

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

MABY DAMIANI SOUZA

**COMPOSIÇÃO DA ASSEMBLEIA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS
EM UMA LAGOA ARTIFICIAL DE ÁREA EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO
AMBIENTAL**

CRICIÚMA

2019

MABY DAMIANI SOUZA

**COMPOSIÇÃO DA ASSEMBLEIA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS
EM UMA LAGOA ARTIFICIAL DE ÁREA EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO
AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de bacharel no curso de Ciências Biológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientadora: Prof.^a MSc. Mainara Figueiredo Cascaes

CRICIÚMA

2019

MABY DAMIANI SOUZA

**COMPOSIÇÃO DA ASSEMBLEIA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS
EM UMA LAGOA ARTIFICIAL DE ÁREA EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO
AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de bacharel, no Curso de Ciências Biológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Ecologia e Manejo de Ecossistemas Alterados e Invertebrados Bentônicos

Criciúma, 01 de julho de 2019

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a MSc. Mainara Figueiredo Cascaes – Universidade do Extremo Sul
Catarinense (UNESC) - Orientadora

Prof. Dr. Jairo José Zocche - Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)

Prof. Dr. Fernando Carvalho - Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)

Para minha mãe Cristiane Schmitz.

AGRADECIMENTOS

Neste momento estou escrevendo esses agradecimentos sem nem acreditar no que está realmente acontecendo. Não acreditando que estou chegando nesta fase da minha vida e concluindo está etapa que havia ficado para trás. Eu acreditava nem conseguir mais finalizar. Mas nesta vida temos tantos anjos que nos incentivam e não nos deixam desistir, que aqui estou de volta, com muito esforço, medo, ansiedade, insegurança, mas com muitas pessoas muito especiais que eu nem acreditava que pudessem me ajudar tanto.

Preciso em primeiro lugar falar para minha mãe que é por ela que estou aqui, concluindo tudo isso, pois sempre acreditou em mim. Sou a pessoa que sou por conta dela, meu maior exemplo de vida, só quero sempre ser como ela, uma pessoa boa, amorosa, humilde, muito trabalhadora que sempre correu atrás dos objetivos dela, e trabalha na sua área com muito amor, esforço, garra e coragem. Só quero ser como ela quando crescer. Te amo infinito mãe.

Agradeço imensamente ao meu chefe Velibor Kostic, que me incentivou muito para concluir meu curso e me ajudou sempre que precisei de folgas. Mesmo não tendo nada a ver com a área do nosso trabalho atual, ele sempre quis que eu me formasse.

Ao Prof. Dr. Jairo José Zocche, coordenador do curso de Ciências Biológicas que conseguiu com que eu finalizasse o curso na minha grade antiga. Meu muito obrigada.

Minha prima querida Thoy, que me ajudou com todas as partes burocráticas, até conseguir chegar a voltar para a facul. Sempre incentivando e acreditando que eu pudesse conseguir.

Meu namorado Victor, que teve que me aturar de mal humor, chorando, só falando desse TCC, aguentando eu fazer minhas triagens no canto de estudo dele, com mau cheiro na casa toda. Mas sempre ali com as palavras de conforto, pedindo calma e falando que iria dar certo, que sabia da minha capacidade.

A Ariadne, que se eu não tivesse conhecido ela neste caminho, não sei o que seria de mim, uma pessoa muito especial, de luz própria, inteligente, me ajudou, me incentivou e me acalmou. Muito obrigada de coração Ari, você vai longe na vida!

Sempre que precisar, pode contar comigo. Obrigada a Dani, que me ajudou a montar o mapa. E ao laboratório LABECO, que sempre foi nosso canto para os encontros, conversas, conclusões de trabalho.

Agradecer as minhas avós que me ajudaram até no financeiro desta faculdade e sempre quiseram me ver formadas, vou dar este presente para elas. Vó Zena e Vó Lucy. Ao meu pai que mesmo longe também me ajudou como pode. Amo todos vocês.

Meus amigos queridos de coração: Gabi, Marcelo, Monique, Dani, Patchusca muito obrigada mesmo por sempre me incentivarem a meter a cara nesta que iria dar certo. A Sani minha parceira de trabalho que me quebrou muitos galhos quando precisei ir as aulas, estudos, saídas a campo, vocês todos sabem que sempre vou estar aqui para ajudar quando precisarem.

Ao Prof. Dr. Fernando Carvalho, obrigada por ter aceito participar na minha banca.

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, na pessoa do Coordenador Executivo do Departamento de Gestão Territorial Meio Ambiente, Sr. Marlon Hoelzel pela viabilização da autorização para o desenvolvimento do presente estudo em uma das áreas da CPRM, em processo de recuperação ambiental.

E não menos importante por eu ter deixado ela por último, minha orientadora querida Prof.^a MSc. Mainara Figueiredo Cascaes, que logo, logo será doutora. Quem diria que eu a 8 anos atrás tinha a conhecido, ido na sua formatura e agora estou aqui com ela novamente sendo minha orientadora, quanto orgulho desta pessoa, me ajudando, fazendo saída a campo, não tendo tempo na agenda, me encontrando no final de semana no canto particular dela (sua casa) e sempre ali, ajudando a deixar tudo mais claro e fácil, e sempre pedindo calma para uma pessoa que de calma não tinha nada, que tudo daria certo. Meu muito obrigada Mai, você é uma pessoa muito especial.

“Ama-se mais o que se conquista com esforço”
Benjamin Disraeli

RESUMO

O carvão mineral está entre os recursos energéticos não renováveis mais importantes e relevantes na reserva energética mundial em longo prazo. Apesar das vantagens econômicas, a exploração desse minério gera diversos problemas socioambientais durante todo seu processamento, seja na etapa de mineração, beneficiamento ou combustão. As operações de lavra a céu aberto, em Santa Catarina, não foram efetuadas com adequado planejamento, e não foram realizadas as recuperações ambientais necessárias na maioria dos casos. Além da poluição dos rios, o processo de mineração conduz a formação de lagoas ácidas nas proximidades das áreas de exploração de carvão. Atualmente, estudos buscam utilizar os macroinvertebrados bentônicos, grupo zoológico de importância ecológica nos ambientes aquáticos, em análises sobre as comunidades zoobentônicas. Visto que estas análises podem ser utilizadas para avaliações de monitoramento ambiental, trazendo informações relevantes que possam contribuir para o diagnóstico da qualidade ecológica dos corpos d'água. Como o índice BMWP que pontua os *taxa* amostrados em sensíveis ou tolerantes à poluição e utilizam essa pontuação na classificação do corpo d'água. O presente estudo teve como objetivo avaliar a composição da assembleia de macroinvertebrados bentônicos em uma lagoa artificial criada a partir de uma cava de mineração no município de Siderópolis, Santa Catarina, no intuito de utilizá-la como indicador da recuperação ambiental realizada. As coletas foram realizadas nos meses de dezembro de 2018 e maio de 2019. Foram delimitados cinco pontos de coleta em duas transecções paralelas a borda da lagoa, a um e a três metros de distância da margem dessa lagoa, totalizando 10 pontos de amostragem por campanha. Após coleta, os indivíduos foram transportados para laboratório e identificados até nível taxonômico de família. Para descrição da assembleia de macroinvertebrados bentônicos foram utilizados os atributos de riqueza e abundância das famílias coletadas. Foi construída curva de rarefação de famílias com intervalo de confiança de 95%. Para determinação da qualidade ambiental da lagoa foi utilizado o índice BMWP. Como resultado, foram amostrados 786 indivíduos, distribuídos em 23 famílias. A curva de rarefação de famílias apresentou tendência à assintota, sendo que para os estimadores CHAO1 e *Bootstrap* a riqueza estimada da área fica entre 24 e 25 famílias, respectivamente, deste modo a amostragem abrangeu entre 92% e 96% da riqueza estimada para a área. As famílias Chironomidae (Diptera), Libellulidae (Odonata) e Culicidae (Diptera) foram as mais abundantes do estudo. Segundo o índice BMWP', a qualidade ambiental da lagoa artificial foi de qualidade duvidosa. Tanto a família Chironomidae, quanto a Libellulidae constituem os grupos de invertebrados bentônicos mais tolerantes a poluição. São organismos que indicam a degradação de um sistema natural e a consequente diminuição de sua integridade biológica. Os resultados do estudo comprovam a importância de pesquisas com macroinvertebrados bentônicos para indicação de qualidade ambiental e como auxílio na criação de medidas para conservação e restauração da biodiversidade e do ambiente aquático.

