

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BACHARELADO)**

NATÁLIA REGINA OLEGARIO

**RESPOSTAS MORFOLÓGICAS DE PEIXES EM FUNÇÃO DOS
CONTAMINANTES PRESENTES NOS CORPOS DE ÁGUA DO CAMPO
MOROZINI, TREVISÓ, SC**

Criciúma, SC

2013

NATÁLIA REGINA OLEGARIO

**RESPOSTAS MORFOLÓGICAS DE PEIXES EM FUNÇÃO DOS
CONTAMINANTES PRESENTES NOS CORPOS DE ÁGUA DO CAMPO
MOROZINI, TREVISO, SC**

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

Orientador: Prof. M.Sc. Cláudio Ricken

CRICIÚMA, SC

2013

NATÁLIA REGINA OLEGARIO

**RESPOSTAS MORFOLÓGICAS DE PEIXES EM FUNÇÃO DOS
CONTAMINANTES PRESENTES NOS CORPOS DE ÁGUA DO CAMPO
MOROZINI, TREVISO, SC**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Graduação, no Curso de Ciências Biológicas Bacharelado da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Área de Concentração
Manejo e Gestão de Recursos Naturais

Criciúma, 26 de junho de 2013

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Cláudio Ricken - (UNESC) – Orientador

Prof. Dr. Cláus Tröger Pich - (UFSC)

Prof. Dr. Jairo José Zocche - (UNESC)

Dedicatória

*Aos meus pais Sérgio e Marta,
que dignamente me apresentaram à
importância da família e ao caminho
da honestidade e perseverança.*

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente e principalmente á minha família por ter proporcionado a minha graduação, e por me aturarem nos momentos mais difíceis que passei na faculdade, e nunca terem desistido de mim, apesar dos meus maus momentos. Com carinho ao Daniel K. Guolo por ficar ao meu lado, e me guiar a seguir enfrente em todos os obstáculos percorrido e me ajudado nestes momentos difíceis.

Agradeço em especial o Professor M. Sc. Cláudio Ricken por ter me guiado a escolher o meu tema o TCC e orientado, por ter esclarecido todas as minhas duvidas e angustias. Ao IPARQUE por me proporcionarem o laboratório de peixes para os meus estudos e ao biólogo M. Sc. Miguel Vassiliou, que trabalha no IPARQUE, por ter me ajudado nas coletas e identificação das espécies.

Á Dr. Ana Paula S. Dufech e Prof^o. Dr. Luíz Carlos Malabarba por todo o seu acolhimento, atenção e ajuda ao abrir as portas do Laboratório de Ictiofauna da UFRGS para mim, e ajudarem nas pesquisas dos meus peixes e contribuírem para o meu conhecimento, um grande abraço e obrigado para eles.

Com muito carinho e amizade agradeço aos meus colegas de graduação, ciências biológicas (bacharelado) da 7^a fase, por fazerem parte da minha vida e estar ao meu lado nos risos e desentendimentos, fazendo desta fase inesquecível.

Em particular agradeço á Taiane, Caroline, Letícia, Karoline, Camila, Maísa e Jonas por essa grande amizade, afeto e carinho e por estarem ao meu lado, me guindo á enfrentar estes quatro anos de graduação e os tornarem mais divertidos e enlouquecedores, e pelos grandes momentos, com todo o meu amor vocês estarão sempre no meu coração.

RESUMO

Atividades antrópicas geram uma quantidade significativa de poluentes que são lançados no meio ambiente, muitas vezes ocasionando distúrbios ecológicos. Estes poluentes causam alterações biológicas em vários níveis: molecular, celular, tecidual, organismo, populações e comunidades. As alterações morfológicas têm sido usadas para identificar estes poluentes, já que este é um recurso de fácil medição e resposta. O Campo Morozini apresenta rios e lagoas com águas contaminadas por drenagens ácidas oriundas da mineração de carvão, como consequência apresenta contaminação por metais pesados, aumento dos níveis de íons dissolvidos e diminuição do pH. Os métodos para observação de alterações morfológicas podem ser displasia nos ossos dos raios, nadadeiras, opérculos, mandibulares, ventrais da cabeça e olhos, como também deformações na coluna vertebral e tumores no corpo. Deste modo, este trabalho teve como objetivo analisar as respostas morfológicas, causadas pelos contaminantes, como pH, condutibilidade, alumínio total, manganês total, ferro total, sulfetos e oxigênios dissolvido, presentes nos corpos d'água do Campo Morozini, Treviso, Santa Catarina. Os resultados obtidos não indicaram ação dos poluentes presentes nos corpos d'água do Campo Morozini sobre as estruturas morfológicas dos peixes, considerando os parâmetros físico-químicos comparados e avaliados. As alterações morfológicas são mais evidentes em áreas contaminadas por rejeitos orgânicos, pois estes são agentes patogênicos, substâncias orgânicas, metais pesados e elementos vestigiais, conseqüentemente estas águas sofrem deterioração bacteriana, e como resultado a concentração de oxigênio é reduzida, e leva também à degradação de proteínas e outros compostos azotados, fazendo com que estes poluentes interajam mais rápidos neste ecossistema. Enquanto que metais podem acumular durante muito tempo nestes organismos não havendo assim uma resposta direta e rápida, já que estes compostos tem a capacidade de se ligar com cadeias de carbono curtas, nesta forma, eles acumulam nos organismos. Propomos que sejam utilizadas outras metodologias de análise, que contemplem a interação de proteínas com possíveis poluentes (metalotioneínas) e também exames histopatológicos, de fígados e rim, já que estes são órgão desintoxicantes e acumuladores do organismo.

