75-91.

1149 GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 2006. I. **Life in the**  
1150 **Cerrado, a South American tropical seasonal ecosystem.** Ulm, Germany: Reta  
1151 Verlag. 280p.

1152 GUIMARÃES, R.Z.; GONÇALVES, M.L.; MEDEIROS, S.W. 2008. A silvicultura e  
1153 os recursos hídricos superficiais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.56, p.79-85.

1154 HARMAN, W. 1982. Oligochaeta. *In: S.H. HURLBERT; A. VILLALOBOS-*  
1155 **FIGUEROS (orgs). Aquatic of México, Central America and the West Indies.**  
1156 San Diego State University, p.162-165.

1157 IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. 2016. Indicadores do setor brasileiro de árvores  
1158 plantadas.

1159 KUHLMANN, M.L.; JOHNSCHER-FORNASARO, G. OGURA, L.L.; IMBIMBO,  
1160 H.R.V. 2012. **Protocolo para o biomonitoramento com as comunidades**  
1161 **bentônicas de rios e reservatórios do estado de São Paulo** [recurso eletrônico] /  
1162 CETESB, p. 113.

1163 LIMA, E.C.R.; LIMA, S.C. 2008. Preservação ambiental e a reserva legal das  
1164 propriedades rurais no Estado de Minas Gerais: aspectos jurídicos. **Caminhos de**  
1165 **Geografia**, v. 9 (26), p. 256 – 267.

1166 LIMA, W. P. 1996. **Impacto Ambiental do Eucalipto.** Edusp. São Paulo.

1167 MANDAVILLE, S.M. 2002. Bioassessment of Freshwater using Benthic  
1168 Macroinvertebrates – a Primer.

1169 MARMONTEL, C.V.F. 2014. **Qualidade da água em nascentes com diferentes**  
1170 **coberturas do solo e estado de conservação da vegetação no correio Pimenta**  
1171 **São Manuel, SP/** Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista,  
1172 Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu.

1173 MARQUES, M.G.S.M.; FERREIRA, R.L.; BARBOSA, F.A.R. 1999. A comunidade de  
1174 macroinvertebrados aquáticos e características limnológicas das lagoas Carioca e da  
1175 Barra, Parque Estadual do Rio Doce, MG. **Rev. Bras. Biol.**, v.59 (2).

1176 MARTINS-SILVA, M.J., ROCHA, F.M.; CÉSAR, F.B.; OLIVEIRA, B.A. 2001.  
1177 Fauna: comunidade bentônica. *In* F.A. Fonseca (Org.). **Olhares sobre o lago**  
1178 **Paranoá**. p. 117-121. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos  
1179 (SEMARH ), Brasília, DF.

1180 MELO, A. C. G. DURIGAN, G. (Org.). 2011. **Estação Ecológica de Santa Bárbara: plano de manejo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 222 p.

1181 MIRANDA, M. 2009. Áreas de preservação permanente e reserva legal: o que dizem as  
1182 leis para a agricultura familiar? **IAPAR**, v. 22.

1183 MOLEDO, J.C.; SAAD, A.R.; DALMAS, F.B.; ARRUDA, R.O.M.; CASADO, F.  
1184 2016. Impactos ambientais relativos à silvicultura de eucalipto: uma análise  
1185 comparativa do desenvolvimento e aplicação no plano de manejo florestal.  
1186 **Geociências**, v. 35 (4), p.512-530.

1187 MONTEIRO, T.R.; OLIVEIRA, L.G.; SPACEK GODOY, B.S. 2008.  
1188 Biomonitoramento da qualidade de água utilizando macroinvertebrados bentônicos:  
1189 adaptação do índice biótico BMWP' à bacia do rio Meia Ponte-GO. **Oecologia**  
1190 **Brasiliensis**, v.12 (3), p. 553-563.

1191 MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. 2010. **Manual de identificação**  
1192 **de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro:  
1193 Technical Books, 176p.

1194 NESSIMIAN, J.L.; VENTICINQUE, E.; ZUANON, J.; DE MARCO, P.JR.; GORDO,  
1195 M.; FIDELIS, L.; BATISTA, J.D.; JUEN, L. 2008. Land use, habitat integrity, and

1197 aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. **Hydrobiologia**, 614, p.  
1198 117-131.

1199 O'CONNOR, N.A. 1991. The effects of habitat complexity on the macroinvertebrates  
1200 colonising wood substrates in a lowland stream. **Oecologia**, v.85, p.504-512.

