

UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA – UNIARA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
TERRITORIAL E MEIO AMBIENTE

MAITÊ DE TOLEDO BERGO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MANANCIAS URBANOS POR
MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS NO MUNICÍPIO DE
MONTE ALTO-SP.

ARARAQUARA

2019

MAITÊ DE TOLEDO BERGO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MANANCIAIS URBANOS POR
MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS NO MUNICÍPIO DE
MONTE ALTO-SP.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, curso de Mestrado, da Universidade de Araraquara-UNIARA.
Área de Concentração: Desenvolvimento Territorial e Alternativas de Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Rossi Gorni

ARARAQUARA

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

B437a Bergo, Maitê de Toledo

Avaliação de mananciais urbanos por macroinvertebrados aquáticos no município de Monte Alto-SP/Maitê de Toledo Bergo. – Araraquara: Universidade de Araraquara, 2019.

64f.

Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente- Universidade de Araraquara-UNIARA

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Rossi Gorni

1. Bioindicadores. 2. Recursos hídricos. 3. Fauna aquática. I. Título.

CDU 577.4



FOLHA DE APROVAÇÃO

NOME DO(A) ALUNO(A): *De Maitê de Toledo Bergo*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, curso de Mestrado, da Universidade de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Desenvolvimento Territorial e Alternativas de Sustentabilidade.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Guilherme Rossi Gorni
UNIARA - Araraquara

Prof. Dr. Hugo Henrique Lanzi Saulino
UFSCAR – São Carlos

Prof. Dr. Juliano José Corbi
UNIARA – Araraquara

Araraquara – SP 29 de março de 2019.

*”Aos meus pais, Antonio e Clarice,
e minha irmã Bianca”*

“Ninguém cruza nosso caminho por acaso,
E nós não entramos na vida de ninguém sem nenhuma razão.”

(Francisco Cândido Xavier)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me iluminar e me amparar nos momentos de dificuldade.

Agradeço aos meus pais por todo amor, carinho, apoio, confiança e paciência que sempre tiveram por mim. Muito grata por me proporcionarem a oportunidade e incentivo aos estudos e realizações dos meus sonhos. Ao meu pai Antonio, agradeço muito pelo companheirismo e ajuda nas coletas, à minha mãe agradeço por sempre estar presente quando precisei e quando recebia minhas ligações com crise de ansiedade e choro de saudade.

À minha irmã Bianca, por ser minha melhor amiga, pela paciência e por estar sempre ao meu lado.

Ao meu namorado Lupércio, pelo apoio, paciência, carinho e compreensão.

À toda minha família que sempre me desejou o melhor.

Ao Professor Dr., Orientador e Amigo, Guilherme Rossi Gorni por proporcionar a realização desse trabalho, pelo carinho, atenção às minhas dúvidas, pelos conhecimentos transmitidos a mim, por fazer parte da minha vida e por ter vivido ótimos momentos ao seu lado. Obrigado pela confiança e amizade.

Aos meus amigos do CEAM, Mariana, Douglas, prof. Guilherme e Renata que foram minha família em Araraquara. Obrigado pelos momentos inesquecíveis que passamos juntos.

Ao meu amigo e companheiro de sala Douglas Ap. Girolli, pela amizade, pelos momentos de estudos que passamos juntos nessa fase acadêmica. Agradeço muito por ter me ajudado nas coletas, por ter passado esse momento de trabalho, mas também de prazer pelo que fazemos, pelas risadas e momentos inesquecíveis que vivemos, por estar presente comigo quando meu pai “batia palma” enquanto coletávamos as amostras, por ter ficado mais de 2h com a pick-up atolada, sem almoço e com barro até a

testa (rsrsrsrs) e também por pegar carrapatos por mim!

Agradeço aos meus amigos de sala pelos momentos que passamos juntos, em especial a Juliana Aquino que me acolheu em sua casa quando precisei, à Viviane Ferreira e Aline Rodriguero pelo carinho em todos os momentos.

Agradeço ao doutorando Lucas H. Sahn pelo auxílio da identificação de alguns organismos.

Aos funcionários da UNIARA, em especial às secretarias do mestrado Silvia e Ivani, por todo carinho e dedicação ao que sempre precisei.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente da UNIARA por todo conhecimento transmitido.

À Professora Dra. Maria Lúcia Ribeiro pelo carinho e atenção.

Ao Guilherme Navarro funcionário da empresa SABESP- Monte Alto/SP, que nos acompanhou nas coletas.

Ao Luciano Rizatti, encarregado de produção do setor técnico operacional da empresa SABESP – Monte Alto/SP que nos forneceu os dados das variáveis ambientais.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

Muito obrigado a todos que fizeram parte dessa fase da minha vida. Vou levar com ela muita saudade e gratidão.

RESUMO

Atividades antrópicas como os processos industriais, agricultura, áreas urbanas e lançamentos de efluentes domésticos e industriais são apontadas como as principais causadoras das alterações nos ecossistemas aquáticos. O biomonitoramento reflete a integridade ecológica geral, servindo de indicadores biológicos de ecossistemas aquáticos e nesse estudo destaca-se os macroinvertebrados aquáticos. A presente pesquisa teve como objetivo analisar a qualidade da água de dois mananciais hídricos do município de Monte Alto/SP com base na comunidade de macroinvertebrados aquáticos. O monitoramento das variáveis ambientais: oxigênio dissolvido, coliformes totais e pH foi realizado pela empresa SABESP. Para a coleta da fauna, foram efetuadas seis atividades de campo (36 réplicas) coletadas em pontos à montante e à jusante do lançamento dos efluentes das ETEs dos mananciais Rio Turvo e Córrego Rico. A análise da estrutura da comunidade de macroinvertebrados foi realizada por meio das métricas: riqueza de espécies, abundância, índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), dominância, %EPTC e %Chironomidae. Foram identificados 7.936 exemplares de macroinvertebrados, onde os táxons mais abundantes foram: subfamília Chironominae (76,36%), Oligochaeta (9,11%) e Acari (5,48%). A maior riqueza de indivíduos foi encontrada no rio Córrego Rico, com 30 táxons e o maior valor de abundância ocorreu no Rio Turvo, sendo a mais abundante, a subfamília Chironominae ($n=5.922$). Os resultados sugerem que ambos corpos d'água sofrem alterações, principalmente o ponto à jusante do Rio Turvo, mostrando assim a importância da conservação e monitoramento da qualidade de água.

Palavras-chave: Bioindicadores, Recursos hídricos, Fauna aquática.

ABSTRACT

Anthropic activities such as industrial processes, agriculture, urban areas and releases of domestic and industrial effluents are identified as the main causes of changes in aquatic ecosystems. Biomonitoring reflects general ecological integrity, thus there are biological indicators of aquatic ecosystems and in this study aquatic macroinvertebrates stand out. The present research had the objective of analyzing the water quality of two water sources in the municipality of Monte Alto/ SP, based on the aquatic macroinvertebrate community. The monitoring of environmental variables: dissolved oxygen, total coliforms and pH was performed by SABESP. For the fauna collection, six field activities (36 replicates) were carried out at points upstream and downstream of the discharge of the ETE effluents from the Turvo river and Córrego Rico springs. The macroinvertebrate community structure analysis was performed using the following metrics: species richness, abundance, diversity index of Shannon-Wiener (H'), dominance, % EPTC and % Chironomidae. 7,936 specimens of macroinvertebrates were identified, where the most abundant taxa were: subfamily Chironominae (76,36%), Oligochaeta (9,11%) e Acari (5,48%). The greatest richness of individuals was found in the Córrego Rico springs, with 30 taxa and the highest value of abundance occurred in the Turvo river, being the most abundant, the subfamily Chironominae ($n=5.922$). The results indicate that both bodies of water undergo changes, mainly the point downstream of the Turvo river, thus showing the importance of water quality conservation and monitoring.

Key words: Bioindicators, Water resources, Aquatic fauna.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	OBJETIVOS.....	10
2.1.	Objetivo geral.....	10
2.2.	Objetivos específicos.....	10
3.	METODOLOGIA.....	11
3.1.	Área de estudo.....	11
3.2.	Caracterização ambiental.....	12
3.3.	Caracterização dos pontos de coleta.....	15
3.4.	Análise das variáveis ambientais.....	19
3.5.	Coleta e identificação da fauna de macroinvertebrados aquático.....	20
3.6.	Análise dos dados.....	21
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
4.1.	Caracterização ambiental.....	24
4.2.	Varáveis ambientais.....	27
4.3.	Comunidade de macroinvertebrados aquáticos.....	30
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
	REFERÊNCIAS.....	42
	ANEXO 1 - Protocolo de caracterização ambiental proposto pelo grupo do Projeto Temático Biota/Fapesp (Adaptado).....	54
	ANEXO 2 - Protocolo de Avaliação de Impacto Ambiental.....	56

1. INTRODUÇÃO

A degradação dos recursos hídricos nas últimas décadas tornou-se preocupante para o ser humano, trazendo consequências e desafios relacionados à poluição, contaminação, escassez de água e deterioração ambiental dos ecossistemas aquáticos. Decorrente desses fatores existe um crescente interesse por conhecer e monitorar esses ecossistemas, pois o conhecimento ecológico integra o funcionamento do sistema como um todo, desenvolvendo critérios físicos, químicos e biológicos que possibilitam diagnosticar o efeito das atividades antrópicas exercidas nesses ambientes. Sendo assim as medidas para aumentar e preservar a biodiversidade aquática são muito significativas. (TUNDISI *et al.* 2003; DODEMAIDE *et al.* 2017).

Os corpos d'água devem ser reconhecidos como sistemas abertos envolvendo toda bacia hidrográfica (ODUM, 2007), onde as atividades humanas em grandes escalas são desenvolvidas, vêm danificando os recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Existe uma alteração significativa por meio de diversos impactos ambientais nos ecossistemas aquáticos advindo das ações antrópicas, como construções de barragens e represas; desvio do curso natural de rios; uso inadequado do solo, introdução de espécies exóticas; lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados, entre outros (RODRIGUES *et al.* 2001). Com isso ocorre uma perda da biodiversidade aquática e queda da qualidade da água. Observa-se também que nos últimos anos o crescimento populacional acompanhado da expansão das atividades agrícolas e industriais vem modificando drasticamente as características desses ecossistemas. (GOULART & CALLISTO, 2003; TUNDISI, 1999; TUNDISI *et al.* 2003).

Atividades agrícolas contribuem com o carreamento de matéria orgânica, insumos agrícolas e solo para o leito dos cursos d'água, acarretando aumento da concentração de sólidos e nutrientes na água dos mananciais (VANZELA *et al.*, 2010). Ademais, não menos importante é a contribuição dos esgotos sanitários, onde seus efluentes não tratados

corretamente tem sido um dos maiores causadores de impactos ambientais. Esgotos lançados “in natura” causam grandes impactos para os recursos hídricos, entre eles a diminuição da riqueza de macroinvertebrados aquáticos (POSSETI, 2015).

Os processos industriais têm grande responsabilidade na contaminação dos recursos hídricos, pois utilizam grande volume de água e consideravelmente contaminam os corpos d’água e o meio ambiente com seus efluentes não tratados e geração de resíduos (FREIRE *et al*, 2000).