Palavras-chaves: Peixes, bioindicadores, histopatologia, metais pesados.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estado de Santa Catarina, em destaque o Município de Treviso.....	14
Figura 2– Foto de satélite localizando as quatro estações amostrais.....	14
Figura 3– Foto detalhada da estação amostral RM1	15
Figura 4 - Foto detalhada da estação amostral RM2.	15
Figura 5 - Foto detalhada da estação amostral RM3.	16
Figura 6– Foto detalhada da estação amostral RM4.	16
Figura 7– Foto detalhada da estação amostral RM5.	17
Figura 8– Armadilhas usadas na captura dos peixes. A) Armadilha de espera do tipo covó; B) Rede de Arrasto.	18
Figura 9 – Foto das espécies presentes nos corpos d’água do Campo Morozini, família Characidae. Espécimes: A) <i>Astyanax jacuhiensis</i> , B) <i>Mimagoniates microlepis</i> , C) <i>Odontostoechus lethostigmus</i> , D) <i>Astyanax fasciatus</i> , E) <i>Hyphessobrycon luetkenii</i> , F) <i>Cyanocharax itaimbe</i>	25
Figura 10 - Foto detalhada das espécies presentes nos corpos d’água do Campo Morozini, família Locariidae. Espécimes: A) <i>Pareirhaphis stomis</i> , B) <i>Rineloricaria maquinensis</i> , C) <i>Epactionotus gracilis</i> , D) <i>Pareirhaphis nudulus</i>	25
Figura 11 – Foto detalhada das espécies presentes nos corpos d’água do Campo Morozini, família Cichlidae. Espécimes: A) <i>Geophagus brasiliensis</i> , B) <i>Cichlassoma facetum</i>	26
Figura 12 - Foto detalhada da espécie presente nos corpos d’água do Campo Morozini, família Anablepidae. Espécime <i>Jenynsia unitaenia</i>	26
Figura 13 - Foto detalhada da espécie presente nos corpos d’água do Campo Morozini, família Heptapteridae. Espécime <i>Heptapterus mustelinus</i>	26
Figura 14 - Número de espécies capturadas em cada estação amostral de cada ano.	23
Figura 15–Radiografiados peixes coletados no Campo Morozini. A) Foto lateral; B) Foto dorsal. Espécimes analisados foram <i>Rineloricaria</i> sp., <i>Rineloricaria maquinensis</i> , <i>Heptapterus mustelinus</i> , <i>Jenynsia unitaenia</i> , <i>Hyphessobrycon luetkenii</i>	27
Figura 16 - Radiografia dos peixes coletados no Campo Morozini. A) Foto lateral; B) Foto dorsal. Espécimes amostrados foram <i>Astyanax fasciatus</i> , <i>Odontostoechus lethostigmus</i> , <i>Cyanocharax itaimbe</i>	27
Figura 17 - Radiografia dos peixes coletados no Campo Morozini. A) Foto lateral; B) Foto dorsal. Espécimes amostrados foram <i>Geophagus brasiliensis</i> , <i>Cichlassoma facetum</i>	27
Figura 18 - Radiografia dos peixes presentes no Campo Morozini. A) Foto lateral; B) Foto dorsal. Espécimes amostrados foram <i>Mimagoniates microlepis</i> , <i>Epactionotus gracilis</i> , <i>Pareiorahphis stomias</i> , <i>Astyanax jacuhiensis</i>	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados das médias de cada ano das análises físico-químicas das estações amostrais do Campo Morozini.	20
Tabela 2 - Lista de Espécies encontradas em cada Estação Amostral nos anos de 2009 á 2012.	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1 Objetivo Geral	12
1.1.2 Objetivo Específico	12
2 MATERIAIS E MÉTODOS	13
2.2 ÁREA DE ESTUDO	13
2.3 ESTAÇÕES AMOSTRAIS	14
2.4 COLETA E AMOSTRAGEM	17
3 RESULTADO E DISCUSÃO	20
3.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	20
3.2 ANÁLISE HISTOPATOLÓGICA	21
4 CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIA.....	30

1 INTRODUÇÃO

Constituindo um dos compostos de maior distribuição e importância para a vida, a água está presente, de forma direta ou indireta, em todos os processos metabólicos dos seres vivos. (ESTEVES, 1998). E por ser essencial para as formas de vida que se desenvolvem na terra, é o composto mais abundante na constituição química dos organismos. Como a sua qualidade e quantidade estão sujeitas a grandes variações em função de causas naturais ou antrópicas, é de muita importância a sua preservação, pois é indispensável para o ecossistema ambiental (WETZEL, 1993).

O ecossistema aquático é considerado o mais suscetível à poluição, pois tem sido usado como um recurso para o mundo com diferentes objetivos, que vão desde abastecimento doméstico, irrigação, geração de energia, navegação, aquicultura, harmonia paisagística, entre outros. Desta forma, atividades antrópicas têm exercido uma grande influência sobre este ecossistema, afetando de forma significativa os indivíduos que vivem neste meio (CAIRNS et al., 1993).

O crescimento excessivo da população nas proximidades dos ambientes aquáticos e a exportação industrial nas últimas décadas são os maiores agressores para este recurso, pois faz com que as comunidades de organismos aquáticos sejam frequentemente expostas às águas contaminadas (LOPES; MALABARBA, 2007).

Por ser mundialmente utilizada, a exploração de carvão mineral exerce grande efeito contaminante sobre os recursos aquáticos. Apesar de importante recurso energético a extração, beneficiamento e a utilização do carvão mineral são atividades potencialmente poluidoras que podem representar elevado comprometimento ambiental, essa atividade pode destruir componentes biológicos que regulam processos muito importantes no ciclo da água (GAVIZZO; VIDOS; TEDESCO, 2000).

Estima-se que a reserva de carvão no Brasil chegue a 32,4 bilhões de toneladas, no qual as regiões em que estão concentradas são: Paraná, com 28,8 bilhões, Santa Catarina com 3,4 bilhões e Rio Grande do Sul com 100 milhões (VASCONCELOS, 2004)

O grande avanço da exploração de carvão em Santa Catarina, que é o segundo mais explorado, foi feita pela Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), nas cidades de Orleães, Lauro Muller, Criciúma, Siderópolis, Treviso, Urussanga, Içara, Forquilha, Maracajá e Araranguá, esta intensa exploração deixou Santa Catarina em área crítica, mas devido à baixa qualidade do carvão e seu alto teor de enxofre e cinza, acabou perdendo

mercado e em 1990 sua industrialização foi paralisada, deixando estas áreas de exploração de carvão e depósitos com rejeito apresentando uma série de alterações (IPARQUE/UNESC, 2009).