Palavras-chave: Ambientes lênticos. BWMP. Chironomidae. Monitoramento ambiental.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	17
3.2 PROTOCOLO DE AMOSTRAGEM.....	18
3.3 ANÁLISE DE DADOS.....	19
4 RESULTADOS.....	21
5 DISCUSSÃO	24
6 CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS.....	28
APÊNDICES	33

1 INTRODUÇÃO

O carvão mineral está entre os recursos energéticos não renováveis mais importantes, ocupando a primeira posição em opulência e perspectiva de vida útil, além de ser relevante na reserva energética mundial a longo prazo (AGUIAR; BALESTIERI, 2007). Cabe mencionar que o carvão mineral foi uma das primeiras fontes energéticas exploradas em grandes proporções pelo homem, advinda desde a primeira revolução industrial no final do século XVIII (ANEEL, 2008). No Brasil, os estados do sul do país - Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná - são os responsáveis pelas principais jazidas de carvão (NASCIMENTO *et al.*, 2002). As reservas de carvão do estado de Santa Catarina concentram-se em uma área alongada no sentido norte/sul, situada entre os municípios de Araranguá e Lauro Müller, com 70 km de comprimento por 15-20 km de largura (BRASIL, 1987). Os processos de extração do carvão mineral, realizados na Região Carbonífera de Santa Catarina são: a extração do carvão a céu aberto¹ e a extração de carvão em subsolo² (JÚNIOR; MADEIRA, 2005).

As primeiras lavras de carvão ao sul do Brasil foram iniciadas na década de 1860 no estado do Rio Grande do Sul, e posteriormente, a inauguração do primeiro trecho da ferrovia Dona Tereza Cristina, em 1885, propiciou a inserção do sul do estado catarinense na economia carbonífera (JÚNIOR; MADEIRA, 2005). A partir de 1940 houve a introdução de lavra à céu aberto nas minas de carvão no município de Siderópolis, Santa Catarina, sendo essas destinadas a abastecer o Lavador de Capivari, em Tubarão, para a produção de carvão metalúrgico e para sustentar os modernos fornos da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) (GOULARTI; MORAES, 2009).

Devido aos investimentos no setor carbonífero, na década de 60, foi implementada nas lavras de mineração a céu aberto a *Dragline Marion*, máquina de maior porte, operando em terras brasileiras da época (SANTA CATARINA, 1997; KOPPE; COSTA, 2008). Essa máquina efetuava a retirada do material das cavas, que geralmente era depositado em pilhas cônicas, ocorrendo a deposição da vegetação e o solo superficial nas camadas inferiores da pilha e o estéril e rejeitos

¹ Utilizada quando a camada se localiza próxima da superfície, geralmente a menos de 30 metros de profundidade.

² Camada de carvão das minas a serem atingidas encontra-se no subsolo.

de mineração nas camadas superiores, o que caracteriza a inversão de camadas do solo (SANTOS, 2003). Todo estéril era depositado em pilhas e o carvão era extraído por escavadeiras e transportado por caminhões até a usina de beneficiamento (KOPPE; COSTA, 2008).

Na década de 70, devido à crise do petróleo, o carvão mineral foi altamente explorado, tornando-se um dos combustíveis fósseis mais demandados, devido ao preço acessível e por possuir grandes reservas espalhadas pelo globo (ANEEL, 2008). A exploração do carvão no estado, durante o século passado, gerou um rápido crescimento para a região carbonífera (JUNIOR; MADEIRA, 2005; ANEEL, 2008). Contudo, essa exploração foi feita de forma inapropriada e sem preocupação ambiental, resultando em topografia irregular e com uma série de depressões (JUNIOR; MADEIRA, 2005). Desde então, o carvão catarinense vem sendo explorado e utilizado tanto pela siderurgia nacional, quanto para geração de energia termoelétrica, principalmente pela Usina Termoelétrica Jorge Lacerda (*Ibidem*).

Apesar das vantagens econômicas, a exploração desse minério gera diversos problemas socioambientais durante todo seu processamento, seja na etapa de mineração, beneficiamento ou naquela que envolve a combustão (TORREZANI; OLIVEIRA, 2013). No processamento do carvão mineral ocorre a liberação de poluentes que causam impactos negativos nos ambientes naturais e urbanos, provocando danos, que dependendo da intensidade e do grau, podem ser irreversíveis (*Ibidem*). Na região Sul do Brasil foi verificado que o uso intensivo do carvão mineral tem provocado mudanças consideráveis na qualidade do meio ambiente (MONTEIRO, 2004; MIGLIAVACCA *et al.*, 2005). As operações de lavra a céu aberto, em Santa Catarina, não foram efetuadas com adequado planejamento, e também não realizadas as recuperações ambientais necessárias na maioria dos casos (KOPPE; COSTA, 2008). Muitas destas áreas foram simplesmente abandonadas, o que ocasionou diversos problemas ambientais como a Drenagem Ácida de Mina (DAM), impacto visual, erosão e liberação de gases para atmosfera (KOPPE; COSTA, 2008; TORREZANI; OLIVEIRA, 2013). Além disso, a formação dos estéréis e rejeitos ricos em dissulfeto de ferro (FeS_2) - conhecido como pirita – é a principal fonte de poluente oriunda deste tipo de mineração (TORREZANI; OLIVEIRA, 2013). Isso acontece devido a pirita que se oxida quando exposta ao ar,

água e a ação de determinadas bactérias, gerando a DAM, que é relacionada à dissolução de metais nas minas abandonadas (FUNGARO; IZODORO, 2006).