Nesse contexto, o tratamento de esgoto é uma medida de saneamento básico que tem como objetivo remover as cargas poluentes do esgoto através de processos físicos, químicos e biológicos, assim devolvendo ao meio ambiente um efluente tratado conforme os padrões exigidos pela legislação ambiental. Essa medida tem grande importância para o meio ambiente, pois ela diminui a concentração de poluentes nos rios e problemas na saúde pública (SALVADOR, 2013). Além disso, este autor retrata que diante dos inúmeros contaminantes de efeitos nocivos ao meio ambiente e a saúde humana, ainda existem muitas estações de tratamento que não são mantidas adequadamente e continuam gerando poluição ambiental, esses efluentes in natura e/ou tratados incorretamente que são lançados nos corpos d’águas acarretam uma poluição orgânica que diminuem o oxigênio da água e assim fomentam a diminuição da biodiversidade aquática.

De acordo com a resolução CONAMA 357/2005 que se dispõe da classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, a classificação dos corpos de água (Art. 4º) compreende em:

❖ Classe especial, destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de

conservação de proteção integral.

❖ Classe 1, destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e

e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

❖ Classe 2, destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e

e) à aquicultura e à atividade de pesca.

❖ Classe 3, destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;

b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;

c) à pesca amadora;

d) à recreação de contato secundário; e

e) à dessedentação de animais.

❖ Classe 4, destinadas:

a) à navegação;

b) à harmonia paisagística.

O monitoramento das variáveis físicas e químicas de um corpo

d'água também apresenta grande importância na avaliação dos impactos ambientais, tais como: identificação imediata de modificações nas propriedades físicas e químicas da água; detecção precisa da variável modificada e determinação dessas concentrações alteradas. Esse tipo de monitoramento expõe um resultado momentâneo do local onde foi realizada a amostragem das variáveis, entretanto esse monitoramento é pouco eficiente na constatação das alterações na diversidade de habitats e microhabitats, e também na indicação das consequências da alteração da qualidade da água sobre as comunidades biológicas (GOULART & CALLISTO, 2003). A magnitude dessas variáveis condiz com seus efeitos no meio. O oxigênio dissolvido é um dos gases mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos, indiretamente um dos fatores determinantes do déficit de oxigênio dissolvido na água é a concentração de matéria orgânica dissolvida e particulada, essa implicação determina mudanças no meio aquático, entre elas alterações na fauna bentônica (ESTEVES, 1998). O potencial hidrogeniônico indica a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, ele tem grande importância na caracterização e tratamento dos corpos d'água; para a proteção da vida aquática os critérios fixam o pH nas faixas entre 6 e 9 (CETESB, 2017). Os coliformes totais são um grupo de bactérias que podem ser encontrados em amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, também em fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente. Eles são utilizados como indicadores da potabilidade da água e como indicador geral das condições higiênico-sanitárias do ambiente (SPERLING, 2005).

Tendo em vista o exposto, torna-se necessário o monitoramento da qualidade ambiental e da água para preservação desses ecossistemas, avaliando as alterações causadas ao meio ambiente (BRAGA, 2006).

Segundo Barbour *et al.* (1999), a aplicação do biomonitoramento mostra que as comunidades biológicas refletem a integridade ecológica geral, integram os efeitos estressores do ambiente e também é de interesse público como medida de ambiente livre de poluição.

Para o biomonitoramento existem vários indicadores biológicos de ecossistemas aquáticos, entre eles, perifíton, peixes e os macroinvertebrados aquáticos, que frequentemente são mais utilizados. Os principais métodos envolvidos nesse monitoramento biológico são os que compreende: levantamento e avaliação de modificações na riqueza de espécies e índices de diversidade; abundância de organismos resistentes; perda de espécies sensíveis; sensibilidade a concentrações de substâncias tóxicas e outros (BARBOUR *et al.*, 1999).

Os macroinvertebrados aquáticos são organismos que habitam os corpos d'água durante seu estágio larval ou ao longo de todo seu ciclo de vida, associados a diversos tipos de substratos (FREIMARK *et al*, 2017). A combinação entre o fluxo de água, zona onde vivem e o tamanho e tipo de substrato (orgânico ou inorgânico) são condições utilizadas para a definição dos tipos de habitats ocupados por eles. Este grupo compreende uma ampla diversidade de indivíduos, dentre eles são, larvas de insetos, anelídeos, moluscos, crustáceos. Esses organismos são capturados em uma malha que varia de tamanho podendo chegar a aproximadamente até 500µm (MARGALEF, 1983; ESTEVES, 1988). Associando essas características, podemos organizar os macroinvertebrados aquáticos bentônicos em uma classificação funcional, como por exemplo: fragmentador-detritívoro, fragmentador-herbívoro, coletor-filtrador, coletor-catador, raspador, sugador-herbívoro e predador, essas classificações são baseadas a partir da morfologia e adaptação alimentar do macroinvertebrado, no comportamento e na forma de aquisição dos alimentos, sendo assim são desempenhados diferentes papéis nos ecossistemas aquáticos. (HAMADA *et al*, 2014; MERRITT *et al*, 2008).

Macroinvertebrados aquáticos são efetivos para um monitoramento e avaliação ambiental dos impactos nos ecossistemas aquáticos, pois sua distribuição e diversidade se deve ao ambiente em que foi encontrado e estão diretamente ligados ao tipo de substrato, quantidade e tipo de detritos orgânicos, morfologia do ecossistema, concentração de nutrientes, entre outros (GOULART & CALLISTO, 2003; CALLISTO *et*

al, 2005).

De acordo com Goulart & Callisto (2003) e Moretti & Moreno (2006) existe uma grande diversidade de macroinvertebrados que exibem diferentes níveis de tolerância em relação ao tipo de ambiente. Organismos sensíveis estão adaptados a viver em águas limpas com uma grande quantidade de oxigênio, estando frequentemente associados a substratos rochosos. Os tolerantes vivem preferencialmente nas margens dos rios, também em toda coluna d'água e conseguem sobreviver a concentrações baixas de oxigênio dissolvido. Já os resistentes vivem em diversos tipos de corpos d'água principalmente em águas poluídas, com pouca quantidade de oxigênio ou até mesmo ausência de oxigênio dissolvido na água (GOULART & CALLISTO, 2003).

A presença de macroinvertebrados nos corpos d'água pode ser um indicador da qualidade e saúde desses ecossistemas, o sedimento onde vivem pode funcionar como reservatório de inúmeros contaminantes (NESSIMIAN & CARVALHO, 1998; FREIMARK *et al*, 2017). Esses organismos aquáticos possuem a capacidade de acumular poluentes, como por exemplo compostos químicos agrícolas e metais (CALLISTO *et al*, 2005). Sua principal fonte de energia são detritos orgânicos de origem autóctone ou alóctone, sendo assim eles exercem um papel na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia participando da decomposição da matéria orgânica, redução do tamanho das partículas e liberação dos nutrientes do sedimento para a coluna d'água (ESTEVES, 1998). Desta maneira, também fornecem uma avaliação do meio em que vivem por um prazo maior com relação às avaliações instantâneas de medidas pontuais de parâmetros físicos e químicos (CALLISTO *et al*, 2001).

Nesse segmento, as ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera são particularmente sensíveis à poluição, necessitam viver em ambientes de águas limpas com grande quantidade de oxigênio dissolvido, associadas à troncos, rochas e vegetação submersa (GOULART E CALLISTO, 2003). Há pouco tempo atrás o grupo Coleoptera, principalmente táxons pertencentes à família Elmidae foram reconhecidos

como bons indicadores por também serem sensíveis ao aumento de poluição orgânica (SONG *et al*, 2009). Heteroptera, Odonata e alguns Gastropodas são organismos tolerantes, a necessidade de oxigênio dissolvido e diversidade de microhabitats é menor. Larvas de Chironomidae, outros Diptera e algumas espécies de Oligochaeta, são organismos resistentes, capazes de viver em ambientes poluídos, com baixa concentração de oxigênio dissolvido ou até mesmo ambiente anóxico, são detritívoros e não possuem nenhuma exigência de microhabitats, levando em consideração o nível de subfamília (GOULART E CALLISTO,2003).

O uso dos macroinvertebrados aquáticos nas avaliações de qualidade de água se deve aos fatores: ciclo de vida suficientemente longo (o que favorece a detecção de alterações em tempo hábil), tamanho de corpo relativamente grande, fácil amostragem e alta diversidade de espécies; técnicas padronizadas e de custo relativamente baixo, alta diversidade e amplo espectro de resposta frente a diferentes níveis de contaminação (CALLISTO *et al*, 2001).

O conhecimento sobre aspectos ecológicos desses organismos e do seu papel em ambientes aquáticos como bioindicadores, vem abrindo espaço dentro da gestão ambiental devido a sua importância na avaliação biológica dos corpos d'águas. Autores como Nessimian & Sanseverino (1995); Oliveira & Froehlich (1997); Roque (2000); Boyero & Bailey (2001); Fonseca-Gessner & Guerreschi, 2000; Roque & Trivinho-Strixino (2001); Goulart & Callisto (2003); Henriques-Oliveira (2003); Gorni (2007); Trivinho-Strixino (2011); Ferreira *et.al.* (2012); Corbi (2017), se dedicam aos estudos de macroinvertebrados aquáticos pesquisando a distribuição desses organismos e sua relação com as condições físicas (substrato, fluxo e turbulência), químicas (pH, oxigênio dissolvido), disponibilidade de alimento. Além disso, estudos referentes à avaliação da qualidade ambiental, englobando aspectos do manejo e preservação da biodiversidade.

JUSTIFICATIVA

A partir da carência de pesquisas acadêmicas na região de Monte Alto, surgiu o interesse em efetuar esse estudo para proporcionar aos munícipes um maior conhecimento sobre os corpos d'água presentes nela, apresentando o trabalho como mecanismo para o gerenciamento das águas, além de possibilitar uma visão integrada do estresse sofrido por estes mananciais.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O trabalho tem como objetivo geral, avaliar a qualidade da água do Rio Turvo e Córrego Rico no município de Monte Alto/SP, com base no estudo da estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos e das variáveis químicas e biológicas: oxigênio dissolvido, pH e coliformes totais.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar os trechos de amostragem quanto às características do entorno (cobertura vegetal remanescente, presença de assoreamento, lixo ao redor, atividades antrópicas, uso por animais, proximidade com residências/estabelecimentos, preservação local);
- Classificar os trechos à jusante e à montante dos lançamentos das Estações de Tratamento de Esgoto de acordo com a qualidade da água;
- Gerar informações de cunho ecológico que enfatizem a importância da utilização de macroinvertebrados como bioindicadores da qualidade da água dos principais rios que abastecem a região.