Estas alterações foram causadas pela exploração desordenada, cuja utilização era feita com disposição desordenada de pilhas de estéreis sem proteção de barragens e rejeitos, havia também o lançamento indiscriminado de efluentes brutos de beneficiamento e drenagem de mina diretamente nos cursos de água, deixando estas áreas em estado crítico de poluição (KREBS; AMARAL, 1985).

Uma das áreas do sul de Santa Catarina em estado avançando de poluição foi o Campo Morozini, que teve início a sua exploração de carvão nos anos de 1982 até 1989, sob cargo da Carbonífera Próspera S. A. A mineração era feita a céu aberto, onde as camadas de estéreis eram removidas chegando a atingir doze metros de profundidade. O método de exploração invertia essas camadas introduzindo os horizontes superficiais do solo no fundo das cavas e expondo a rocha que estava associada ao carvão em profundidade. Os corpos d'água do Campo Morozini ficaram contaminados, e sua extensão diminuiu drasticamente (IPARQUE/UNESC, 2009).

Os metais pesados, presentes na exploração de carvão, são contaminantes químicos que diferem de outros agentes tóxicos porque não são sintetizados nem destruídos pelo homem isso faz com que estes metais possam ser acumulados ao longo da cadeia alimentar, afetando toda a escala da cadeia alimentar desde decompositores até os predadores, estes metais não são biodegradáveis levando a graves alterações ecológicas e biológicas (KREBS; AMARAL, 2010).

Estes e outros estressores podem agir produzindo efeitos que ameaçam ou perturbam o equilíbrio homeostático do organismo, desencadeando um conjunto de respostas fisiológicas. Estas respostas podem ser específicas para um determinado tipo ou um grupo de estressores semelhantes e envolvem tipicamente todos os níveis de organização do animal, do molecular ao orgânico (SILVA; 2004).

Lam (2003) ressalta que as deteriorações no ambiente em função das atividades antrópicas têm gerado o surgimento adequado de métodos para a avaliação de qualidade ambiental, ele argumenta que a monitorização ambiental junto com qualidades ambientais ou medições qualitativas e quantitativas desses impactos são de grande importância para a manutenção dos ecossistemas naturais. Um dos monitoramentos mais usados em recursos

hídricos é o biológico, no qual tem como objetivo detectar alterações causadas nestes organismos vivos.

Uma das medições que está sendo estudada e utilizada como parâmetro para avaliação da qualidade ambiental deste recurso é a detecção de alterações morfológicas e fisiológicas destes organismos. A utilização deste parâmetro é prática, pois, às mesmas são de fácil observação e de respostas bem definidas (LAM, 2003).

Estas alterações têm sido utilizadas por muitos anos como indicadores de exposição, que são geralmente alterações macroscópicas na estrutura de células, tecidos, órgãos ou organismos individuais. Estes indicadores que são classificados como biomarcadores, têm sido estudados em campo para avaliar o efeito tóxico dos poluentes no ambiente aquático, por sua capacidade de diferenciar lesões nos órgãos, induzidas por doenças ou outros fatores do meio ambiente, como daquelas provocadas pela exposição aos poluentes (SILVA; 2004).

Em uma revisão sobre estudos utilizando peixes como bioindicadores, Karr (1981) afirma que os peixes são ótimos indicadores ambientais, pois possuem um histórico de vida extensivo com muitas informações para a maioria das espécies. Sua comunidade em geral apresenta uma grande variedade em nível trófico, pois estão presentes em todos estes níveis, sua alimentação pode vir tanto de origem aquática quanto de sedimentos (solo), e a sua posição na cadeia alimentar aquática fornece uma visão integrada da bacia hidrográfica do ambiente em que está inserida, e estão presentes tanto em águas não contaminadas quanto em águas poluídas.

As alterações exercidas em peixes por agentes tóxicos também têm efeito em nível de suborganismos por reações enzimáticas ou metabólicas, ligando ou interagindo com a estrutura da membrana e outros componentes funcionais das células (SAVENBERG, 1996). Larsson (1985) comenta que estas alterações em peixes têm sido utilizadas como biomarcadores para exposições de substâncias tóxicas, e este reflete alteração nas funções bioquímicas ou fisiológicas.

Deformações são observadas em peixes expostos a condições ambientais desfavoráveis com deficiência de oxigênio, salinidade e temperatura. Condições como estas, podem causar deformações embrionárias, podendo ser indicador de defeitos morfológicos originados da síndrome de não clivagem, formação agregada de células durante a gastrulação, falha de fechamento do blastóporo e anomalias em embriões em estágio inicial de desenvolvimento (AU, 2004).

Os biomarcadores histopatológicos podem ser divididos em dois tipos: indicadores externamente que são os visíveis (morfológico) e indicadores internos de doenças (patológico). Nos peixes, os sintomas visíveis externamente são: malformação esquelética, hiperplasia epidérmica/papiloma e anomalias no opérculo (LAM, 2003).

Estas alterações influenciam diretamente no ecossistema destes organismos, complexos cujos mecanismos e efeitos acumulativos são pouco entendidos, com isso uma análise da integridade biótica tem sido sugerida, visto como uma compreensão deste sistema tão importante para os seres vivos e de grande importância, no qual um manejo apropriado requer o entendimento de processos e padrões no sistema biológico e o desenvolvimento de processos e avaliação que assegurem a proteção dos recursos biológicos (BENJAMIM; ARAUJO, 2007).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

- Analisar as respostas morfológicas de peixes em função dos contaminantes presentes nos corpos de água do Campo Morozini, Treviso, Santa Catarina.

1.1.2 Objetivo Específico

- Verificar alterações morfológicas nos peixes causadas pela contaminação dos corpos d'água localizados no Campo Morozini.
- Verificar as respostas das comunidades dos peixes às condições físicas e químicas presentes nos corpos d'água localizados no Campo Morozini.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2 ÁREA DE ESTUDO

O Campo Morozini está localizado no município de Treviso – SC, nas coordenadas UTM 6.841.000/6.845.000 (norte) e 650.000/656.000 (sul) (figura1) próximo às encostas da Serra Geral. Pertencente a Microrregiões da Associação dos Municípios da Região Carbonífera (AMREC) e a 21ª Secretaria de Desenvolvimento Regional (SDR). Está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, na sub-bacia do rio Mãe Luzia (IPARQUE/ UNESCO, 2006).