1201 PELLI, A.; PEDREIRA, M.M; MACHADO, A.R.M. 2014. Macroinvertebrados  
1202 bentônicos e parâmetros físico-químicos da água e sedimento como indicadores de  
1203 saúde de veredas no Triângulo Mineiro, Minas Gerais. In A., Pelli,; M.M., Pedreira;  
1204 A.R.M., Machado (orgs.). **Tópicos de atualização em ciências aquáticas**, p. 13 –  
1205 55. Carmino Hayashi1 ed., Uberaba, Universidade Federal do Triângulo Mineiro.

1206 REID, J.W. 1984. Semiterrestrial meiofauna inhabiting a wet campo in central Brazil,  
1207 with special reference to the Copepoda (Crustacea). **Hydrobiologia**, v.118, p.95-  
1208 111.

1209 REID, J.W. 1987. The cyclopoid copepods of a wet campo marsh in central Brazil.  
1210 **Hydrobiologia**, v.153 p.121-138.

1211 REID, J.W. 1993. The Harpacticoid and cyclopoid copepod fauna in the cerrado region  
1212 of central Brazil. 1. Species composition, habitats, and zoogeography. **Acta**  
1213 **Limnol. Bras.**, v.6, p. 56-68.

1214 REID, J.W. 1994. Murunducaris juneae, new genus, new species (Copepoda:  
1215 Harpacticoida: Parastenocarididae) from a wet campo in central Brazil. **J.**  
1216 **Crustacean Biol.** v.14 (4), p.771-781.

1217 RODRIGUES, A.S. DE L.; MALAFAIA, G.; CASTRO, P. DE T.A. 2010. A  
1218 importância da avaliação do habitat no monitoramento da qualidade dos recursos  
1219 hídricos: uma revisão. **SaBios: Rev. Saúde e Biol.**, v. 5 (1), p. 26-42.

1220 ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. 1993. **Freshwater biomonitoring and benthic**  
1221 **macroinvertebrates**. Chapman & Hall, London.

1222 SANTOS, E.M. 2008. **Dinâmica de Macroinvertebrados em um Lago Costeiro do**  
1223 **Sul do Brasil, RS – Brasil.** Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do  
1224 Rio dos Sinos.

1225 SANTOS, L. B.; CORREIA, D. L. S.; SANTOS, J. C. 2016. Macroinvertebrados  
1226 bentônicos como bioindicadores do impacto urbano. **Journal of Environmental**  
1227 **Analysis and Progress**, v.1 (1), p. 34-42.

1228 SOUZA, A.C.; REIS, T.D.F.; SÁ, O.R. 2014a. Comparação entre o índice de qualidade  
1229 da água (IQA) com o protocolo de avaliação rápida de habitats no córrego liso,  
1230 município de São sebastião do paraíso, Minas gerais. **X Fórum Ambiental da Alta**  
1231 **Paulista**, v. 10 (2), p. 392-409.

1232 SOUZA, J.R.; MORAES, M.E.B.; SONODA, S.L.; SANTO, H.C.R.G. 2014b. A  
1233 Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada,  
1234 Sul da Bahia, Brasil. **REDE -Revista Eletrônica do Prodema**, v.8 (1), p. 26-45.

1235 TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. 1995. **Larvas de Chironomidae (Diptera)**  
1236 **do Estado de São Paulo: guia de identificação e diagnose de gêneros.** São  
1237 Carlos, PPG-ERN/UFSCar, 229p.

1238 VITAL, M. H. F. 2007. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. **Revista do**  
1239 **BNDES**, Rio de Janeiro, v. 14 (28), p. 235-276.

1240 ZARDO, D.C.; HARDOIM, E.L.; AMORIM, R.; MALHEIROS, R.C.H. 2013. Variação  
1241 espaço-temporal na abundância de ordens e famílias de macroinvertebrados  
1242 bentônicos registrados em área nascente, Campo Verde-MT. **Revista Uniara**, v.  
1243 16(1), p. 53-66.

1244

1245 **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

1246 Esta dissertação mostrou a importância da presença/qualidade da vegetação  
1247 ripária em relação ao uso e modificação do solo no Cerrado e suas consequências para a  
1248 comunidade de invertebrados aquáticos. As áreas de preservação foram de fundamental  
1249 importância para a manutenção/integridade dos habitats e, consequentemente, para a  
1250 qualidade da água e a comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Os  
1251 macroinvertebrados bentônicos foram muito eficientes para caracterizar os impactos  
1252 antrópicos nas áreas de estudo, pois responderam muito bem ao índice de integridade do  
1253 habitat. Os resultados encontrados podem ajudar a traçar políticas mais específicas de  
1254 conservação para organismos e ecossistemas aquáticos neste bioma prioritário para a  
1255 conservação. Por fim, esta dissertação ajudou a reduzir a lacuna de conhecimento que  
1256 existem para a biota aquática e também para os efeitos das mudanças antrópicas sobre  
1257 esta biota no Cerrado.