Os autores *op. cit.* relataram que a geração da DAM foi registrada em diversas áreas carboníferas na região Sul do Brasil, impactando diretamente as bacias hidrográficas dos rios Araranguá, Tubarão e Urussanga, localizados no estado de Santa Catarina. Além da poluição dos rios, o processo de mineração conduz a formação de lagoas ácidas nas proximidades das áreas de exploração de carvão (ACP DO CARVÃO, 2006). Estas lagoas são formadas por escoamento superficial ou recarga do lençol freático, e se tornam ácidas devido à dissolução da pirita, que reduz o pH das águas e aumenta a solubilização de metais nas áreas ao entorno (POMPÊO *et al.*, 2004; ACP DO CARVÃO, 2006).

Os recursos hídricos, o solo, o subsolo e a qualidade do ar sofrem interferência das atividades mineradoras, conseqüentemente o desaparecimento da fauna e flora pode ocorrer nos ecossistemas atingidos (BORTOT; ZIM-ALEXANDRE, 1995). Devido a essas características, o processo de extração de carvão tornou-se um grave problema ambiental na região carbonífera catarinense (LOPES *et al.*, 2004).

Com o decorrer dos avanços da exploração do carvão e da regulamentação da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), durante a década de 1980, foi acrescentado a busca de responsabilidades sobre os danos cometidos ao meio ambiente, derivados da exploração do carvão (NASCIMENTO *et al.*, 2002; SILVA; FERREIRA, 2015). O Decreto 86.206/1980 enquadrrou a região sul de Santa Catarina como a 14ª Área Crítica Nacional para Efeito de Controle da Degradação Ambiental, com isto, o governo reconheceu os malefícios causados ao meio ambiente pela exploração e manipulação inadequadas do carvão (SILVA; FERREIRA, 2015).

Deste modo, através de medidas de recuperação ambiental nas áreas mineradas os impactos ambientais causados pela extração mineral na região carbonífera de Santa Catarina deveriam ser minimizados (LOPES *et al.*, 2009). Na busca de medidas que abranjam a recuperação de áreas degradadas, de modo de amenizar os impactos causados, uma das práticas utilizadas para o monitoramento, diagnóstico e prevenção é o biomonitoramento, ferramenta necessária na recuperação de ambientes alterados (*Ibidem*).

Os macroinvertebrados bentônicos constituem grupo zoológico de importância ecológica nos ambientes aquáticos, participando das cadeias tróficas do ecossistema (RODRIGUES *et al.*, 2007). Diferentes estudos buscam desenvolver análises sobre as comunidades zoobentônicas, visto que estas podem ser utilizadas para avaliações de monitoramento ambiental, trazendo informações relevantes que possam contribuir para o diagnóstico da qualidade ecológica dos corpos d'água (VIEIRA *et al.*, 1998). Tendo em vista que esses organismos possuem potencial como bioindicadores, pois possuem tamanhos relativamente grandes, ciclos de vida longos, grande diversidade e abundância, apresentando desde espécies muito sensíveis até fortemente tolerantes à poluição (BARBOUR *et al.*, 1999; METCALFE, 1989; ROSENBERG; RESH, 1993). Tornando-se importante ferramenta no monitoramento das condições ecológicas, através da sua composição taxonômica e a prevalência de alguns grupos tolerantes a poluição (RODRIGUES *et al.*, 2007).

O denominado Biological Monitoring Working Party System (BMWP) é um índice utilizado no biomonitoramento, que ordena as famílias de macroinvertebrados aquáticos em nove conjuntos classificados por sensibilidade ou tolerância dos organismos à poluição orgânica (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, 2019). Cada família presente na amostra é contabilizada de acordo com a pontuação correspondente à esta, número que oscila entre 1 a 10, dos mais tolerantes aos mais sensíveis a poluição na ordem crescente (IAP, 2002). Somando a pontuação de cada família da comunidade, caracteriza-se a qualidade da água do trecho do corpo d'água analisado (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, 2019).

Outro parâmetro utilizado para avaliar a qualidade dos corpos d'água é o índice conhecido como "fauna EPT", que avalia a ocorrência de insetos bentônicos, das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, sendo esses organismos sensíveis à poluição e tendo suas ocorrências relacionadas a corpos d'água mais preservados (FERNÁNDEZ; DOMÍNGUEZ, 2001; GALDEAN, *et al.*, 2000; RESH *et al.*, 1996). Em contrapartida, há grupos de macroinvertebrados bentônicos mais tolerantes que estão diretamente relacionados a determinado agente poluidor e/ou a um fator potencialmente poluente (CALLISTO *et al.*, 2003). Por exemplo, altas densidade de Oligochaeta e de larvas de Chironomidae (Diptera) estão relacionadas a corpos d'água com elevados teores de matéria orgânica (*Ibidem*).

Segundo consulta no Portal de Periódicos da Capes, desde a década de 1980, mais de 1.500 pesquisas já foram efetuadas no âmbito do biomonitoramento com macroinvertebrados bentônicos, EUA e Canadá lideram em número de contribuições. O Brasil encontra-se entre os dez principais países que estudam essa temática, com cerca de 240 estudos realizados. No Estado de Santa Catarina são 22 pesquisas publicadas relacionadas ao biomonitoramento utilizando macroinvertebrados bentônicos, onde pode-se ressaltar os estudos de Rodrigues e Campos (2009) e Brunelli (2018) que também trabalharam com a comunidade de macroinvertebrados na região carbonífera do sul de Santa Catarina.

Diante do exposto, os macroinvertebrados bentônicos são excelentes bioindicadores da qualidade d'água, incluindo de ambientes afetados pela exploração do carvão mineral (TAYLOR; BAILEY, 1997). Percebe-se a relevância do estudo destes animais no entendimento, manutenção, controle e melhoramento de áreas afetadas e degradadas pela exposição aos processos da mineração (JÚNIOR; MADEIRA, 2005; TORREZANI; OLIVEIRA, 2013). Deste modo, a composição da comunidade de organismos bentônicos pode indicar a qualidade ambiental de ecossistemas em recuperação, especialmente em lagoas artificiais, ecossistemas ainda pouco estudados nesse âmbito.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a composição da assembleia de macroinvertebrados bentônicos com o intuito de indicar a qualidade de uma lagoa artificial de uma área em processo de recuperação ambiental em Siderópolis, sul do Brasil.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