O Campo Morozini compreende uma área total de 381 ha, destes 226,9 ha sofreram influência da mineração de carvão. Dentre esses os corpos d'água e cavas alagadas compreendem uma área de 20 ha. As principais fontes de poluição identificadas no local são os rejeitos e estéreis, principalmente os arenitos, ambos ricos em pirita os quais aparecem dispostos como blocos soltos em pilhas, ao longo das estradas ou ainda como afloramentos representando os últimos cortes da mineração. Como produtos da ação do intemperismo sobre o sulfeto de ferro, são observados sulfatos de ferro hidratado - melanterita - como uma massa branca cristalizada por sobre os depósitos de rejeitos do beneficiamento de carvão mineral, além de hidróxidos ou óxidos de ferro de cor alaranjada precipitados sobre os arenitos (IPARQUE/ UNESCO, 2006).

O Campo Morozini está posicionado no sopé do “Montanhão”, pequena serra com altitudes máximas de 600 metros, cumeada por rochas básicas da Formação Serra Geral, na base da sequencia de rochas sedimentadas depositadas no local são encontradas litologias da Formação do Rio Bonito, que abriga as principais camadas de carvão da Bacia Catarinense. Seu relevo é formado por uma topografia razoavelmente acidentada (IPARQUE/ UNESCO, 2006).

O clima é classificado segundo Köppen (1948) como mesotérmico do tipo temperado, chegando á temperatura máxima de 30° C e a mínima 3° C, sendo que a temperatura media anual é de 19,3° C e com precipitação media de 1.660mm (EPAGRI; CIRAM, 2001).

Figura 1- Estado de Santa Catarina, em destaque o Município de Treviso.

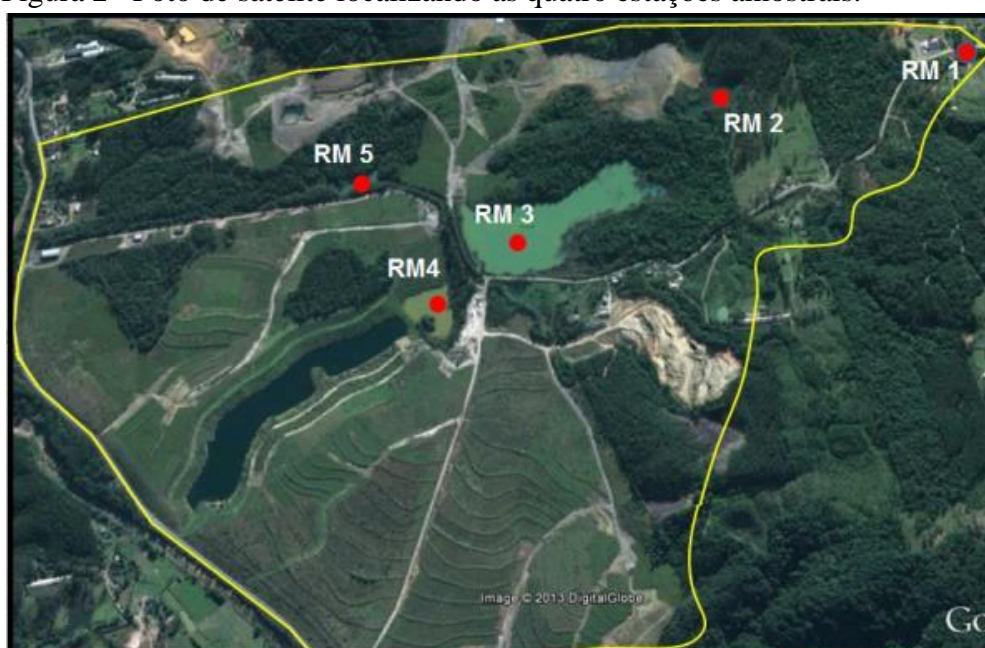


Fonte: IBGE modificado (2012)

2.3 ESTAÇÕES AMOSTRAIS

As coletas das amostras no Campo Morozini foram realizadas em quatro estações amostrais conforme os corpos d'água, separadas em rios e lagoas (figura 2), são elas:

Figura 2– Foto de satélite localizando as quatro estações amostrais.



Fonte: Google Earth (2012)

RM1 (Figura 3): Este rio é o principal afluente do Campo Morozini, conhecido como rio Morozini, ele se encontra a montante da antiga mina de carvão, por não sofrer influencia direta da área minerada está em grande preservação. Possui mata ciliar bem preservada e de grande porte, a correnteza é moderada, encontram-se também muitas pedras de tamanho variado, a água é límpida, sem presença de odor.

Figura 3– Foto detalhada da estação amostral RM1



Fonte: do próprio autor (nov. 2012).

RM2 (Figura 4): Esta lagoa está localizada a montante da mina de carvão, e a esquerda do rio principal, que é o rio Morozini, esta área não sofreu intervenções relacionadas ao processo de mineração, segundo o projeto de reabilitação feito pelo IPARQUE, considerando uma área controle, pois sua condição é mais próxima à natural, mais devido ao alto teor de zinco no solo, esta área sofre muito intemperismo e alteração na água.

Figura 4 - Foto detalhada da estação amostral RM2.



Fonte: do próprio autor (2012).

RM3 (Figura 5): Esta lagoa está localizada a montante da antiga mina de carvão, apresenta um corpo hídrico profundo em um trecho curvilíneo envolto por vegetação de eucaliptos, gramíneas e macrófitas aquáticas. A sua água é escura, sem presença de odor e sua transparência não ultrapassa de 40 %.

Figura 5 - Foto detalhada da estação amostral RM3.



Fonte: do próprio autor (2012)

RM4 (Figura 6): esta lagoa está localizada a jusante da antiga mina de carvão, encontra uma mata ciliar de grande porte, caracterizada por ser pouco exigente aos nutrientes do solo, sendo elas de espécies exóticas como pinus e eucalipto e macrófitas, caracterizada por formar um corpo d'água extenso uma de cor azulada, mais muito turva e não possui presença de odor.

Figura 6– Foto detalhada da estação amostral RM4.



Fonte: do próprio autor (2012).