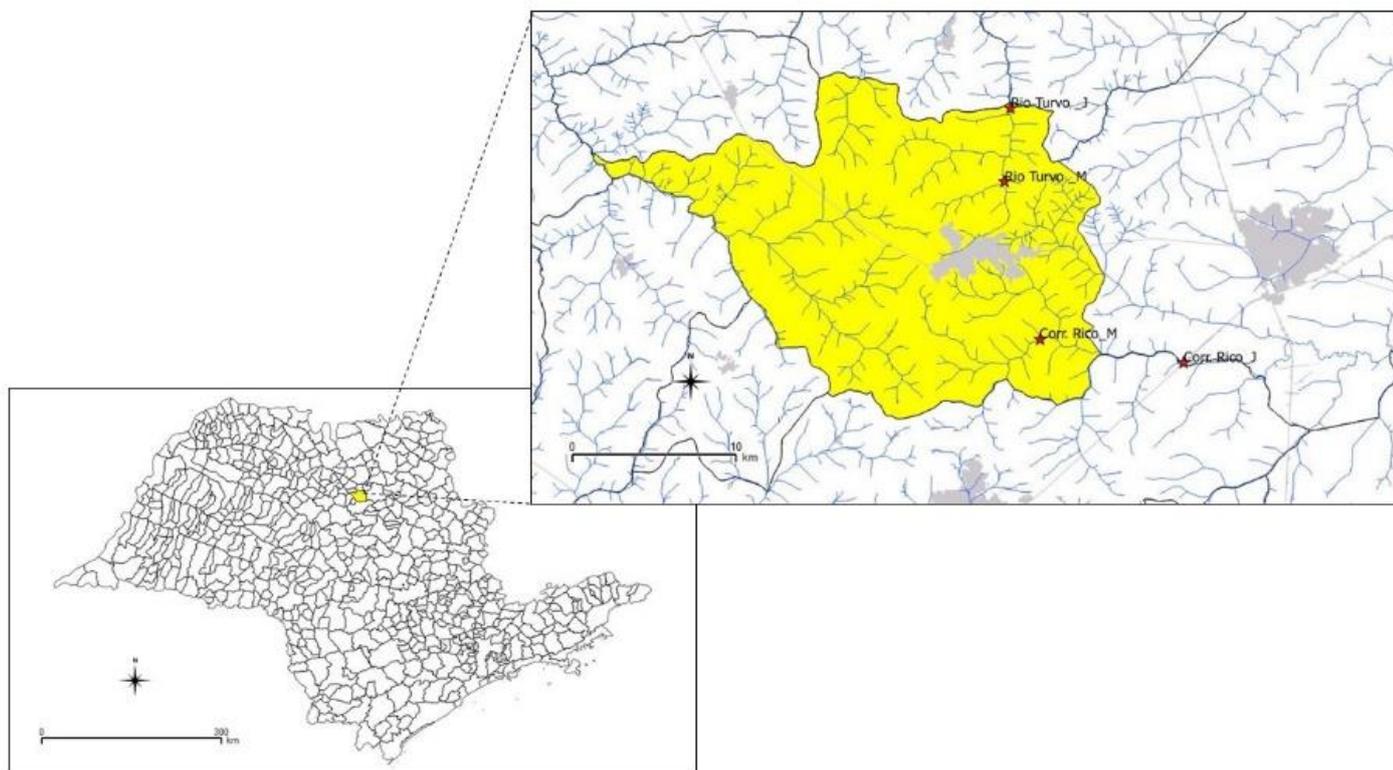
3. METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O município de Monte Alto (Figura 1) possui uma área territorial de 346.950 km², com aproximadamente 50.216 habitantes e densidade demográfica de 134,61 hab./km² (IBGE,2018). Localizado na região noroeste do estado de São Paulo (latitude 21°14'41" S, longitude 48°29'30" O), pertence à Bacia Hidrográfica Turvo Grande - UGRHI 15. Esta bacia ocupa uma área de 1.597.500ha e possui municípios com atividades predominantes em agropecuária e agroindústria (ARAUJO, 2008).

As principais atividades econômicas da cidade são de indústrias de artefatos de borracha, metalúrgica e de alimento, além do comércio que se concentra na região central da cidade e se expande pelos bairros, também possui a agricultura familiar, principalmente cebola, manga, limão e o cultivo de cana-de-açúcar. O município dispõe de 95,3% dos seus domicílios com esgotos sanitários adequados. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM, abrange indicadores de três dimensões: longevidade, educação e renda, o valor do IDHM desse município é de 0,768, sendo assim classificado como alto por estar na faixa entre 0,700 – 0,799 (PNUD, 2010).

Figura 1 – Mapa do município de Monte Alto/SP com destaque dos pontos amostrados da pesquisa. *Rio Turvo_M*: ponto localizado à montante do efluente da ETE do Rio Turvo; *Rio Turvo_J*: ponto localizado à jusante do efluente da ETE do Rio Turvo; *Corr. Rico_M*: ponto localizado à montante do efluente da ETE do Córrego Rico; *Corr. Rico_J*: ponto localizado à jusante do efluente da ETE do Córrego Rico.



3.2 Caracterização ambiental

Dentre os mananciais que banham o município de Monte Alto/SP, encontram-se o Rio Turvo e o Córrego Rico. Estes foram selecionados por apresentarem lançamento de efluente de estações de tratamento de esgoto no seu curso.

O delineamento amostral foi composto por quatro pontos visando detectar a influência dos efluentes das ETEs, conforme quadro abaixo:

Quadro 1- Pontos definidos para as coletas dos dados

Sigla	Definição
RTM	Trecho do Rio Turvo localizado à montante do lançamento do efluente da ETE
RTJ	Trecho do Rio Turvo localizado à jusante do lançamento do efluente da ETE
CRM	Trecho do Córrego Rico localizado à montante do lançamento do efluente da ETE
CRJ	Trecho do Córrego Rico localizado à jusante do lançamento do efluente da ETE

Rio Turvo

A nascente do Rio Turvo é localizada no município de Monte Alto/SP (latitude 21°15'37"S longitude 48°31'6" O) e deságua no município de Cardoso/SP, com aproximadamente 267 km de extensão, onde torna-se afluente do rio Grande (latitude 19°56'59" S longitude 49°55'06" O). Ele possui quase todo o leito protegido por mata fechada, banha 18 municípios possuindo 4 afluentes (ARAUJO, 2008). No trecho selecionado à montante, o Rio Turvo é considerado um rio de terceira ordem e no trecho à jusante, ele é denominado de quarta ordem.

O Rio Turvo é um importante rio do Estado de São Paulo, enquadrado nas classes "2", "3" e "4" segundo a resolução CONAMA 357/2005 e de acordo com o Decreto Estadual n. 10.755, de 22 de novembro de 1977, a região onde ocorreram as coletas o Rio Turvo é enquadrado em classe "4".

Sua extensão dentro do perímetro urbano da cidade de Monte Alto, é de aproximadamente 3.730m. Próximo a sua nascente, cerca de 615m, ele sofre um represamento em um condomínio fechado para área de lazer com finalidade pesqueira. Após essa represa ele segue seu curso dentro da cidade, próximo a residências e rodovia, também tendo nesse percurso empresas de artefatos de borracha e um matadouro desativado, nesse trajeto ele é canalizado por um trecho e depois segue

“naturalmente”. Na extensão fora do perímetro urbano, ele possui trechos com mata e trechos com pastagens, sem nenhuma preservação do seu curso.

A ETE do Turvo (Figura 2) está localizada na zona rural do município de Monte Alto-SP (21°13'26.97" S; 48°28'41.08" O), na estrada municipal de Monte Alto/ Ibitirama (distrito). A Estação possui uma vazão de 180m³/h e sistema de tratamento por lodos ativados modalidade aeração prolongada que promove maior eficiência e simplicidade no tratamento (informação verbal).¹

O sistema de lodos ativados é utilizado em nível mundial, compreendendo um sistema mais sofisticado e com maior consumo de energia elétrica. Esse processo possui diferentes variantes, sendo elas: lodo ativado convencional, lodo ativado com aeração prolongada, lodos ativados com fluxo intermitente (SPERLING, 1997).

Figura 2– Estação de tratamento de esgoto do Turvo, Monte Alto/SP



Fonte: Sabesp,2017

¹ Dados fornecido por Luciano Rizatti, funcionário da SABESP – Monte Alto/SP.

Córrego Rico

O Córrego Rico possui aproximadamente 541km de extensão e destaca-se por ser a principal fonte de água superficial de abastecimento de água para a cidade de Jaboticabal/SP (PISSARRA et al,2004). Ele pertence à Bacia hidrográfica Mogi-Guaçu-UGHRI 9, localizada na região nordeste do Estado de São Paulo e sudoeste de Minas Gerais, com uma área de drenagem total de 18.938 km². Essa UGRHI apresenta limites com a UGHRI 15 - Turvo/Grande (CBH,2017).

Ele também está enquadrado nas classes “2”, “3” e “4” de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 e segundo o decreto n. 10.755, de 22 de novembro de 1977, desde a confluência com o Ribeirão Jaboticabal ou Cerradinho até a confluência com o Rio Mogi-Guaçu no município de Jaboticabal, ele é classe”3”. Nos pontos de coletas, ele é classificado como classe “2” (informação verbal) ² e considerado um rio de terceira ordem no ponto à montante e no ponto à jusante, ele é denominado de quarta ordem.

A ETE do Córrego Rico (Figura 3) está localizada na zona rural do município de Monte Alto-SP (21°18’27.05” S; 48°27’7.26” O) na estrada municipal de Monte Alto/Jaboticabal, ela possui uma vazão de 170m³/h (informação verbal)².

O sistema de tratamento é lagoas de estabilização caracterizado por sua eficiência, simplicidade e baixo custo, funcionando como um processo biológico de tratamento de esgoto. As lagoas podem ser classificadas em: lagoas anaeróbias, facultativas e maturação. (KELLNER e PIRES, 1998).

² Dados fornecidos por Luciano Rizatti, funcionário da SABESP – Monte Alto/SP

Figura 3 – Estação de tratamento de esgoto do Córrego Rico, Monte Alto/SP.



Fonte: Sabesp, 2017

3.3. Caracterização dos pontos de coleta

Os pontos de coleta selecionados, foram caracterizados utilizando o Protocolo de Caracterização Ambiental Biota/FAPESP adaptado de Suriano (2008) (Anexo 1) e também o Protocolo de Avaliação de Impacto Ambiental (GOMES *et al.*, 2005) que verifica o índice de impacto de cada ponto, indicando o grau de preservação e a classe que estão enquadrados (Anexo 2).

Foram selecionados dois pontos em cada corpo d'água, um a montante e outro a jusante do efluente da estação de tratamento de esgoto, correspondendo-a: montante do Rio Turvo (RTM), jusante do Rio Turvo (RTJ), montante do Córrego Rico (CRM) e jusante do Córrego Rico (CRJ), esses pontos foram selecionados de acordo com os pontos já existentes para as coletas de água para as análises químicas e biológicas realizadas pela empresa SABESP- Monte Alto/SP. Em ambos os rios foram realizadas três coletas, totalizando 18 amostras em cada rio, nos seguintes períodos: Rio Turvo (setembro/2017, novembro/2017 e março/2018) e Córrego Rico (outubro/2017, dezembro/2017 e janeiro/2018).

Através do Protocolo de Caracterização Ambiental (Fapesp) foi realizada uma análise qualitativa das características de cada ponto. Detalhes na tabela 1.

- Trecho à montante do lançamento do efluente da ETE do Rio Turvo (RTM):

Possui pastagem como tipo predominante do solo ao entorno, ocorrendo em alguns trechos uma vegetação de gramíneas, arbustos e árvores. O sedimento é arenoso, com erosão elevada e profundidade média de aproximadamente 60cm.