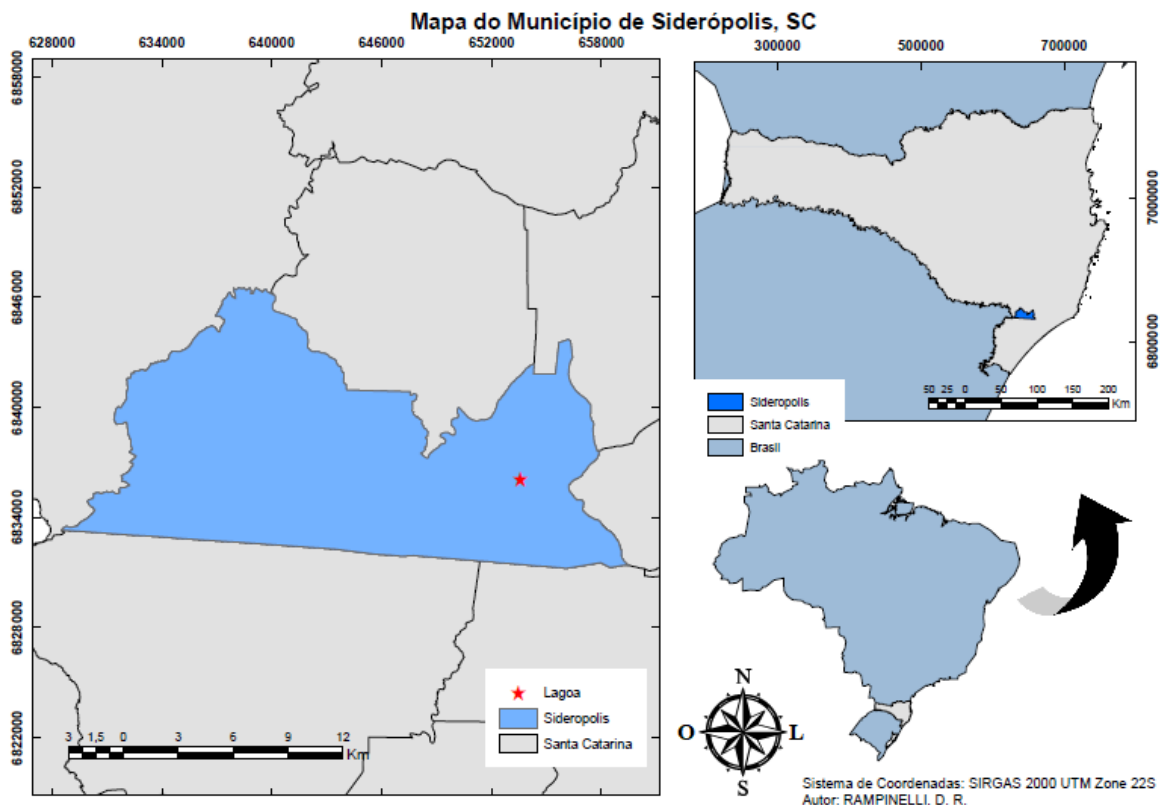
- Inventariar a composição de macroinvertebrados bentônicos presentes em uma lagoa artificial de uma área em processo de recuperação ambiental em Siderópolis, sul do Brasil.
- Quantificar a abundância das famílias de macroinvertebrados bentônicos em uma lagoa artificial de uma área em processo de recuperação ambiental em Siderópolis, sul do Brasil.
- Avaliar a qualidade ambiental de uma lagoa artificial de uma área em processo de recuperação ambiental em Siderópolis, sul do Brasil.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se no município de Siderópolis, sul do estado de Santa Catarina (Figura 1). O município caracteriza-se pela existência de antigas áreas de mineração a céu aberto, sendo formada principalmente por pilhas de estéreis e depósitos de rejeitos, originados através do beneficiamento de carvão fruto do desenvolvimento da lavra até o final da década de 1970 (GEOLÓGICA, 2008). A amostragem foi realizada em uma lagoa originada de antiga cava de mineração a céu aberto, disposta entre as coordenadas UTM 653519,983 O e 6836023,398 S.

Figura 1: Mapa exibindo localização da lagoa artificial amostrada, representada por uma estrela vermelha, contida em Siderópolis, em azul claro, e a localização do município no estado de Santa Catarina, em cinza, no Sul do Brasil.



Fonte: RAMPINELLI, 2019.

A região está inserida no bioma Mata atlântica e no clima *Cfa*, mesotérmico úmido (ALVARES, 2013). A precipitação média anual no município é

de 1.388mm e a temperatura média é de 19.3°C (CLIMATE-DATA, 2019). A região estudada situa-se na porção catarinense da Bacia Sedimentar do Paraná, inserida no domínio das rochas de natureza ígnea e sedimentar nos quais estão associadas várias camadas de carvão (SANTOS, 2003). Além disso, está inserida na microbacia do rio Fiorita, que é um dos afluentes da margem esquerda do rio Mãe Luzia, o qual faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá (KARNAUKHOVA, 2000). Atualmente, os recursos hídricos do local de estudo estão comprometidos pelas atividades relacionadas com a lavra, transporte e beneficiamento do carvão mineral, sendo essas as principais causas desta degradação. A qual está relacionada com a geração de drenagem ácida de mina, originada a partir da reação de oxidação de minerais sulfetados (ALEXANDRE, 1999).

3.2 PROTOCOLO DE AMOSTRAGEM

Foram efetuadas duas saídas à campo para coleta de material biológico, realizadas no mês de dezembro de 2018, durante a primavera, e no mês de maio de 2019, durante o outono. Durante o campo foram executados os procedimentos amostrais para a coleta de macroinvertebrados bentônicos. Para isso foram delimitados cinco pontos de coleta, distanciados em 20 metros, em cada uma das duas transecções paralelas à margem da lagoa. Sendo a primeira transecção distante a um metro da margem e a segunda a três metros da margem, totalizando 10 pontos de amostragem por campanha executada. A coleta foi realizada com uso de uma rede estilo puçá, sendo que para cada ponto de coleta o substrato foi revolvido por três minutos, resultando em um esforço amostral de 60 minutos, 30 minutos a cada campanha (Figura 3).

Figura 3: Imagem evidenciando a execução do protocolo de amostragem, onde em um ponto de coleta o puçá foi posicionado e foram executados movimentos de revolvimento do substrato para coleta de macroinvertebrados bentônicos em uma lagoa artificial em Siderópolis, SC.



Fonte: Da autora, 2019.

O material retido no puçá foi depositado em bandejas, onde houve processo de pré-triagem, na qual foi retirado o material grosseiro, como pedras e folhas. O material retido foi acondicionado em galões de 5 litros devidamente etiquetados e fixado em álcool 70% para posterior triagem e identificação.

Para análise do material coletado em campo foi realizado o método de separação manual. Para isso, a amostra contida no galão foi diluída em pequenas frações, e levadas a bandejas brancas, onde foram separados os macroinvertebrados, visíveis a olho nu, do restante do sedimento. Os indivíduos triados foram fixados em álcool 70%, e identificados com auxílio de lupas estereoscópicas e chaves dicotômicas presentes na literatura de Mugnai, Nessimiam e Baptista (2010) e Costa, Ide e Simonka (2006). A identificação dos indivíduos foi confirmada por especialistas.

3.3 ANÁLISE DE DADOS

Foram analisados os atributos de riqueza observada, estimada e abundância das famílias de macroinvertebrados. Para avaliar a suficiência amostral

do levantamento da comunidade de macroinvertebrados foi construída, com o *software* Past, uma curva de acumulação de taxa pelo método de rarefação individual com intervalo de confiança de 95%. Foi analisada a complementariedade através dos estimadores de riqueza *Bootstrap* e CHAO 1 no *software* EstimateS 9.1.