RM5 (figura 7): Este rio está localizado a jusante da antiga mina de carvão, envolto por uma vegetação de macrófitas aquáticas, ele sofre um alargamento formando um pequeno rio profundo, com água muito turva, com muitas pedras de tamanho variado e sem presença de odor, a sua transparência chega á apenas 30 %.

Figura 7– Foto detalhada da estação amostral RM5.



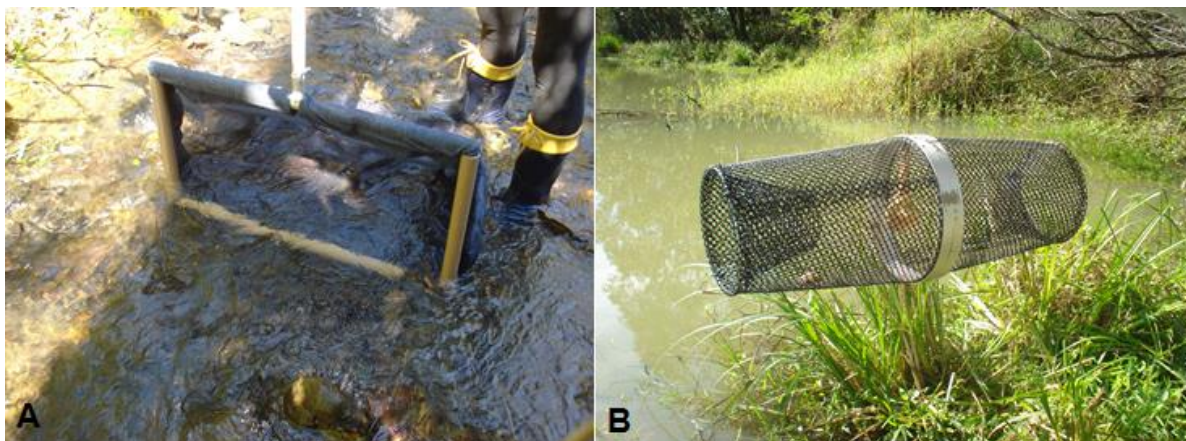
Fonte: do próprio autor (nov. 2012).

2.4 COLETA E AMOSTRAGEM

As coletadas nas estações amostrais foram feitas aleatoriamente nos períodos de 2009 á 2012, sendo este julho e outubro de 2009, junho de 2010, fevereiro, novembro e dezembro de 2011, maio e novembro 2012. Estas coletas foram feitas pela equipe do IPARQUE, para o projeto e realização do monitoramento ambiental do Campo Morozini.

Nas partes mais baixas dos rios foi usada rede de arrasto do tipo puçá (15 m x 1,5 m x 0,5 cm) (figura 5), no qual foram feitos três arrastos, no começo no meio e final dos rios, e nas áreas com maior profundidade foi usado armadilha de espera tipo covo (figura 5) no começo da margem.

Figura 8– Armadilhas usadas na captura dos peixes. A) Armadilha de espera do tipo covão; B) Rede de Arrasto.



Fonte: do próprio autor (nov. 2012).

Todos os indivíduos coletados foram conservados em álcool 70% e levados para o laboratório de peixes do IPARQUE, para serem conservados e analisados posteriormente.

No laboratório foram identificados até o nível de espécie, e para análise morfológica foi usado método de observação, onde foi verificado segundo a classificação de Lopes (2006):

1) Displasias ósseas: verificado pela mudança da estrutura óssea (atrofia, deformação, torção e hipertrofia):

- Displasia dos ossos operculares, relacionada à deformação dos ossos operculares.
- Displasias dos ossos mandibulares, relacionados às deformações físicas nos ossos da boca.
- Displasia dos ossos ventrais da cabeça, relacionados à torção e atrofia dos ossos da região branquotal.
- Displasia dos raios e espinhos das nadadeiras, relacionados às deformações físicas observadas em raios e espinhos.

2) Deformações nas brânquias e opérculo.

3) Tumores (neoplasia)

- Tumores observados nos tecidos ósseos (raios de nadadeiras, placas ósseas e etc).

4) Deformações da coluna vertebral

- Cifoses, lordose e escoliose, relacionadas pelo desvio dorsal, ventral ou lateral da coluna vertebral.

5) Olhos: atrofia da pupila e displasia dos tecidos oculares.

Complementarmente, para análise mais detalhada da morfologia óssea e brânquia, foram selecionados 13 indivíduos os quais foram submetidos a radiografias, as espécimes selecionadas foram: *Astyanax fasciatus* (Cuvier, 1819), *Odontostoechus lethostigmus* Gomes, 1947, *Cyanocharax itaimbe* Malabarba & Weitzman, 2003, *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824), *Cichlassoma facetum* (Jenyns, 1842), *Rineloricaria maquinensis* Reis & Cardoso, 2001, *Heptapterus mustelinus* (Valenciennes, 1835), *Jenynsia unitaeni*, Ghedotti & Weitzman, 1995, *Hyphessobrycon luetkenii* (Boulenger, 1887), *Mimagoniates microlepis* (Steindachner, 1877), *Epactionotus gracilis* Reis & Schaefer, 1998, *Pareiorahphis stomias* (Pereira & Reis, 2002) e *Astyanax jacuhiensis* (Cope, 1894).

Os dados da qualidade da água são originados de coletas dos corpos d'água que foram realizadas pela equipe do IPARQUE/UNESC, ao mesmo tempo da coleta dos peixes de 2009 até 2012. Os parâmetros avaliados foram pH, condutibilidade, oxigênio dissolvido, ferro total, manganês total, sulfatos, alumínio total.

3 RESULTADO E DISCUSÃO

3.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Nas estações amostrais dos corpos d'água do Campo Morozini as águas são consideradas satisfatórias comparadas aos padrões fixados na Resolução n° 357/2005 do CONAMA, considerando rio classe 1. As médias dos resultados de cada ano das análises físico-químicas das áreas amostradas estão na Tabela 1, dos locais amostrados a estação que mostrou maiores alterações foi a RM4, as análises que deram muitas alterações foram sulfeto, manganês e oxigênio dissolvido, chegando a ser comparado com um rio classe 3 segunda a resolução do CONAMA, mas devido o andamento do projeto de reabilitação estes parâmetros indicaram melhoria em sua qualidade o classificando como satisfatório. Nas outras estações amostrais o parâmetro mais alterado foi o manganês, enquanto que nos demais parâmetros estavam de acordo com o estabelecido pela Resolução n° 357/2005 do CONAMA.