- Trecho à jusante do lançamento do efluente da ETE do Rio Turvo (RTJ):

O solo predominante ao entorno possui monocultura (cana-de-açúcar), esse local apresenta uma vegetação de gramíneas, arbustos e árvores, com uma erosão moderada e cobertura dossel aberta. O sedimento é arenoso com profundidade média de aproximadamente 40cm a 1m.

- Trecho à montante do lançamento do efluente da ETE do Córrego Rico (CRM):

O solo ao entorno desse ponto possui agricultura como cana-de-açúcar e soja, o local apresenta uma vegetação de gramíneas, arbustos e árvores, com uma erosão moderada e cobertura dossel parcial a fechada. O sedimento é arenoso com profundidade média de aproximadamente 50cm a 1m.

- Trecho à jusante do lançamento do efluente da ETE do Córrego Rico (CRM):

Localizado próximo à rodovia, esse local apresenta uma vegetação de gramíneas, arbustos e árvores, com uma erosão elevada e cobertura dossel aberta a parcial. O sedimento arenoso com algumas de matacão; a profundidade média é de aproximadamente 50cm a 70cm.

Tabela 1– Caracterização ambiental dos pontos amostrais através da aplicação do Protocolo de caracterização ambiental proposto pelo Projeto Temático Biota/Fapesp (adaptado de Suriano, 2008).

	Rio Turvo Montante	Rio Turvo Jusante	Córrego Rico Montante	Córrego Rico Jusante
Coordenadas	21° 13' 23" S 48° 28' 47" O	21° 10' 56" S 48° 28' 35" O	21° 18' 36" S 48° 27' 38" O	21° 19' 23" S 48° 22' 53" O
Cobertura Dossel	Parcial	Aberta	Parcial	Aberta
Sedimento	Arenoso	Arenoso	Arenoso	Arenoso
Uso do solo no entorno	Pastagem	Agricultura	Agricultura	Rodovia
Erosão Local	Elevada	Moderada	Moderada	Elevada
Vegetação Ripária	Pastagem	Arbustos e árvores	Gramíneas, arbustos e árvores	Gramíneas, arbustos e árvores
Profundidade	40cm ($\pm 26,5$)	50cm ($\pm 43,6$)	80cm (± 30)	50cm ($\pm 17,32$)
Distância do efluente	38,8m	6.010m	908m	9.039m

Figura 4. Fotos dos pontos selecionados para as coletas das amostras do Rio Turvo. A- Réplica 1; B- Réplica 2 e C- Réplica 3 do ponto à montante do lançamento do efluente da ETE, D- Réplica 1; E- Réplica 2 e F- Réplica 3 do ponto à jusante do lançamento do efluente da ETE.





Figura 5. Fotos dos pontos selecionados para as coletas das amostras do Córrego Rico. G- Réplica 1; H- Réplica 2 e I- Réplica 3 do ponto à montante do lançamento do efluente da ETE, J- Réplica 1; K- Réplica 2 e L- Réplica 3 do ponto à jusante do lançamento do efluente da ETE.





3.4 Análise das variáveis ambientais

As coletas das amostras de água para obtenção dos resultados das variáveis químicas e biológicas foram realizadas nos mesmos pontos de coleta da fauna por um profissional responsável e concedidas pela empresa SABESP – Monte Alto/SP. As coletas foram realizadas segundo os procedimentos estabelecidos pelo SMWW, 22^a Edição, Método 1060 e 9060 (APHA, 2012).

As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Controle Sanitário de Lins – RTOCL para o procedimento das seguintes análises: Coliformes Totais, método 9223B; Oxigênio Dissolvido, método 4500 O – C; Potencial Hidrogeniônico, método 4500H+ B, todas analisadas conforme as normas do SMWW, 22^a Edição (APHA, 2012).

3.5. Coleta e identificação da fauna de macroinvertebrados aquáticos

As coletas das amostras de fauna foram realizadas com o auxílio de uma rede em “D” (malha 0,25mm) pelo método de varredura, próximas à região marginal, com esforço amostral de dois minutos para cada amostra.

No total foram realizadas seis atividades de campo, sendo três no Rio Turvo (setembro/2017, novembro/2017 e março/2018) e três no Córrego Rico (outubro/2017, dezembro/2017 e janeiro/2018), em ambos os rios foram amostrados três réplicas à montante do efluente da ETE e três réplicas à jusante do efluente da ETE, totalizando 36 réplicas, a distância entre as réplicas foi de aproximadamente 15m ou menos, pois havia pontos que existia grande dificuldade de acesso ou eram inacessíveis.

As amostras coletadas nos diferentes pontos foram acondicionadas em galões plásticos contendo água do próprio ambiente e conduzidas para o laboratório. Em seguida, foram oxigenadas com pequenos compressores de ar para aquário (Boyu Air Pump SC- 3500) para

manter os organismos vivos durante o processo de triagem. O material coletado foi lavado sobre peneira granulométrica com malha de 0,21 mm, visando facilitar o processo de triagem. Pequenas porções da amostra foram colocadas em bandejas plásticas de polietileno sobre uma caixa de luz. Os organismos obtidos na triagem foram fixados em álcool 70% e formalina 10% para Oligochaeta (PEIRÓ e ALVES, 2006; ALVES e GORNI, 2007; PEIRÓ e GORNI, 2010).

A identificação da fauna de macroinvertebrados aquáticos foi realizada sob microscópio estereoscópico e identificados até o nível de família e subfamília para Chironomidae de acordo com MUGNAI *et al.*, 2010; MACCAFERTY, 1981; TRIVINHO-STRIXINO, 2011; MORETTI, 2004; FROEHLICH, 2007.

3.6. Análise dos dados

Os valores das variáveis ambientais aferidas foram testados utilizando-se a análise de variância multivariada (MANOVA, Wilk's lambda) para identificar possíveis diferenças significativas entre os dados obtidos nos quatro trechos durante as seis coletas nos períodos de setembro/2017, outubro/2017, novembro/2017, dezembro/2017, janeiro/2018 e março/2018.

Visando estabelecer um padrão no grau de impactos dos trechos estudados relacionados com as variáveis químicas e biológicas (oxigênio dissolvido, pH e coliformes totais), foi realizada uma verificação por meio da Análise de Componentes Principais (ACP) (HOTELLING, 1933), onde as variáveis químicas e biológicas foram logaritimizadas, $\log_{10}(x+1)$, afim de minimizar o efeito dos valores discrepantes. Para análise dos dados foi utilizado o software Palaeontological Statistics (PAST – versão 1.49) (HAMMER *et al.*, 2001).

A análise da estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos de cada coleta foi realizada através das métricas: de riqueza de espécies (S), abundância (n), índice de diversidade de Shannon-Wiener

(H'). Os Intervalos de Confiança de 95% foram calculados com base na técnica de Bootstrap com 9999 repetições. O método Bootstrap é uma ferramenta que utiliza dados de todos os táxons coletados para estimar a riqueza total, não se restringindo aos táxons raros. Ele requer somente dados de incidência. A estimativa pelo Bootstrap é calculada somando-se a riqueza observada à soma do inverso da proporção de amostras em que cada espécie ocorre. Também foram utilizados a porcentagem de Chironomidae (%_C), porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera, Tricoptera e Coleoptera (%_EPTC) e índice biótico BMWP'. Esse índice é uma adaptação feita por Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega (1988) do índice original BMWP para completar a avaliação da qualidade ambiental. As pontuações para os macroinvertebrados bentônicos do índice BMWP' adaptado que foram utilizadas neste trabalho estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 – Valores de pontuação para tolerância a poluentes atribuídos aos táxons, proposto por Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega (1988).

FAMÍLIAS	PONTUAÇÃO
Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Calamoceratidae, Helicopsychidae, Megapodagrionidae, Athericidae, Blephariceridae.	10
Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegastridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae.	8
Ephemerellidae, Prosopistomatidae, Nemouridae, Gripopterygidae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephelidae, Ecnomidae, Hydrobiosidae, Pyralidae, Psephenidae	7
Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Thiaridae, Hydroptilidae, Unionidae, Mycetopodidae, Hyriidae, Corophilidae, Gammaridae, Hyalellidae, Atyidae, Palaemonidae, Trichodactylidae, Platycnemididae, Coenagrionidae, Leptohiphidae	6
Oligoneuridae, Polymitarcyidae, Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesiididae	5

Aegliidae, Baetidae, Caenidae, Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Sciomyzidae, Rhagionidae, Sialidae, Corydalidae, Piscicolidae, Hydracarina	4
Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae (Limnocoeridae), Pleidae, Notonectidae, Corixidae, Veliidae, Helodidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeridae, Glossiphonidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae, Ostracoda	3
Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae, Thaumaleidae	2
Oligochaeta (toda a classe), Syrphidae	1

A atribuição dos valores da tabela acima foi realizada aos organismos coletados nos pontos de amostragem, posteriormente estes valores foram somados.

A interpretação do total das pontuações do índice BMWP' foi realizada através da tabela de valores proposta por Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega (1988), correlacionando os valores a cinco graus diferenciados de contaminação da água e respectivas cores estipulada (Tabela 3).

Tabela 3 – Classe de qualidade com significado de valores do índice BMWP e as cores correspondentes, proposto por ALBA-TERCEDOR (1996)

Classe	Valor (BMWP')	Significado	Cor
I	>150 101-120	Águas muito limpas Águas limpas, sem alterações ou contaminação evidente	AZUL
II	61-100	Águas com algum sinal de contaminação	VERDE
III	36-60	Águas contaminadas	AMARELO
IV	16-35	Águas muito contaminadas	LARANJA
V	<15	Águas fortemente contaminadas	VERMELHO

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização Ambiental

De forma a complementar, o índice de impacto ambiental (GOMES *et al.*, 2005) que engloba variáveis diferentes das empregadas no protocolo acima, enquadra os pontos amostrados no presente estudo variando entre razoável a ruim, como mostrado na tabela 4 abaixo:

Tabela 4 - Classificação através do Protocolo de Avaliação de Impacto Ambiental (GOMES *et al.*, 2005) dos pontos selecionados do presente trabalho.

	RTM			RTJ			CRM			CRJ		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Cor da água	3	2	2	3	3	1	2	1	1	1	1	1
Odor	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Lixo ao redor	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Materiais flutuantes	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3
Espumas	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3
Óleos	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3
Esgoto	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Vegetação	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Uso de animais	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Uso por humanos	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3
Proteção do local	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Proximidade com residência	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1
Tipo de área de inserção	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1
Soma	32	31	31	32	32	30	31	31	31	28	29	29
Média (DP)	31,3 (±0,58)			31,3 (±1)			31 (±0)			28,7 (±1)		
Classe	C- Razoável			C- Razoável			C- Razoável			D- Ruim		

O ponto CRJ foi enquadrado na classe D-Ruim devido a variáveis com pontuação mínima, como cor, vegetação, proteção do local, proximidade com residência e tipo de área de inserção, sendo elas, aspectos que influenciam negativamente nos impactos ambientais desses

locais (GOMES *et al.*, 2005).