Para a análise de qualidade ambiental do corpo d'água, foi utilizado o índice BMWP'. Esse índice ordena as famílias de macroinvertebrados em diferentes grupos, com *score* específica (Apêndice A). Para cada família é atribuída uma pontuação, variando de um a 10, sendo que as famílias mais sensíveis à poluição terão as maiores pontuações. Para determinação do índice, foi calculada a somatória das pontuações das famílias presentes em cada área, permitindo a classificação em categorias de qualidade ambiental (Apêndice B).

4 RESULTADOS

Foram amostrados 786 indivíduos, distribuídos em 23 famílias (Tabela 1). A maioria dos espécimes pertencente ao Filo Arthropoda, Classe Insecta e, dentro desta, foram identificadas 13 Ordens, na qual Diptera a mais abundante (n = 475), seguida por Odonata (n = 169) e Hemiptera (n = 43). Houve também a presença do Filo Mollusca, Classe Gastropoda (n = 14).

Tabela 1 – Lista de *taxa* e abundância de famílias presentes na área de amostragem da fauna de macroinvertebrados bentônicos em uma lagoa artificial de Siderópolis, Sul de Santa Catarina.

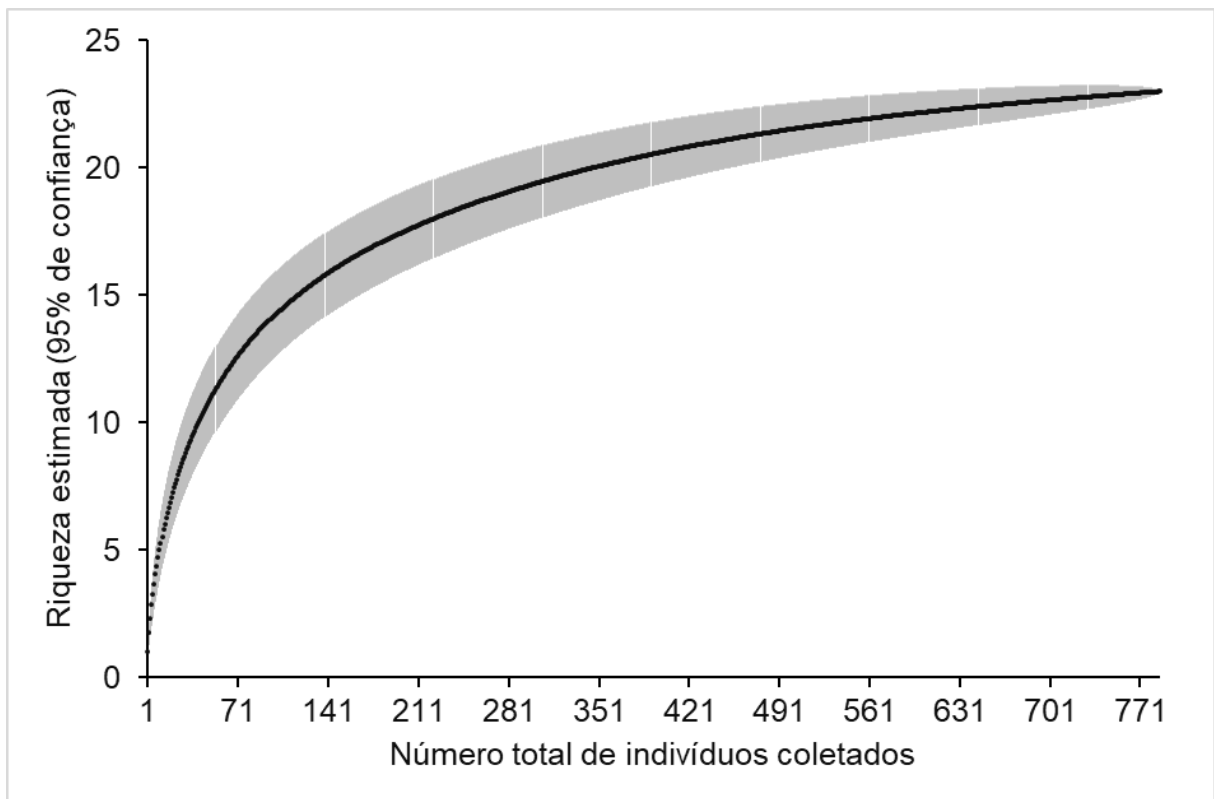
<i>Taxa</i>	<i>Abundância</i>
ARTHROPODA	
Insecta	
Coleoptera	
Hydrophilidae	23
Scirtidae	12
Diptera	
Ceratopogonidae	24
Chaboridae	1
Chironomidae	363
Culicidae	85
Tipulidae	2
Ephemeroptera	
Caenidae	28
Baetidae	18
Hemiptera	
Belostomatidae	13
Gerridae	6
Hidrometridae	3
Mesoveliidae	3
Naucoridae	10
Nepidae	1
Notonectidae	4
Saldidae	3
Lepidoptera	
Pyrilidae	1
Odonata	
Libellulidae	99
Protoneuridae	70
Trichoptera	

Taxa	Abundância
Hydroptilidae	3
MOLLUSCA	
Gastropoda	
Lymnaeidae	3
Planorbidae	11
Total Geral	786

Fonte: Da autora, 2019.

A curva de acumulação de espécie construída pelo método de rarefação demonstrou tendência a assíntota (Figura 4). A riqueza estimada pelos estimadores CHAO 1 e *Bootstrap* para a área de estudo é de, respectivamente, 24 e 25 famílias, deste modo a amostragem abrangeu entre 92% e 96% da riqueza estimada para a área.

Figura 4 - Curva de rarefação individual de famílias para análise da suficiência amostral do levantamento de macroinvertebrados bentônicos em lagoa artificial do município de Siderópolis, Santa Catarina.



Fonte: Da autora, 2019.

As famílias mais abundantes no estudo foram Chironomidae (n = 363), Libellulidae (n = 99), Culicidae (n = 85) e Protoneuridae (n = 70) que juntos somaram 78% da amostra. Dentre os representantes da fauna EPT, apenas as Ordens Ephemeroptera (n = 46) e Trichoptera (n = 3) foram amostradas, totalizando 6,2% da abundância total.

A pontuação dada pelo índice BMWP para a primeira coleta foi de 62, e para a segunda coleta foi de 63, evidenciando, para os dois períodos amostrais que a lagoa apresenta uma qualidade duvidosa, onde são considerados evidentes os efeitos moderados da poluição.

5 DISCUSSÃO

Os dados amostrados no presente estudo encontram-se semelhantes a outros trabalhos realizados no Brasil, destacando a representatividade do Filo Arthropoda e da Classe Insecta na composição da macrofauna bentônica de rios e lagoas (COSTA; OLIVEIRA; CALLISTO, 2006; FERRAZ, 2008; BIASI et al., 2010; CHAGAS et al., 2017; BRUNELLI, 2018). Esta representatividade está relacionada ao fato deste grupo apresentar grande riqueza, abundância, ampla distribuição geográfica, e ter seu ciclo de vida holometábola, caracterizado por uma etapa de vida larval, em muitas vezes dependente do ambiente aquático (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011).