Pode ser observado que devido ao projeto de reabilitação do Campo Morozini, realizado a partir do ano de 2009 foi percebida melhoria significativa na qualidade dos corpos d'água considerando a Resolução n° 357/2005 do CONAMA. Segundo Carvalho et al. (2009), estes são dados importantes para observar o andamento destes corpos d'água, já que estes parâmetros alteram diretamente todo o ecossistema aquático, principalmente o pH que é importante em muitos estudos ambiental e no controle dos processos físico-químicos de tratamento de efluentes industriais, as taxas destes parâmetros podem determinar as condições de equilíbrio dos ecossistemas aquáticos naturais por influenciar nas fisiologias de diversas espécies.

Tabela 1 - Resultados das médias de cada ano das análises físico-químicas das estações amostrais do Campo Morozini, comparando segundo a Resolução do COMANA 357/2005, classificando rios classe 1.

PARÂMETRO	ANO	RM1	RM2	RM3	RM4	RM5	Conama 357/ 2005
pH	2009	7,2	6,5	6,6	6,2	7,1	6 / 9
	2010	7,3	-	7,3	6,7	6,9	
	2011	7,7	-	6,5	6,4	7,3	
Condutibilidade (mS.cm ⁻¹)	2009	0,042	0,7	0,626	0,592	0,176	-
	2010	0,039	-	0,697	0,7	0,111	
	2011	0,061	-	0,567	0,592	0,187	

PARÂMETRO	ANO	RM1	RM2	RM3	RM4	RM5	Conama 357/ 2005
Sulfato (mg.L⁻¹)	2009	< 10	< 0,1	369	357	69	250
	2010	< 10	-	300	375	37	
	2011	< 10	-	268	282	51	
Ferro Total (mg.L⁻¹)	2009	0,30	0,16	0,37	0,16	0,76	0,3
	2010	0,41	-	0,27	0,12	0,73	
	2011	0,38	-	1,05	0,41	0,39	
Manganês Total (mg.L⁻¹)	2009	0,02	0,10	3,39	2,51	0,70	0,1
	2010	0,02	-	0,86	1,12	0,18	
	2011	0,02	-	3,22	1,85	0,48	
Alumínio Total (mg.L⁻¹)	2009	0,3	ND	0,1	< 0,1	0,2	0,1
	2010	< 0,1	-	< 0,1	< 0,1	0,3	
	2011	0,4	-	0,1	0,1	0,4	
Oxigênio Dissolvido (mg.L⁻¹)	2009	7,0	7	4,4	4,4	6,7	< 6
	2010	6,7	-	5,8	5,6	7,1	
	2011	7,4	-	6	4,9	7,4	

Fonte: IPARQUE (2012)

3.2 ESPÉCIES CAPTURADAS

Foram analisados no total de 1105 indivíduos (Tabela 2) coletados, dentre as estações amostrais de todos os anos, destas pertencendo á quatro ordens, cinco famílias distintas e 15 espécies diferentes.

A estação amostral que teve maior número de indivíduos capturados foi á estação RM1 contabilizando um total de 775 indivíduos, destes pertencendo á doze espécies e cinco famílias distintas, isto pode ocorrer, pois esta estação é a mais afastada e menos impactada, encontrando-se acima das áreas contaminadas pela extração de carvão. Nas estações RM2, RM3, RM4 e RM5 o número total de indivíduos coletados não ultrapassou de 330, sendo a menor estação com 54 indivíduos, na estação RM2, e o maior na estação RM4 com 140 indivíduos. Sendo que de todas estas estações não ultrapassou de duas famílias distintas. Deduz-se que o número de indivíduos e a diversidade de espécies nesses pontos podem ocorrer porque os metais pesados derivados da exploração de carvão atingiram diretamente estas áreas, já que elas estão localizadas nas partes mais baixas das áreas exploradas, exceto a estação RM2 que o número baixo de indivíduos é devido ao próprio solo de seu entorno que é rico em zinco (IPARQUE/UNESC, 2006).

Tabela 2 - Lista de Espécies encontradas em cada Estação Amostral nos anos de 2009 á 2012.

Espécies	RM1	RM2	RM3	RM4	RM5
ORDEM SILURIFORME					
Família Heptapteridae					
<i>Heptapterus mustelinus</i> (Valenciennes, 1835)	9	-	-	-	-
Família Locariidae					
<i>Pareiorhaphis stomias</i> (Pereira & Reis, 2002)	77	-	-	-	-
<i>Pareiorhaphis nudulus</i> (Reis & Pereira, 1999)	99	-	-	-	-
<i>Rineloricaria</i> sp.	76	-	-	-	-
<i>Rineloricaria maquinensis</i> Reis & Cardoso, 2001	20	-	-	-	-
<i>Epactionotus gracilis</i> Reis & Schaefer, 1998	46	-	-	-	-
ORDEM CHARACIFORMES					
Família Characidae					
<i>Odontostoechus lethostigmus</i> Gomes, 1947	10	-	-	-	-
<i>Mimagoniates microlepis</i> (Steindachner, 1877)	40	-	-	-	-
<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier, 1819)	14	-	-	-	-
<i>Astyanax jacuhiensis</i> (Cope, 1894)	-	2	60	140	57
<i>Cyanocharax itaimbe</i> Malabarba & Weitzman, 2003	278	-	-	-	-
<i>Hyphessobrycon luetkenii</i> (Boulenger, 1887)	81	-	-	-	3
ORDEM PERCIFORMES					
Família Cichlidae					
<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy&Gaimard, 1824)	-	47	10	3	-
<i>Cichlassoma facetum</i> (Jenyns, 1842)	1	5	3	-	-
ORDEM CYPRINODONTIFORME					
Família Anablepidae					
<i>Jenynsia unitaenia</i> Ghedotti & Weitzman, 1995	24	-	-	-	-
TOTAL	775	54	73	143	60

Fonte: IPARQUE (2012)