Os pontos RTM, RTJ e CRM foram classificados no limiar da classe C (razoável), com média de 31 pontos, aproximando-se dos valores de pontuação da classe D (ruim), que é determinado por 28 a 30 pontos. Estes pontos tiveram sua pontuação mínima também nas seguintes variáveis: vegetação, proteção do local e tipo de área de inserção, essas são de extrema importância para o ecossistema dos corpos d'água, esses fatores ajudam na preservação e evitam a facilidade de entrada de carreamento de poluições de origem antrópicas; a vegetação ao entorno efetua o papel de proteção, retenção de sedimentos, controlam a erosão, atenua os impactos do uso e ocupação do solo ao redor, entres outros (GOMES *et al.*, 2005).

4.2 Variáveis Ambientais

As variáveis químicas e biológicas são de grande importância para analisar a qualidade dos recursos hídricos, pois qualquer alteração dessas propriedades pode-se constatar um impacto ambiental.

A análise de variância multivariada (MANOVA, Wilk's lambda) resultou em um valor de 0,051 ($p < 0,05$), indicando uma variação significativa entre as variáveis químicas e biológicas (pH, OD e coliformes totais) dos quatro pontos (CRM, CRJ, RTM, RTJ) de amostragem.

O pH é considerado uma variável importante e ao mesmo tempo uma das mais difíceis de ser interpretada devido aos fatores que podem influenciar seu resultado. Com relação aos valores de pH os critérios de proteção à vida aquática para as águas doces de classe 2 e 4 fixam no intervalo de 6,0 a 9,0 (ESTEVES, 1998). Nesse estudo as amostras apresentaram o valor médio e desvio padrão de pH para o Rio Turvo à montante de 7,25 ($\pm 0,04$) e à jusante de 7,6 ($\pm 0,16$), para o Córrego Rico os valores foram de 6,9 ($\pm 0,34$) para a montante e 7,13 ($\pm 0,38$) para a jusante, mostrando assim, estarem dentro do padrão imposto pela

Resolução CONAMA nº 357/05.

O valor médio de OD encontrado no ponto RTM foi de 4,38mg/L (0,83) e no ponto RTJ foi de 3,81 mg/L (0,45). No Córrego Rico os valores encontrados foram de 4,3mg/L (0,94) para a montante e 5mg/L (1,41) para a jusante, observando que no ponto RTJ a variável OD teve diminuição no seu valor, já no ponto CRJ o valor da variável obteve aumento, provavelmente por ser um ponto com uma correnteza mais forte que o ponto CRM.

O Oxigênio Dissolvido (OD) em águas poluídas apresenta baixa concentração por conta do seu consumo na decomposição de compostos orgânicos, já as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido elevadas. Em estações de tratamentos e ambientes aquáticos naturais, o fornecimento adequado de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração, a eficiência do tratamento dos esgotos nos corpos receptores, pode ser avaliada através da medição da concentração dessa variável (ESTEVES, 1998).

Poucas são as exigências quanto à qualidade das águas para corpos hídricos de classe 4 como o Rio Turvo pela Resolução CONAMA nº 357/05, o OD deve ser superior a 2,0 mg/L de oxigênio em qualquer amostra, sendo assim os resultados estão dentro dos padrões estabelecidos pela referida Resolução. Para corpos hídricos classe 2 como o Córrego Rico, o OD deve ser em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L de oxigênio, apresentando esses resultados, o ponto CRM encontra-se abaixo do valor permitido e o ponto CRJ está exatamente no limite permitido pela Resolução CONAMA nº357/05.

Para a avaliação da qualidade das amostras de água com relação aos Coliformes Totais é requerido apenas o registro de presença ou ausência desta variável, as amostras registradas deste estudo mostraram que todas elas estão com CT presentes. No ponto CRJ teve diminuição de CT, já no ponto RTJ teve um aumento.

Os ecossistemas aquáticos são ambientes complexos, sendo considerados receptores naturais das paisagens e refletem o uso e ocupação do solo da sua bacia de drenagem. O assoreamento e homogeneização do

leito dos corpos d'águas, eutrofização artificial e diminuição da diversidades de habitats e microhabitats são alguns fatores da degradação antrópica. O monitoramento biológico reflete a integridade ecológica do meio aquático que através dos macroinvertebrados aquáticos mostram as modificações nas condições ambientais originais (GOULART E CALLISTO,2003).

Tabela 5 - Média e desvio padrão das variáveis ambientais amostradas nos pontos montante e jusante dos mananciais Córrego Rico e Rio Turvo do município de Monte Alto. CT: Coliformes Totais; OD: Oxigênio Dissolvido; pH: potencial Hidrogeniônico.

	RTM	RTJ	CRM	CRJ
CT (NMP/100ml)	14385 (\pm 3915)	25720 (\pm 4556)	15566 (\pm 17181)	8136 (\pm 4482)
OD (mg/L)	4,38 (\pm 0,83)	3,81 (\pm 0,45)	4,3 (\pm 0,94)	5 (\pm 1,41)
pH (u.pH)	7,25 (\pm 0,04)	7,6 (\pm 0,16)	6,9 (\pm 0,34)	7,13 (\pm 0,38)

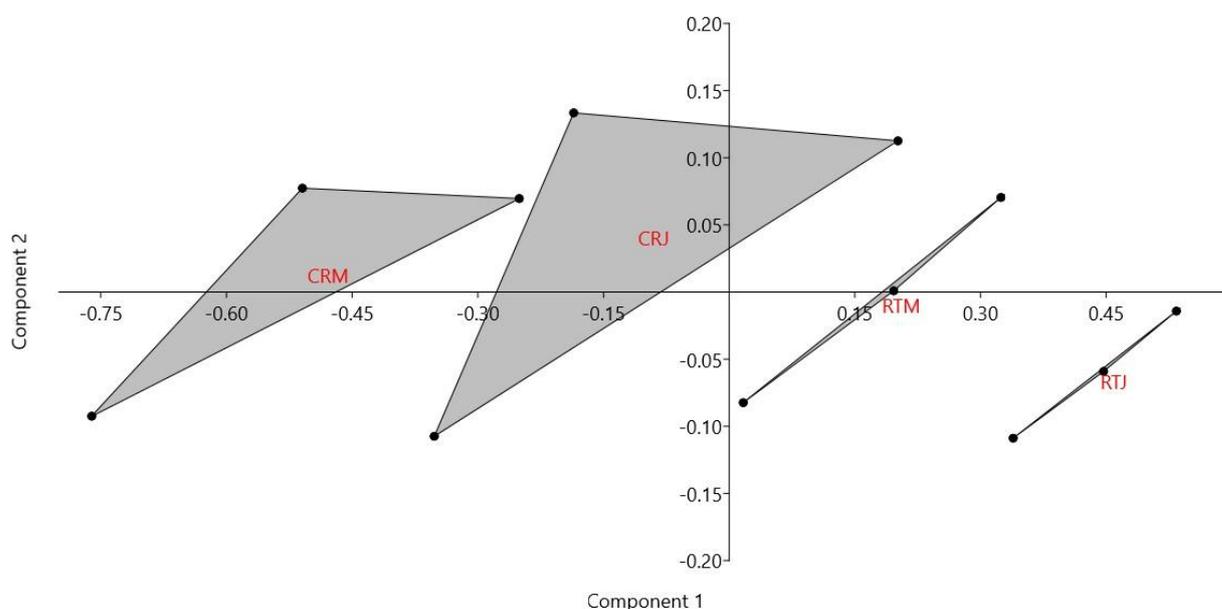
Considerando os resultados mostrados na tabela 5, podemos dizer que os pontos à jusante do efluente da ETE do Rio Turvo onde se observou o aumento de CT e diminuição do OD, são os mesmos pontos onde obteve o maior valor de abundância dos macroinvertebrados classificados como tolerantes ao enriquecimento orgânico.

Na Análise de Componentes Principais (ACP) (Gráfico 1), as variáveis foram divididas em dois eixos. Os dois primeiros eixos explicaram 99,92% da variabilidade dos dados. O eixo 1 foi responsável por 95,34% da variação dos dados e o eixo 2 por 4,58%, segundo a análise do gráfico. A variável CT ligou-se positivamente ao eixo 1 e o OD está ligado positivamente ao eixo 2. Já a variável pH não teve influência significativa.

De acordo com o diagrama da ACP, os pontos posicionados no lado direito-inferior do gráfico 1 indicam ambientes com alta concentração de CT e pouca de OD, em contrapartida os pontos localizados no lado esquerdo-superior indicam alta concentração de OD e baixa concentração de CT, portanto com base nessa análise fica nítido que os pontos do Córrego Rico à Montante apresentam melhor condição ambiental em

relação aos parâmetros analisados do que o Córrego Rico à Jusante, também ocorre com os pontos do Rio Turvo, os que estão à Jusante estão muito mais impactados com relação aos que estão à Montante.

Gráfico 1 – Diagrama de ordenação da Análise de Componentes Principais das variáveis ambientais registradas nos corpos d'água Rio Turvo e Córrego Rico do município de Monte Alto/ SP. *RTM*: Rio Turvo montante; *RTJ*: Rio Turvo jusante;



CRM: Córrego Rico montante; *CRJ*: Córrego Rico jusante.

4.3. Comunidade de macroinvertebrados aquáticos

No total foram identificados 7.936 indivíduos distribuídos em 3 subfamílias, 29 famílias, 2 classes e 2 ordens. Os táxons mais abundantes do Rio Turvo e do Córrego Rico foram Chironominae (76,36%), Oligochaeta (9,11%) e Acari (5,48%), a ordem mais diversa também foi a mesma para ambos mananciais, sendo ela a ordem Diptera (S=7), já a menos diversa foi Ephemeroptera (S=1) no Rio Turvo e Trichoptera (S=2) no Córrego Rico. As mais frequentes foram Chironominae e Oligochaeta no Rio Turvo e menos frequentes foram indivíduos pertencentes à ordem Coleoptera e Hemiptera. No Córrego Rico, os mais frequentes foram as

subfamílias Chironominae e Tanypodinae, as menos frequentes foram as ordens Tricophetera e Coleoptera. Maiores detalhes na tabela 6.

Tabela 6 – Abundância total dos táxons de macroinvertebrados aquáticos coletados no Córrego Rico e Rio Turvo, localizados no município de Monte Alto/SP.