As análises da curva de acumulação de famílias, que apresentou tendência à assíntota, e da riqueza estimada com a análise de complementariedade, apontam que faltaram poucas famílias a serem amostradas para que a curva alcançasse o patamar. Este fato justifica a ausência de alguns grupos de macroinvertebrados bentônicos, considerados característicos de ambientes mais poluídos, como por exemplo, espécies da Subclasse Oligochaeta (GOULART; CALLISTO, 2003; DORNFELD *et al.*, 2006).

Com relação a composição de assembleia de macroinvertebrados mais abundantes nesse estudo, destaca-se a família Chironomidae, pertencente a Ordem Diptera, com uma abundância de 363 indivíduos. Esta família é característica por possuir organismos extremamente tolerantes, capazes de viver em condição depleção total de oxigênio. Além disso, apresentam hábitos detritívoros e fossorial, o que os torna pouco exigentes quanto a uma diversidade de habitats e (GOULART; CALLISTO, 2003). As larvas de Chironomidae constituem um dos grupos de invertebrados bentônicos mais tolerantes a poluição, pois estão diretamente relacionados a um determinado agente poluidor ou a uma forma natural potencialmente poluente (BUBINAS; JAMINIENÉ, 2001). Grandes densidades de Chironomidae são indicadores de ambientes com elevados teores de matéria orgânica (MATSUMURA-TUNDISI, 1999).

O segundo grupo que aparece com maior abundância nos dados analisados, foi a família Libellulidae, pertencente a Ordem Odonata. Os insetos desta Ordem possuem a fase larval duradoura podendo permanecer dois anos nos

ambientes aquáticos (COUBERT, 1999), fato este que contribui com a utilização do grupo como bioindicador. Além disso, estão presentes nos mais diversos corpos d'água, desde rios, riachos, lagos, até poças temporárias ou brejos (COUBRET, 1999). Algumas espécies são consideradas indicadoras de alteração do meio, aumentando sua abundância quando a vegetação é alterada, enquanto outras tendem a ocorrer apenas em áreas pouco alteradas (FERREIRA-PERUQUETTI; DE MARCO JR, 2002; DE MARCO; PEIXOTO, 2004). Algumas espécies são muito sensíveis a mudanças ambientais, podendo atuar como bioindicadores de boa qualidade d'água (CARVALHO; NESSIMAN, 1998; ROSEMBERG; RESH, 1993). A família Libellulidae é característica por conter organismos que indicam a degradação de um sistema natural e a consequente diminuição de sua integridade biológica, que assim como os membros da Família Chironomidae também são bioindicadores de ambientes poluídos, na qual a sua abundância reflete a má qualidade ambiental (ANGERMEIER; KARR, 1994).

Além dos bioindicadores do Filo Arthropoda, nota-se também a presença de duas famílias pertencentes ao Filo Mollusca, sendo essas Lymnaeidae e Planorbidae. Os gastrópodes pertencentes a Família Planorbidae são caracóis pulmonados encontrados em ambientes de água doce (STRONG *et al.*, 2008), frequentemente amostrados em locais com condições de hipóxia, junto com Chironomidae e Oligocheta (COLPO; BRASIL; CAMARGO, 2009).

Ao analisar a abundância das demais Famílias presentes, percebe-se a pequena representatividade da fauna EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera). Essa ausência pode estar correlacionada com a qualidade do ambiente, visto que os organismos da fauna EPT são sensíveis e intolerantes a poluição e ambientes com distúrbios antrópicos (HEPP; RESTELLO, 2007), sendo seus *taxa* encontrados principalmente em ambientes com alta heterogeneidade ambiental (CRISCI-BISPO *et al.*, 2007). Áreas com grandes quantidades e diversidades de habitats e micro-habitats, caracterizando ambientes com boa qualidade ambiental (GOULART; CALLISTO, 2003; HEPP; RESTELLO, 2007). Na área analisada neste estudo, a lagoa estudada não conta com a presença de muitos micro-habitats, o que corrobora com a falta de EPT e grande número de artrópodes pertencentes as famílias Chironomidae e Libellulidae.

A partir da análise das abundâncias das Famílias estudadas e correlacionando com a qualidade ambiental, representada pelo índice BMWP calculado nos dois períodos amostrais da lagoa, verifica-se que a qualidade ambiental da lagoa artificial está comprometida. Os dados inferidos pelo índice BMWP', associados a composição e abundância da fauna bentônica, demonstram o impacto ambiental sofrido no local.

Tendo em vista, uma maior frequência de abundância de Famílias de invertebrados bioindicadores de má qualidade d'água em comparação com de boa qualidade d'água. Houve dificuldades na comparação dos dados pois há escassez de estudos semelhantes em ambientes lênticos comprometidos devido a mineração.

6 CONCLUSÃO

De forma geral, o Filo Arthropoda se apresentou como mais abundante no estudo. Dentro do Filo, cabe destacar a alta abundância da Classe Insecta e da Ordem Diptera, tendo a Família Chironomidae em maior abundância, se comparadas com as outras famílias amostradas. Para a amostragem atinja a suficiência amostral, é aconselhável a realização de novas campanhas para melhor definição da composição do ambiente. Assim como coletas em outras áreas da lagoa artificial afim de se realizar um comparativo.

A maioria dos indivíduos amostrados estão relacionadas a famílias de organismos tolerantes à poluição e em relação a qualidade ambiental indicada pelo índice BMWP', verificou-se um resultado duvidoso, o que representa um ambiente poluído, porém habitado. Entretanto, existe escassez de estudos que permitam um comparativo entre o ecossistema estudado de outros fora de área em processo de recuperação ambiental.

O trabalho proposto demonstra a praticidade e a importância do monitoramento através dos macroinvertebrados bentônicos em ambientes aquáticos para a avaliação ambiental. Através da avaliação do ambiente, é possível compreender processos históricos de degradação, avaliar a condição atual *in loco* e contribuir com subsídios teóricos para criação de medidas de recuperação da biodiversidade e de ambientes degradados.