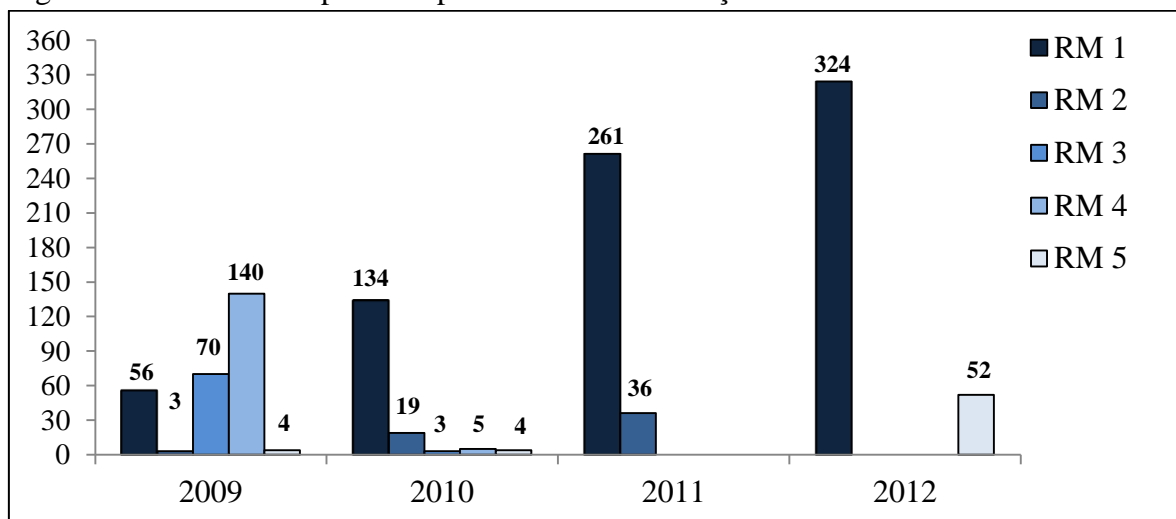
As espécies registradas em maior número foram as pertencentes da família Characidae e Locariidae, incluindo nesta família indivíduos predadores, detritívoros, herbívoros e que se alimentam de sementes, folhas e frutas. Podem habitar superfície de coluna d'água, ou moradores bentônica. Fluxos de água mais degradados que tendem a ter grande população de onívoros, sua predominância nestas áreas sugerem degradação da base alimentar, pois estas espécies são forrageiros oportunistas os tornando mais adaptados do que forrageiros especialistas. (KARR, 1981).

Seguidas destas famílias as que menos foram capturadas pertencem á família Cichlidae, Anablepidae e Heptapteridae são espécies tolerantes nestes ambientes, podendo viver em águas de salinidade e temperatura muito variável, estas características permitiram

que eles invadam ambientes flutuantes como sapais, nascentes e lagoas do deserto (HELFMAN, 2009).

Comparando o número de espécies coletados em cada ano houve um aumento total de peixes coletados no ano de 2012 para os outros anos, de quando foi iniciado o projeto de reabilitação do Campo Morozini (Figura 9). Mais em comparação ao número de espécies foi ao contrário diminuiu isto pode ter ocorrido, pois as coletas não foram feitas periodicamente em todos os anos, isto pode ter acarretado que em alguns destes meses as espécies não estavam presentes, ou outro fator pode ser que estas espécies não tenham conseguido se reproduzir, devido às próprias alterações naturais causadas nestas áreas pela implantação do projeto de reabilitação.

Figura 9 - Número de espécies capturadas em cada estação amostral de cada ano.



Fonte: do próprio autor (2012)

Na estação RM1, que é menos poluída, pode-se ver que o número de espécies aumenta conforme os anos, isto mostra que com o andamento do projeto de reabilitação, esta área melhorou seus aspectos biológicos.

Já na estação RM2 dita como controle, o número de espécies aumentou em 2010 e 2011, mas no outro ano diminuiu, isto pode ter ocorrido pelo acúmulo natural de metais no solo e o intemperismo, prejudicando a água nesta estação.

Na estação RM3 e RM4, pode-se observar que há indivíduos, nos anos de 2009 e 2010, mas nos outros anos não houve mais a presença de nenhum indivíduo, isto pode ter ocorrido, pois as coletas feitas nestes anos ela não poderia estar na época reprodutiva, sendo observados poucos indivíduos, ou ainda isto pode ter ocorrido, pois estas áreas são as que se

encontram mais perto da antiga mina, e durante o projeto de reabilitação pode ter interferido na fauna desta lagoa.

Pode ser observado que na estação RM5 o número de indivíduos aumentou de 2009 para 2012. Isto ocorre, pois os valores das análises físico-químicas desta área melhorou, contribuindo para o seu desenvolvimento.