Classificação Taxonômica	Rio Turvo Montante	Rio Turvo Jusante	Córrego Rico Montante	Córrego Rico Jusante
Diptera				
Chironominae	1681	4241	58	80
Tanypodinae	17	30	23	41
Orthocladiinae	1	0	3	1
Chaoboridae	0	0	0	3
Tipulidae	0	1	0	5
Culicidae	0	0	0	6
Ceratopogonidae	37	27	0	5
Gastropoda				
Thiaridae	38	1	4	18
Planorbidae	39	0	3	0
Physidae	7	0	2	0
Lymnaeidae	0	0	1	1
Hydrobiidae	3	0	4	0
Ephemeroptera				
Baetidae	68	1	58	13
Caenidae	0	0	7	0
Siphonoridae	0	0	1	0
Leptophlebiidae	0	0	0	2
Odonata				
Lestidae	9	3	21	2
Calopterygidae	4	5	0	2
Coenagrionidae	0	0	5	0
Gomphidae	0	0	0	1
Libellulidae	1	0	3	0

Trichoptera				
Odontoceridae	0	0	0	3
Hydroptilidae	0	0	2	0
Coleoptera				
Limnichidae (larva)	0	0	0	1
Elmidae	1	0	0	2
Noteridae	1	6	0	2
Gyrinidae (larva)	0	2	0	0
Dytiscidae	0	4	0	0
Hemiptera				
Belostomatidae	7	22	0	0
Veliidae	0	1	0	0
Gerridae	0	1	0	0
Colembola				
	0	0	0	1
Oligochaeta				
	126	445	81	71
Hirudinea				
	27	71	32	5
Acari				
	271	6	12	146

O valor de riqueza de táxons nos respectivos corpos d'água amostrados revelou uma maior riqueza no Córrego Rico com um total de 30 táxons e menor riqueza no Rio Turvo com 23 táxons. Já o índice de abundância total mostrou uma diferença significativa entre os dois corpos d'água. O Rio Turvo apresentou uma quantidade de 7.205 indivíduos enquanto o Córrego Rico apresentou 731 indivíduos.

Os valores do índice de Diversidade de Shannon evidenciaram as diferenças entre os dois corpos d'água estudados, sendo observada a maior diversidade no Córrego Rico montante ($H' = 2,18$), jusante ($H' = 1,96$) e a menor no Rio Turvo ($H' = 1,12$) à montante e $H' = 0,53$ à jusante. (Tabela 7).

Os valores da métrica %Chironomidae foram maiores no Rio Turvo, com aumento do valor nos pontos coletados à jusante do efluente da ETE, com 63,8% e 44,3% à montante, já no Córrego Rico a porcentagem foi de 27,4% à montante e de 25,1% à jusante (Tabela 7).

Tabela 7 – Métricas das comunidades utilizadas na avaliação do impacto ambiental do Rio Turvo e Córrego Rico de Monte Alto/SP.’

	CRM	CRJ	RTM	RTJ
Riqueza (S)	18	22	18	17
Abundância (n)	320	411	2338	4867
Índice de Shannon-Wiener (H')	2,18 (2,08-2,28)	1,96 (1,89-2,09)	1,12 (1,07-1,18)	0,53 (0,50-0,56)
%EPTC	21	5	12	1
%Chironomidae	27	28	44	64

A família Chironomidae teve dominância nas amostras coletadas no Rio Turvo com 74,6% do total de organismos coletados nesse manacial. As larvas de Chironomidae são organismos tolerantes à poluição orgânica, sua abundância teve aumento nitido nos pontos à jusante da Estação de Tratamento, e também o aumento no aparecimento de organismos da classe Oligochaeta. Com esses resultados podemos inferir que o efluente da Estação de Tratamento de Esgoto pode estar alterando a composição do corpo d’água estudado com enriquecimento orgânico, acarretando desta forma, impactos negativos na fauna aquática.

Ambientes enriquecidos organicamente podem apresentar elevada dominância de grupos que possuem alta tolerância a essa condição, em nível família, os Chironomidae suportam uma ampla gama de condições ambientais (WILDING *et al.*, 2018). Vários estudos, entre eles Callisto (2001); Callisto *et al.* (2002a); mostraram a relação dos organismos da ordem Diptera, principalmente da família Chironomidae com ambientes enriquecidos organicamente.

A eutrofização influencia na estrutura da comunidade bentônica de um corpo d’água, resultando uma alta biomassa e baixa diversidade taxonômica(CALLISTO *et al.*, 2002b).

Ferreira *et al* (2012), Santos & Melo (2017), também corroboraram com resultado de que Chironomidae e Oligochaeta são organismos dominantes em águas de má qualidade, mostrando em seu resultado grande abundância desses grupos em locais de degradação e poluição causada pelo homem.

A dominância de indivíduos de Chironomidae sobre outros táxons, pode ser explicada pelo hábito alimentar, generalistas e oportunistas. De acordo com Amorim & Castillo (2009), foi observado predomínio de Oligochaeta em substrato arenoso e rico em detritos e nos ecossistemas com sedimentos ricos em matéria orgânica em decomposição, predominou Chironomidae.

Corbi & Trivinho-Strixino (2017), mostraram a relação da comunidade de Chironomidae com o uso e ocupação do solo pelo cultivo de cana-de-açúcar. Os autores detectaram os impactos agrícolas que influenciam a estrutura da comunidade, e demonstraram a importância da mata ciliar para a preservação dos corpos d'água e da fauna presente neles. Os nossos resultados corroboram essa informação, uma vez que o entorno dos ambientes estudados também são ausentes de mata ciliar. Nota-se também presença de monoculturas e resíduos de origem antrópica próximas de todos os pontos de coleta.

O segundo grupo mais abundante foi Oligochaeta, com 9,1% da fauna total encontrada no estudo.

Behrend *et al.* (2012), observaram que a abundância da assembléia de Oligochaeta aumentou nos ambientes onde ocorrem mais atividades antropogênicas, intensificando a entrada de matéria orgânica no rio, deixando assim o ambiente em condições ideais para esse grupo de macroinvertebrados que a maioria estão relacionados à tolerância de baixa qualidade da água.

Rosa *et al.* (2014), em pesquisa sobre a relação das assembléias de Chironomidae e Oligochaeta ao longo de um gradiente de poluição orgânica, registraram os gêneros das subfamílias Orthocladiinae e Tanyptodinae em locais onde os níveis de oxigênio dissolvido eram maiores. Ademais, táxons de Oligochaeta e do gênero *Chironomus* foram encontrados em locais mais poluídos organicamente, portanto os dados faunísticos foram efetivos para diagnosticar o gradiente de poluição do rio estudado.

Em estudo sobre a influência de variáveis ambientais em relação

a comunidade de Oligochaeta, Gorni & Alves (2015), associaram a ocorrência de espécies de Oligochaeta à condições de ambientes com altos valores de matéria orgânica, registrando em seu estudo organismos tolerantes e generalistas.

O índice de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Coleoptera (%EPTC), foi maior no Córrego Rico, com 21% à montante e 5% à jusante, em contrapartida, no Rio Turvo, porcentagem de EPTC foi 12% à montante e 1% à jusante. Estas ordens de macroinvertebrados, foram mais abundante nos pontos à montante dos efluentes das ETEs. Esses resultados permitem destacar o Córrego Rico como um corpo hídrico com águas de melhor qualidade quando comparado ao Rio Turvo, que apresentou baixa porcentagem à montante e nula à jusante. Considerando ainda este resultado, podemos mencionar que os efluentes das ETEs podem estar influenciando nas alterações e mudanças da fauna aquática.

O presente trabalho corrobora resultados obtidos por Moreno, 2008; Amorim & Castillo, 2009. Os autores registraram redução no índice %EPT proporcionalmente à redução da qualidade da águas dos ambientes estudados. Ainda, a referida pesquisa discute que a poluição orgânica, a degradação ambiental, devastação da mata ciliar, uso e ocupação do solo acarretam diminuição da diversidade na comunidade de macroinvertebrados aquáticos, principalmente dos grupos titulados como “sensíveis”.

Remor *et al* (2014), observou em seu estudo a qualidade do Rio das Pedras, que concluiu possuir águas não poluídas, constatando um sistema perceptivelmente não alterado. Estudos em áreas conservadas, com mata ciliar presente e distante de ações antrópicas, mostram através do uso de macroinvertebrados aquáticos e variáveis químicas, físicas e biológicas, que as atividades antrópicas, poluição orgânica, ausência de mata ciliar, uso inadequado do solo, lançamento de efluentes domésticos e industriais, alteram a qualidade da água dos corpos d'água (REMOR *et al*, 2014).

Alta diversidade e abundância de macroinvertebrados foram

observadas em um riacho alimentado por águas subterrâneas, que tendem serem mais estáveis e menos poluídas. Também, foram encontrados em todos os pontos coletados, os táxons indicadores (Ephemeroptera, Plecoptera e Tricoptera), apontando assim, alta qualidade da água. O resultado das medições químicas, também corroborou ao resultado da análise faunística (FREIMARK *et al*, 2017).

AbdAllah AT *et al* (2017), em revisão bibliográfica, discutem a capacidade de diferentes grupos de invertebrados, como anelídeos, moluscos, artrópodes, zooplâncton, etc., de armazenar contaminantes inorgânicos, e assim contribuir de forma decisiva na avaliação e biomonitoramento de ambientes aquáticos. Com relação à contaminantes considerados perigosos, como metais pesados, pesticidas, herbicidas entre outros, foram mostrados efeitos tóxicos nos organismos vivos, podendo reduzir a atividade reprodutiva, inibir o crescimento e desenvolvimento e até mesmo causar a morte. O aumento ou a diminuição da abundância e riqueza desses organismos são variáveis que podem ser utilizadas na verificação da qualidade da água.

Analisando os dados do índice BMWP a qualidade da água dos pontos RTM, CRM e CRJ foi classificada em Classe II (Tabela 8) que é considerado como águas com alguns efeitos evidentes de contaminação. Ambientes que podem indicar maior índice qualidade, quando apresentam organismos resistentes a poluição, são capazes de mostrar que o meio está sendo impactado por ações antrópicas (CAVACA *et al*, 2014).

Tabela 8- Resultados da pontuação total, classe e cor do índice BMWP dos corpos d'água estudados no presente trabalho.

	RTM	RTJ	CRM	CRJ
Pontuação BMWP'	66	59	78	87
Classe	II	III	II	II
Cor	VERDE	AMARELO	VERDE	VERDE

No ponto RTJ a qualidade foi avaliada em Classe III (Tabela 9), considerando assim águas contaminadas devido à baixa riqueza de táxons sensíveis a poluição. Neste ponto a abundância de indivíduos resistentes como os da subfamília Chironominae e da classe Oligochaeta e a baixa diversidade, é provavelmente creditado à quantidade de matéria orgânica em decomposição lançada, causando assim a redução da concentração de OD. A composição taxonômica e abundância dos organismos, associados à pontuação alcançada pelo índice BMWP, demonstram que este ponto apresenta degradação ambiental corroborando informações de Callisto *et al*, 2001.

Em seu trabalho, Rezende *et al* (2012) descreveram que ambientes degradados possuem pouca riqueza de macroinvertebrados aquáticos, sendo importante atentar aos táxons sensíveis, tolerantes e resistentes. Ruaro *et al* (2010), em pesquisa sobre a qualidade do rio Clarito, no estado do Paraná, através do índice BMWP, não encontraram indivíduos classificados como sensíveis, porém, observaram elevadas densidades de espécies da família Chironomidae. Os autores destacam os impactos sofridos no ambiente aquático da pesquisa e sua relação com atividades antrópicas.

Além da decomposição da matéria orgânica e redução do oxigênio dissolvido, existem outros fatores que podem influenciar a baixa diversidade de organismos, como por exemplo, redução de Áreas De Proteção Permanente (APPs), e padrões agroindustriais de uso e ocupação do solo. Pinto *et al* (2011) registraram carreamento de fertilizantes e pesticidas provenientes de monoculturas de cana-de-açúcar em nascentes. Esse fator impõe condições limitantes aos organismos, refletindo assim na diversidade e na dinâmica das populações. Dados como estes demonstram a importância da mata ciliar preservada e áreas verdes para melhor qualidade da água e do ecossistema.