REFERÊNCIAS

- ACP do Carvão (Ação Civil Pública do Carvão). Reparação de danos ambientais em áreas mineradas na bacia carbonífera do Sul do estado de Santa Catarina. Informação Técnica. 31p. 2006.
- ADAMS, S. M. Biomarker/bioindicator response profiles of organisms can help differentiate between sources of anthropogenic stressors in aquatic ecosystems. *Biomarkers*, v. 6, n. 1, p. 33-44, 2001.
- ANGERMEIER, P. I. & KARR, J. R. Biological integrity versus biological diversity as policy directives-Protecting biotic resources. *Bioscience*, v. 44, n.10, p. 690-697. 1994.
- AGUIAR, C. D.; BALESTIERE, P.A.J. Carvão Mineral: um estudo sobre o consume nacional e respectivas emissões de CO₂. Pp. 2-10. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A energia que move a produção: um diálogo sobre integração, projeto e sustentabilidade. Paraná, Brasil. 2007.
- ALBA-TERCEDOR, J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV SIAGA, Almeria, 2: 203-213. 1996.
- ALEXANDRE, N. Z. Diagnóstico ambiental da região carbonífera de Santa Catarina: degradação dos recursos naturais. *Revista Tecnologia e Ambiente*, Criciúma, v. 5, n. 2, p. 35-50, 1999.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p.711-728, Schweizerbart. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. 2013.
- ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Atlas de energia elétrica do Brasil. Terceira edição. TDA Comunicação, Brasília, DF. 159p. 2008.
- BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING, J. B. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. 2 ed. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 1999.
- BORTOT, A.; ZIM-ALEXANDRE. Programa de proteção e melhoria da qualidade ambiental da bacia do rio Tubarão e complexo lagunar. *Rev. Technol. Ambiente*, Criciúma, v. 1, n. 1, p. 55-74, 1995.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional da Produção Mineral. Perfil analítico do carvão. 2.ed. Porto Alegre. 140p. (Boletim, 6). 1987.
- BRUNELLI, N. S. **Composição da assembleia de macroinvertebrados bentônicos em ambiente de mata atlântica no Sul de Santa Catarina**. 2018. 34 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Criciúma, 2018.

BUBINAS, A.; JAGMINIENÉ, I. Bioindication of ecotoxicity according to community structure of macrozoobenthic fauna. *Acta Zoológica Lituanica*, Vilnius, v.11, n.1, p. 90-99, 2001.

CALLISTO, M.; GONÇALVES, JR., J., R.; MORENO, P. Invertebrados aquáticos como bioindicadores. *Revista da FAPAM, Universidade Federal de Minas Gerais*, 2003.

CARVALHO, A. L. & NESSIMIAN, J. L. Odonata do estado do Rio de Janeiro, Brasil: Hábitats e hábitos das larvas. In: J. L. Nessimian & A. L. Carvalho (ed.). *Ecologia de insetos aquáticos. Série Oecologia brasiliensis*, v.V. Rio de Janeiro, PPEG-UFRJ, p. 3-28. 1998.

CLIMATE-DATA.ORG. Clima Siderópolis. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/santa-catarina/sideropolis-4506/>>. Acesso em: 19 jun. 2019.

COLPO, K. D.; BRASIL, M. T.; CAMARGO, B. V. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores do impacto ambiental promovido pelos efluentes de áreas orizícolas e pelos de origem urbana/industrial. *Ciência Rural*, Santa Maria. 12 maio 2009. ISSN 0103-8478 (Online).

COUBERT, P. S. *Dragonflies – Behaviour and Ecology of Odonata*. Harley Books, Colchester, p. 829. 1999.

CRISCI-BISPO, V. L.; BISPO, P. C.; FROEHLICH, C. G. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in two Atlantic Rainforest streams, Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, São Paulo, v. 2, n. 24, p.312-318, jun. 2007.

COMPIN, A.; CÉRÉGHINO, R. Sensitivity of aquatic species richness to disturbance in the Adour-Garonne stream system (France). *Ecological Indicators*, v. 3, p. 135-142, 2003.

DE MARCO, P. Jr. & PEIXOTO, P. E. C. Population dynamics of *Heterina rósea* and its relationship to abiotic conditions (Zygoptera: Calopterygidae), *Odonatologica*, v. 33, p. 17-25. 2004.

DORNFELD, C.B., ALVES, R.G., LEITE, M.A. & ESPÍNDOLA, E.L.G. Oligochaeta in eutrophic reservoir: the case of Salto Grande reservoir and their main affluent (Americana, São Paulo, Brazil). *Acta Limnol. Bras.*, 18(2):189-197, 2006

FERNÁNDEZ, H. R.; DOMÍNGUEZ, E. Guia para la Determinación de los Artrópodos Bentônicos Sudamericanos. Tucumán – Argentina: Universidad Nacional de Tucumán/Facultad de Ciências Naturales e Instituto M. Lillo, 2001.

FERREIRA- PERUQUETTI, P. S.; DE MARCO, P. Jr. Efeito da alteração ambiental sobre comunidades de Odonata de riachos de Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 19, n.2, p. 317-327. 2002.

FUNGARO, A.D.; IZIDORO, C. de J. Remediação de drenagem ácida de mina usando zeólitas sintetizadas a partir de cinzas leves de carvão. *Química Nova*, 29: 735-740. 2006.

GALDEAN, N.; CALLISTO, M.; BARBOSA, F.A.R. Lotic ecosystems of Serra do Cipó, southeast Brazil: water quality and a tentative classification based on the benthic macroinvertebrate community. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, v. 3, p. 545-552, 2000.

GEOLÓGICA. Engenharia Ambiental LTDA. Projeto Conceitual de Recuperação de Área Degradada do Campo Vila Funil – Siderópolis / SC. Criciúma, 2008. Disponível em: <http://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/portal/conteudo_portal.php?cat=174> Acesso em: 14 de junho de 2019.

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

GOULARTI, A. F.; MORAES, F. F. Formação, expansão e desmonte parcial do complexo carbonífero catarinense. *História & Perspectivas*, Uberlândia, Minas Gerais. (40), p. 251-267. 2009.

HEPP, L. U.; RESTELLO. Macroinvertebrados Bentônicos como Bioindicadores da Qualidade das Águas do Alto Uruguai Gaúcho. In: ZAKRZEWSKI, S. B.. *Conservação e Uso Sustentável da Água: Múltiplos Olhares*. Erechim: Edifapes, Cap. 5. p. 75-86. 2007.

IAP-INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. Plano de Manejo do Parque Estadual do Guartelá. Curitiba: IAP, 2002.

JÚNIOR, A. M.; MADEIRA, M. S. A Segurança do trabalho em minas de carvão agindo na prevenção da pneumoconiose – Região Carbonífera de Santa Catarina. Criciúma. 74 p. 2005.

KARNAUKHOVA, E. A intensidade de transformação antrópica da paisagem como um indicador para análise e gestão ambiental. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 222f. 2000.

KOPPE, J. C.; COSTA J. F. C. L. A lavra de carvão e o meio ambiente em Santa Catarina. In: SOARES, Paulo Sergio Moreira et al. *Carvão Brasileiro: Tecnologia e Meio Ambiente*, Rio de Janeiro: CETEM. 300p. 2008.

LEUNG, B. Fluctuating Asymmetry as a Bioindicator of Stress: Comparing Efficacy of Analyses Involving Multiple Traits. *American Naturalist*, v. 155, n. 1, p. 34-89, 2000.

LOPES, C. Projeto Técnico de Recuperação de Áreas Degradadas. Gleba Lagoa Azul (Lotes 45, 52, 57 e 59). Companhia Siderúrgica Nacional, CSN e Universidade do Extremo Sul Catarinense, 63 p. 2000.

LOPES, R. P.; SANTO, E. L.; GALATTO, S. L. Mineração de carvão em Santa Catarina: geologia, geoquímica e impactos ambientais. In: Mineração de carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no sul de Santa Catarina: uma abordagem interdisciplinar. Curitiba: Juruá, 2009.

MATSUMURA-TUNDISI, T. Diversidade de zooplâncton em represas do Brasil. In: HENRY, R. Ecologia de reservatórios. São Paulo: FAPESP/FUNDIBIO, p.41-54. 1999.

MERRIT, R. W.; CUMMINS, K. W. An introduction to the aquatic insects of North America. 2.ed. USA: Kendall/Hunt Publishing Company, 1996.

METCALFE, J. L. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: history and present status in Europe. *Environmental Pollution*, Canadá, v. 60, p. 101-139, 1989.

MIGLIAVACCA, D.M.; TEIXEIRA, E.C.; MACHADO, A.C.M. Composição química da precipitação atmosférica no Sul do Brasil. *Química Nova*, 38: 371-379. 2005.

MONTEIRO, V.K. Carvão: O Combustível de Ontem. Núcleos Amigos da Terra Brasil, Porto Alegre, RS. 80p. 2004.

NASCIMENTO, F.M.F.; MENDONÇA, R.M.G.; MACÊDO, M.I.F.; SOARES, P.S.M. Impactos Ambientais nos Recursos Hídricos da Exploração de Carvão em Santa Catarina. In: I Congresso Brasileiro de Mina a Céu Aberto e II Congresso Brasileiro de Mina Subterrânea, Belo Horizonte, MG, Brasil. 2002.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V.; ZIM-ALEXANDRE N.; SANTO, E. Qualidade da água em região alterada pela mineração de carvão na microbacia do rio Fiorita (Siderópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, v. 26, n. 2, p.125-136, 2004.

RODRIGUES, R. C.; CAMPOS, L. A. Efluentes de mineração de carvão e a diversidade de famílias de insetos bentônicos *In*: MILIOLI, G.; SANTOS, R.; CITADINI-ZANETTE, V (ED) Mineração de carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no sul de Santa Catarina: uma abordagem interdisciplinar. Curitiba: Juruá, 2009,

RESH, V. H.; JACKSON, J. K. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg, D. M.; Resh, V. H. (Eds.), *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. London: Chapman and Hall, p. 195-223, 1993.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates: Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates*. London: Chapman & Hall, p.: 195-233, 1993.

SANTA CATARINA, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente e Recursos Hídricos; AMREC, Associação de Municípios da Região

Carbonífera; UNESCO, Universidade do Extremo Sul Catarinense. Plano básico de desenvolvimento ecológico – econômico, PBDEE. Florianópolis, IOESC, 628p. 1997.

SANTOS, R. Reabilitação de ecossistemas degradados pela mineração de carvão a céu aberto em Santa Catarina, Brasil. Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; São Paulo, 129 p. 2003.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. Avaliação da Qualidade da Água Através dos Macroinvertebrados Bentônicos – índice BMWP. Governo do Paraná, Curitiba. Disponível em: <
<http://www.meioambiente.pr.gov.br/modules/conteudo/print.php?conteudo=91>>
Acesso em: 29 de maio de 2019.

SILVA, M., L.; FERREIRA, L. R. Impacto ambiental pela mineração de carvão no sul de Santa Catarina. Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 6, n. 4. 2015.

STRONG, E. E., GARGOMINY, O., PONDER, W. F. & BOUCHET, P. Global Diversity of Gastropods (Gastropoda; Mollusca) in Freshwater". *Hydrobiologia* 595: 149-166, 2008.

TAYLOR, B. R.; BAILEY, R. C. Aquatic effects technology evaluation (AETE) program: Technical evaluation on methods for benthic invertebrate data analysis and interpretation. Ottawa, Ontario: Prepared for Canada center for Mineral and Energy Technology, 1997.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. Estudo dos insetos. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

TORREZANI, C. M.; OLIVEIRA, F. E. Problemas Ambientais Decorrentes da Exploração do Carvão Mineral e a Aplicação da Ecotoxicologia Aquática como Ferramenta de Biomonitoramento. *Oecologia Australis*, UFRJ, Rio de Janeiro. 17 (4): 509-521. 2013.

VIEIRA, P. A.; FERREIRA, M. T.; ALBUQUERQUE, A. J. C. Qualidade Biológica das Ribeiras do Oeste. 4º Congresso da Água. Lisboa. 1998.

ZAMORA-MUÑOZ, C.; SÁINZ-CANTERO, C.; SÁNCHEZ-ORTEGA, A.; ALBATERCEDOR, J. Are biological indices BMWP' and ASPT' and their significance regarding water quality seasonally dependent? Factors explaining their variation, *Water Resources*, 1, pp. 285-290. 1995.

APÊNDICE(S)

**APÊNDICE A – TABELA DE PONTUAÇÃO DAS FAMÍLIAS DE
MACROINVERTEBRADOS NO ÍNDICE BMWP**

Famílias	Score
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 e Blephariceridae	10
Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegastridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae e Glossosomatidae	8
Ephemerellidae, Prosopistomatidae, Nemouridae e Gripopterygidae Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephelidae, Ecnomidae, Hydrobiosidae, Pyralidae, Psephenidae, Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Thiaridae e Hydroptilidae	7
Unionidae, Mycetopodidae, Hyriidae, Corophilidae, Gammaridae, Hyalellidae, Atyidae, Palaemonidae, Trichodactylidae, Platycnemididae, Coenagrionidae, Leptohephidae, Oligoneuridae, Polymitarcyidae, Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae	6
Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesidae, Aeglidae, Baetidae, Caenidae, Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae	5
Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Sciomyzidae, Rhagionidae, Sialidae, Corydalidae, Piscicolidae e Hydracarina	4
Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae (Limnecoridae), Pleidae, Notonectidae, Corixidae, Veliidae, Helodidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeridae Glossiphonidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae e Ostracoda	3
Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae, Thaumaleidae	2
Oligochaeta (toda a classe), Syrphidae	1

Fonte: IAP, 2002.

**APÊNDICE B – CLASSES DE QUALIDADE DO CORPO D'ÁGUA RESULTANTE
DO CÁLCULO DO ÍNDICE BMWP.**

Classe	Qualidade	Valor significativo	Significado	Cor
I	Ótima	>150	Águas muito limpas (águas pristinas)	Lilás
II	Boa	121-150	Águas limpas, não poluídas ou sistema perceptivelmente não alterado	Azul Escuro
III	Aceitável	101-120	Águas pouco poluídas ou sistema com pouca alteração	Azul Claro
IV	Duvidosa	61-100	São evidentes efeitos moderados de poluição	Verde
V	Poluída	36-60	Águas contaminadas ou poluídas (sistema alterado)	Amarelo
VI	Muito poluída	16-35	Águas muito poluídas (sistema muito alterado)	Laranja
VII	Fortemente poluída	<16	Águas fortemente poluídas (sistema fortemente alterado)	Vermelho

Fonte: ALBA-TERCEDOR, 1996.