O índice BMWP corroborou o resultado da fauna encontrada em nossas amostras. O ponto RTJ foi classificado como classe III, apresentando elevada abundância de organismos Chironominae

(Chironomidae). Essa subfamília é considerada tolerantes a poluição, sendo classificada como nível 2 por Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega (1988) (vide Tabela 9) Outro grupo de destaque são os vermes Oligochaeta, que ainda segundo os referidos autores, também deve ser classificado como muito tolerante sendo enquadrado na pontuação 1.

Tabela 9 - Pontuação do índice BMWP dos táxons de macroinvertebrados aquáticos encontrados nos pontos à montante e à jusante do Rio Turvo - Monte Alto/ SP.

Família	Pontuação
Lestidae, Calopterygidae, Libellulidae	8
Thiaridae	6
Tipulidae, Elmidae	5
Ceratopogonidae, Baetidae, Acari	4
Planorbidae, Physidae, Hydrobiidae, Gyrinidae, Dytiscidae, Veliidae, Gerridae, Hirudinea	3
Chironominae, Tanypodinae, Orthocladiinae	2
Oligochaeta	1

Tabela 10- Pontuação do índice BMWP dos táxons de macroinvertebrados aquáticos encontrados nos pontos à montante e à jusante do Córrego Rico- Monte Alto/ SP

Família	Pontuação
Siphonuridae, Leptophlebiidae, Odontoceridae	10
Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Libellulidae	8
Hydroptilidae, Thiaridae, Coenagrionidae	6
Elmidae	5
Baetidae, Caenidae, Acari	4
Planorbidae, Physidae, Lymnaeidae, Hydrobiidae, Hirudinea	3
Chironominae, Tanypodinae, Orthocladiinae, Culicidae	2
Oligochaeta	1

Trabalho como o de Martins *et.al.* (2008), avaliou a qualidade da água de um córrego urbano utilizando espécies da família Tubificidae (Annelida: Oligochaeta). Seu resultado revelou foi elevada densidade de

espécies amplamente reconhecidas como indicadora de poluição orgânica. Com isso foi possível constatar que o córrego recebe alta carga de material orgânico oriundo de ações humanas e assim confirmando o potencial dos tubificídeos na avaliação da qualidade de ambientes aquáticos. De maneira similar, Lin & Yo (2008) também mostraram o efeito da poluição orgânica na abundância e distribuição de Oligochaeta. Os resultados indicam forte relação entre espécies e a carga orgânica, estabelecendo uma opção prática para índices bióticos e aplicação na avaliação da qualidade dos ambientes aquáticos através de Oligochaeta.

Apesar de termos registrados no presente trabalho organismos da ordem Ephemeroptera, genericamente classificados como indicadores de ambientes não poluídos, algumas famílias registradas no presente estudos indicam o contrário. Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega (1988) caracterizam as famílias Baetidae e Caenidae (ambas Ephemeroptera) como sendo organismos relativamente tolerantes a poluição, classificadas no nível 4. Cabe ressaltar nessa pontuação, estão incluídas famílias que se assemelham aos dípteros, genericamente classificados como tolerantes e resistentes a poluição orgânica.

O grupo Acari é pouco relatado e descrito na literatura como táxon indicador. Aspectos sobre sua ecologia e taxonomia são pouco conhecidos, sendo assim, torna-se difícil discutir sobre esse táxon, o que se sugere mais pesquisas sobre esta temática.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- As métricas calculadas das comunidades de macroinvertebrados aquáticos, sugerem que as águas dos mananciais estudados sofreram alterações e sobrecarga de matéria orgânica, principalmente nos trechos à jusante dos efluentes das ETEs.
- A condição de degradação dos mananciais estudados e sua relação com o lançamento dos efluentes das ETEs corroborados pela análise das variáveis químicas: oxigênio dissolvido e pH, e variável biológica: coliformes totais.
- A elevada densidade de organismos (Chironomidae e Oligochaeta) nos pontos com alta concentração de CT e baixo OD, são considerados macroinvertebrados tolerantes, que indicam ambientes enriquecidos organicamente. Com isso pode-se dizer que o efluente da ETE do Rio Turvo pode ter influência direta na qualidade ambiental, pois são os pontos à jusante do efluente da ETE.
- Cabe ressaltar que também há necessidade de estudo detalhado do uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas de Monte Alto/SP, visando investigar a influência das águas pluviais na qualidade dos corpos d'água.
- Nessa pesquisa, fica clara a necessidade estudos periódicos, com uma escala temporal maior, visando avaliar a eficiência dos tratamentos das ETEs nos corpos d'água de Monte Alto/SP.
- Este estudo demonstrou que o monitoramento ambiental através da comunidade de macroinvertebrados aquáticos apresenta-se como ferramenta essencial, eficaz e de baixo custo, na avaliação da qualidade dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ABDALLAH AT. Efficiency of invertebrate animals for risk assessment and biomonitoring of hazardous contaminants in aquatic ecosystem, a review and status report. *Environ Risk Assess Remediat*, v.1(1):13-18, 2017.

ALBA-TECEDOR, J; SÁNCHEZ-ORTEGA, A. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de HELLAWEL. *Limnética*, v4, p. 51-56, 1988.

ALVES, R. G., GORNI, G. R. Naididae species (Oligochaeta) associated with submersed aquatic macrophytes in two reservoirs (São Paulo, Brazil). *Acta Limnol. Bras*, v. 19, n. 4, p. 407-413, 2007.

AMORIM, A. C. F.; CASTILLO, A. R. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água do baixo Rio Perequê, Cubatão, São Paulo, Brasil. *Biodiversidade Pampeana Uruguiana*, v. 7, n. 12, p.16-22, 2009.

APHA. Standard Methods For The Examination Of Water and Wastewater, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation Washington, DC, 2012.

BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D. & STRIBLING, J. B. **Rapid bioassessment protocols for use in stream and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish**. 2^a ed. EPA-U.S. Environmental Protection Agency, Office for Water, Washington, 1999.

BEHREND, R.D.L.; TAKEDA, A.M.; GOMES, L.C.;
FERNANDES, S.E.P. Using Oligochaeta assemblages as an indicator of
environmental changes. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, no. 4, p.
873-884, 2012.

BOYERO, L.; BAILEY, R. C. Organization of
macroinvertebrate communities at a hierarchy of spatial scales in a
tropical stream. **Hydrobiologia**, v. 464, p. 219-225, 2001.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. **Monitoramento de
quantidade e qualidade faz águas**. In: Rebouças, A. C.; Braga. B.;
Tundisi, J. G. (Org.). *Água doce no Brasil: capital ecológico, uso e
conservação*. 3. Ed. São Paulo: Escrituras Editora, Cap.5, p.145-160,
2006

CALLISTO, M; FERREIRA, W. R.; MORENO, P; GOULART,
M & PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da
diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ).
Acta Limnologica Brasiliensia, 14(1):91-98, 2002a

CALLISTO, M.; GONÇALVES, J. F.; MORENO, P.
Invertebrados aquáticos como bioindicadores. In: GOULART, E. M. A.
(Ed). **Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais**, 2005.

CALLISTO, M; MORENO, P.; GONÇALVES, J. F. Jr.; LEAL,
J. J. F.; ESTEVES, F.A. Diversity and biomass of chironomidae (Diptera)
larvae in an impacted coastal lagoon in Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian
Journal of Biology**, 62(1): 77-84, 2002b.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M.
Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de
riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 1, p. 71-82.

2001.

CAVACA, H. S.; CARVALHO, M. A. G.; ARAUJO, A. C. S. Riqueza e abundância de macroinvertebrados bentônicos em riachos associados a diferentes fitofisionomias sobre a formação Barreiras. **Revista Natureza** online, Vila Velha, p. 224-229, 2014.

CETESB, São Paulo. Apêndice D – Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade, 2017. Disponível em: <https://www.cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAndice-D-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>. Acesso em: 15/01/2018.

CETESB. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2016. São Paulo, p. 287. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 10/11/2017

CBH (Comitê de Bacia Hidrográfica). Bacia Hidrográfica de Mogi-Guaçu – UGRHI 9. Disponível em: <http://www.grande.cbh.gov.br/UGRHI9.aspx>. Acesso em: 26/08/2017.

CBH (Comitê de Bacia Hidrográfica). Bacia Hidrográfica Turvo Grande – UGRHI 15. Disponível em: <http://www.grande.cbh.gov.br/UGRHI15.aspx>. Acesso em: 05/12/2017.

CORBI, J.J.; TRIVINHO-STRIXINO, S. . Chironomid species are sensitive to sugarcane cultivation. *HYDROBIOLOGIA JCR*, v. 785, p. 91-99, 2017.

DODEMAIDE, D. T.; MATTHEWS, T.G.; IERVASI, D.; LESTER, R. E. Anthropogenic water bodies as drought refuge for aquatic macroinvertebrates and macrophytes. *Science of the Total Environment* 616–617 (2018) 543–553, 2017.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 146-171p., p. 485-503, 1988

FERREIRA, W. R.; RODRIGUES, D. N.; ALVES, C. B. M.; CALLISTO, M. Biomonitoramento de longo prazo da bacia do Rio das Velhas através de um índice multimétrico bentônico. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 17 n.3, p. 253-259, 2012.

FONSECA-GESSNER, A. A.; GUERESCHI, R. M. **Macroinvertebrados bentônicos na avaliação da qualidade da água de três córregos na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP, Brasil**. In: SANTOS, J. E.; Pires, S. R. (Eds). *Estação Ecológica de Jataí*. São Carlos: Rima, v. 2, p. 707-720, 2000.

FREIMARK, C.; JAMESON, E.; JUBERA, K.; SCHNEIDER, B. Effect of abiotic factors on the diversity and abundance of aquatic macroinvertebrates in the east and West branches of the maple river, Michigan, USA. *University of Michigan Biological Station*. EEB381, 2017.

FREIRE, R.S.; PELEGRINI, R; KUBOTA, L.T.; DURÁN, N.; ZAMORA, P.P. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. **Química nova**, 23 (4), 2000.

FROEHLICH, C. G (Org.). *Guia on-line: Identificação de larvas de insetos aquáticos do estado de São Paulo*, 2007. Disponível

em: <http://www.sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>. Acesso em: 15/06/18.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: Análise macroscópica. Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. **Sociedade & Natureza**, vol. 17, n. 32, p. 103-120, 2005.

GORNI, G. R. **Oligochaeta (Annelida:Clitellata) em córregos de baixa ordem do Parque Estadual de Campos do Jordão (São Paulo, Brasil)**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Dissertação de mestrado), 77p, 2007.

GORNI, G. R.; ALVES, R. G. Influência de variáveis ambientais sobre a comunidade de oligoquetos (Annelida: Clitellata) em um córrego neotropical. **Biotemas**, 28 (1): 59-66, 2015.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista FAPAM**, ano2, nº1,2003.

HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R., B. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. 1ed., Manaus: Editora do INPA, 2014.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN P. D. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, E.U.A, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001.

HERIQUES-OLIVEIRA, A. L.; DOVILLÉ, L. F. M. Feeding habitats of chironomid larvae (Insecta: Diptera) from a stream in the Floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, Brasil. **Brazilian Journal Biology**, v.

63, n. 2, p. 269-281, 2003.

HOTELLING, H. **Analysis of a complexo statistical variables into principal componets**, J. Educational Psychol., 24, p. 417-441; p. 498-520, 1933.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Cidades – São Paulo. Disponível no site: www.ibge.com.br. Acesso em: 22/11/2016.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Cartas e mapas. Disponível em: http://geofpt.ibge.gov.br/produtos_educacionais/atlas_educacionais/atlas_geografico_escolar/mapas_do_brasil/mapas_estaduais/fisico/sao_paulo.pdf. Acesso em: 02/03/2018.

LIN, KJ.; YO, SP. The effect of organic pollution on the abundance and distribution of aquatic oligochaetas in an urban water basin, Taiwan. **Hydrobiologia**, v. 596, n. 1, p. 213-223, 2008.

KELLNER, E.; PIRES, E.C. **Lagoas de estabilização: projeto e operação**. Rio de Janeiro: ABES, p. 13-17, 1998.

MACCAFERTY, W.P. Aquatic Entomology. Jones and Bartlett Publishers Inc, Boston, 1981

MARGALEF, F. **Limnología**. Barcelona, Omega, 1010p., 1983

MARTINS, R. T.; STEPHAN, N. N. C.; ALVES, R.G. Tubificidae (Annelida: Oligochaeta) as an indicator of water quality in an urban stream in southeast Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 20, n. 3, p. 221-226, 2008.

MELO, A. S.; HEPP, L., U. Ferramentas estatísticas para análises de dados provenientes de biomonitoramento. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12(3): 463-486, 2008.

MERRITT, R. W.; CUMMIND, K. C.; BERG, M. B. Trophic Relationships of Macroinvertebrates. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Dubuque, Kendall & Hunt Publishing Co, cap.20 p. 413-433, 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **CONAMA 357/2005**.

Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 27/11/2017.

MORENO, P. **Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta na avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio das Velhas (MG)**. Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre. (Tese de doutorado), 106p., 2008.

MORETTI, M. S. Atlas de identificação rápida dos principais grupos de macroinvertebrados bentônicos. Laboratório de ecologia de bentos da UFMG Belo horizonte, MG, 2004. Disponível em: www.icb.ufmg.br/big/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/AtlasBenthos.pdf.

MORETTI, M. S.; MORENO, P. **Ecologia e funcionamento de ecossistemas aquáticos**. Minicurso de Biologia, Universidade do Vale do Sapucaí, 2006.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J.L., BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Estado do Rio de**

Janeiro. 1.Ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.

NESSIMIAN, J.L.; CARVALHO, A.L. **Ecologia de Insetos Aquáticos**. Rio de Janeiro. **Oecologia Brasiliensis**, PPGE-UFRJ, p. 309, 1998.

NESSIMIAN, J. L.; SANSEVERINO, A. M. Structure and dynamics of chironomid fauna from a sand dune marsh in Rio de Janeiro State, Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v.30, p.207-219, 1995.

ODUM, E. **Fundamentos de Ecologia**. 5. Ed. São Paulo: Thomson Learnig, 2007.

OLIVEIRA, L. G.; FROEHLICH, C. G. Diversity and community structure of aquatic insects (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera) in a mountain stream in southeastern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 9, p. 139-148, 1997.

PEIRÓ, D. F., ALVES, R.G. Insetos aquáticos associados a macrófitas da região litoral da represa do Ribeirão das Anhumas (Município de Américo Brasiliense, São Paulo, Brasil). **Biota Neotropica**, v. 6, n. 2, p. 1-9, 2006.

PEIRÓ, D.F., GORNI, G.R. Diferença na composição da entomofauna aquática associada a duas plantas de hábitos diferentes em um tanque de piscicultura. **Multiciência**, v.10, p. 149-160, 2010.

PINTO, A. S.; MOURA, D. A.; LIMA, F. P. A.; CORBI, J. J. Levantamento dos macroinvertebrados aquáticos do córrego lagoa serena, instituto de biotecnologia, UNIARA: avaliação do possível impacto ambiental do represamento. **Revista UNIARA**, v. 13, p. 114-123, 2011.

PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento). IDHM, 2010. Disponível em: <http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/conceitos/o-que-e-o-idhm.html>. Acesso em: 16/10/18.

POSSETI, R. B. Avaliação do impacto da estação de tratamento de esgoto (ETE) do município de Araraquara-SP, no manancial Ribeirão das Cruzes, pela utilização dos macroinvertebrados aquáticos como bioindicadores. Escola de engenharia de São Carlos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento (Dissertação de mestrado). 50p. 2015.

REMOR, M.B.; HERMOSO, M.; SGARBI, L. F.; PRESTES, T. M. V.; CÂMARA, C. D.; MODEL, K. J. Qualidade da água do Rio das Pedra, oeste do Paraná, utilizando macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores. Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR, Umuarama, v. 17, n.2, p. 121-129, 2014.

REZENDE, R. S.; SANTOS, A. M.; GONÇALVES, J. F. Avaliação ambiental do rio Pandeiros utilizando macroinvertebrados como indicadores de qualidade de água. Ecología Austral (En línea), Florianópolis, v. 22, p. 159-169, 2012.

RODRIGUES, E.; JUSTINO, A.; SANTANA, V. **Gestão e Ambiente – a Água e a Indústria.** Editora Pergaminho, Ltda, Cascais, 2001

ROQUE, F.O. Distribuição espacial dos macroinvertebrados Bentônicos nos Córregos do Parque Estadual do Jaraguá (SP): Consideração para a conservação ambiental. 76p. Dissertação (mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2000.

ROQUE, F.O.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Chironomidae (Diptera) em córregos do Parque Estadual do Jaraguá: Considerações para conservação *in situ*. **Entomologia y Vectores.**, 1999.

ROQUE, F. O.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Benthic macroinvertebrates in mesohabitats of different spatial dimensions in a first order stream (São Carlos - SP). **Acta Limnologica Brasiliensia**, vol. 13, p. 69-77, 2001.

ROSA, B. J. F. V.; RODRIGUES, L. F. T.; OLIVEIRA, G. S.; ALVES, R. G. Chironomidae and Oligochaeta for water quality evaluation in an urban river in southeastern Brazil. **Environ Monit Assess**, 186:7771–7779, 2014.

RUARO, R. R.; AGUSTINI, M. A. B.; ORSSATO, F. Avaliação da qualidade da água do rio Clarito no município de Cascavel (PR), através do índice BMWP adaptado. *Revista Saúde e Biologia.*, v. 5, n. 1, p. 5-12, jan./jul, 2010.

SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). Estação de tratamento de Monte Alto. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Municipio.aspx?secaoId=18&id=38>
3. Acesso em: 05/12/2016.

SALVADOR, N. N. B. Tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2013 (Apostila).

SANTOS, M. O; MELO, S. M. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de nascentes – Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores. *Journal of Environmental Analysis and Progress* V. 02 N. 01, p.36-43, 2017.

SPERLING, M.V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: lodos ativados**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, p. 11-26, 1997.

SPERLING, M.V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. 3ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

STRIXINO, G.; STRIXINO, S. T. Macrobentos da represa Monjolinho – São Carlos – SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 42. p. 165-170, 1982

SURIANO, M.T. and FONSECA-GESSNER, A. A. Chironomidae (Diptera) larvae in streams of Parque Estadual de Campos do Jordão, São Paulo State, Brazil. **Acta Limnologia Brasiliensia**, vol.16, nº 2, p.129-136, 2008.

TRIVINHO-STRIXINO, S. Chironomidae (Insecta, Diptera, Nematocera) do Estado de São Paulo, Sudeste do Brasil. **Biota Neotropica** v.11(1a): (<http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1a/pt/abstract?inventory+bn0351101a2011>), 2011.

TUNDISI, J. G. Limnologia no século XXI: perspectiva e desafios. **Conferência de abertura do VII Congresso Brasileiro de Limnologia**. Instituto Internacional de Ecologia. 24p, 1999.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; ROCHA, O. Ecossistemas de águas interiores. In: TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, 2003.

VANZELA, L.S; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M.
Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego
Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e
Ambiental**, v.14, n.1, p.55–64, Campina Grande, PB, UAEA, 2010.

WILDING, N.A; WHITE, J. C.; CHADD, R.P; HOUSE, A;
WOOD, P. J. The influence of flow permanence and drying pattern on
macroinvertebrate biomonitoring tools used in the assessment of riverine
ecosystems. **Ecological Indicators** v. 85, 548–555, 2018.

Anexo 1: Protocolo de caracterização ambiental proposto pelo grupo do Projeto Temático Biota/Fapesp (Adaptado)

Nome do Projeto:	
Bacia Hidrográfica:	
Nome do Córrego:	Ordem do córrego:
Coordenadas:	
Data:	Hora:
Coletores:	

Caracterização Física/Qualidade da água

Tipo predominante do uso do solo no entorno

- Floresta
- Cerrado
- Pastagem
- Agricultura
- Agropecuária
- Residencial
- Industrial
- Outros – Quais?

Erosão Local

- Nenhuma
- Moderada
- Elevada

Vegetação Ripária Dominante

- Árvores

- Arbustos
- Gramíneas
- Herbáceas

Características dos Pontos de Coleta

Profundidade _____m

Largura _____m

Cobertura do Dossel

- Aberta
- Parcial
- Fechada

Sedimento:

- Leito rochoso consolidado
- Matacão
- Cascalho
- Areia
- Lodo

Anexo 2 – Protocolo de Avaliação de Impacto Ambiental

Índice de Impacto Ambiental				Valor
Cor da água	(1) Escura	(2) Clara	(3) Transparente	
Odor	(1) Cheiro forte	(2) Cheiro fraco	(3) Sem cheiro	
Lixo ao redor	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Sem lixo	
Materiais flutuantes	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Sem material flutuante	
Espumas	(1) Muita	(2) Pouca	(3) Sem espumas	
Óleos	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Sem óleos	
Esgoto	(1) Esgoto doméstico	(2) Fluxo superficial	(3) Sem esgoto	
Vegetação (preservação)	(1) Alta degradação	(2) Baixa degradação	(3) Preservada	
Uso por animais	(1) Presença	(2) Apenas marcas	(3) Não detectado	
Uso por humanos	(1) Presença	(2) Apenas marcas	(3) Não detectado	
Proteção do local	(1) Sem proteção	(2) Com proteção (mas com acesso)	(3) Com proteção (mas sem acesso)	
Proximidade com residência ou estabelecimento	(1) Menos de 50 m	(2) Entre 50 e 100 m	(3) mais de 100 m	
Tipo de área de inserção	(1) ausente	(2) propriedade privada	(3) Parques ou áreas protegidas	
				Soma
				Classe

CLASSE	PONTUAÇÃO
Ótima	37-39
Boa	34-36
Razoável	31-33
Ruim	28-30
Péssimo	< 28

CLASSE	Grau de Preservação	Pontuação Final
A	Ótima	Entre 37 a 39 pontos
B	Boa	Entre 34 a 36 pontos
C	Razoável	Entre 31 a 33 pontos
D	Ruim	Entre 28 e 30 pontos
E	Péssimo	Abaixo de 28 pontos