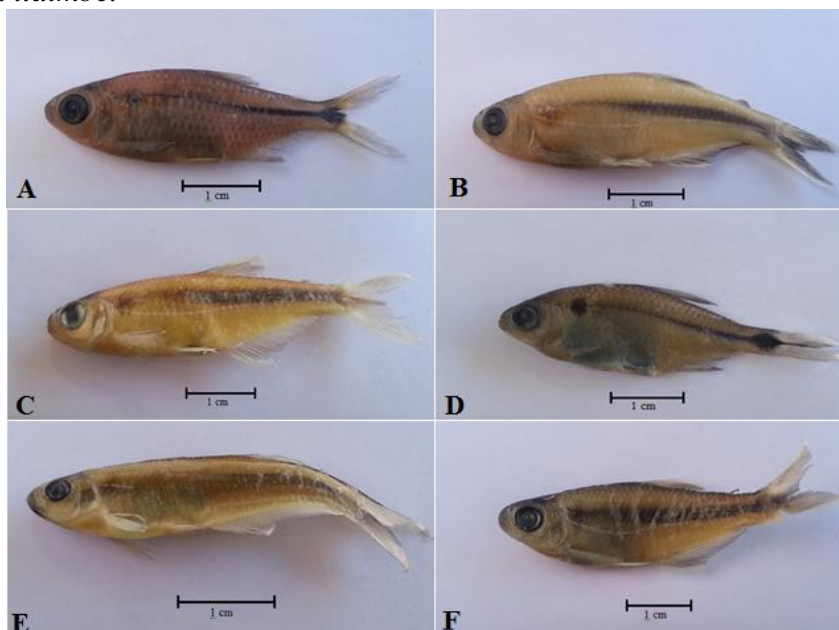
3.3 ANÁLISE HISTOPATOLÓGICA

Apesar das análises físico-químicas dos corpos d'água do Campo Morozini estar alterada, isto não foi suficiente para causar alteração na morfologia destes peixes (Figuras 10 á 14), tanto nas brânquias (Figuras 15 á 18). Consideramos que os contaminantes presentes na área de estudo podem ter interagido no metabolismo, ou nas enzimas antioxidantes que ajudam no efeito tóxico destes organismos, defendendo o corpo dos agentes estranhos fazendo a sua eliminação antes de haver alguma anomalia, ou ainda acumulando estes contaminantes em algum órgão interno destes organismos, sendo assim, causando resposta nos órgãos internos e não externos (TREVISAN, 2008).

Trabalhos de Au (2004), Silva (2004) e Flores (2007) indicam que alterações morfológicas são mais evidentes em áreas contaminadas por rejeitos orgânicos, uma vez que estes são acompanhadas por um grande avanço populacional causando mais estresse nestes organismos. Os autores justificam que estes poluentes incluem agentes patogênicos, substâncias orgânicas, metais pesados e elementos vestigiais, conseqüentemente estas águas sofrem deterioração bacteriana, e como resultado desta atividade bacteriana, a concentração de oxigênio em que a água é reduzida, e leva também à degradação de proteínas e outros compostos azotados, como liberação de sulfureto de hidrogênio e amoníaco, os quais são potencialmente tóxicos para os organismos fazendo com que estes poluentes interajam mais rápidos neste ecossistema.

Enquanto que metais podem acumular durante muito tempo nestes organismos não havendo assim uma resposta direta e rápida, já que são particularmente tóxicos como os elementos livres condensadas, mas eles são perigosos para os organismos vivos, sob a forma de cátions com a capacidade de se ligar com cadeias de carbono curtas, nesta forma, eles acumulam nos organismos (AU, 2004).

Figura 10 – Foto das espécies presentes nos corpos d’água do Campo Morozini, família Characidae. Espécimes: A) *Astyanax jacuhiensis*, B) *Mimagoniates microlepis*, C) *Odontostoechus lethostigmus*, D) *Astyanax fasciatus*, E) *Hyphessobrycon luetkenii*, F) *Cyanocharax itaimbe*.



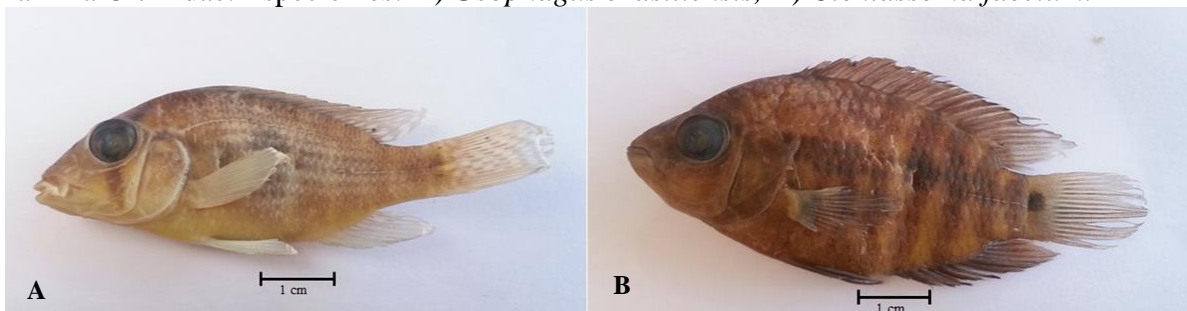
Fonte: do próprio autor (2012).

Figura 11 - Foto detalhada das espécies presentes nos corpos d’água do Campo Morozini, família Locariidae. Espécimes: A) *Pareirhaphis stomis*, B) *Rineloricaria maquinensis*, C) *Epactionotus gracilis*, D) *Pareirhaphis nudulus*.



Fonte: do próprio autor (2012).

Figura 12 – Foto detalhada das espécies presentes nos corpos d’água do Campo Morozini, família Cichlidae. Espécimens: A) *Geophagus brasiliensis*, B) *Cichlassoma facetum*.



Fonte: do próprio autor (2012).

Figura 13 - Foto detalhada da espécie presente nos corpos d’água do Campo Morozini, família Anablepidae. Espécime *Jenynsia unitaenia*.



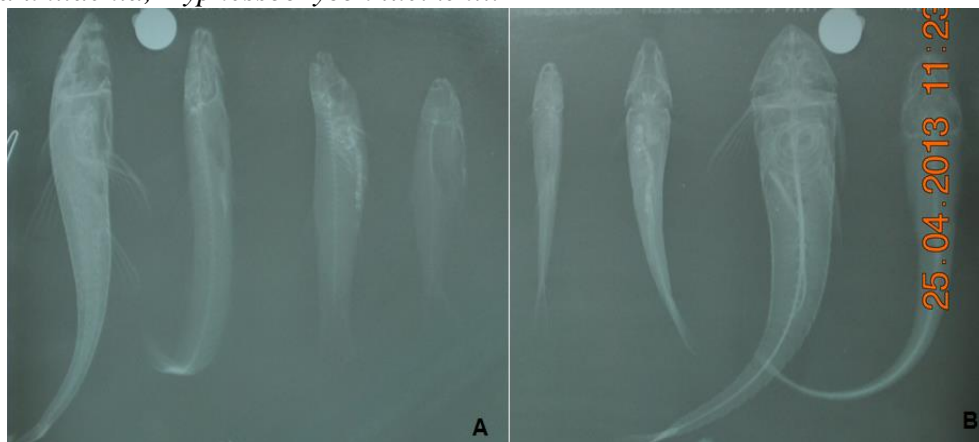
Fonte: do próprio autor (2012).

Figura 14 - Foto detalhada da espécie presente nos corpos d’água do Campo Morozini, família Heptapteridae. Espécime *Heptapterus mustelinus*.



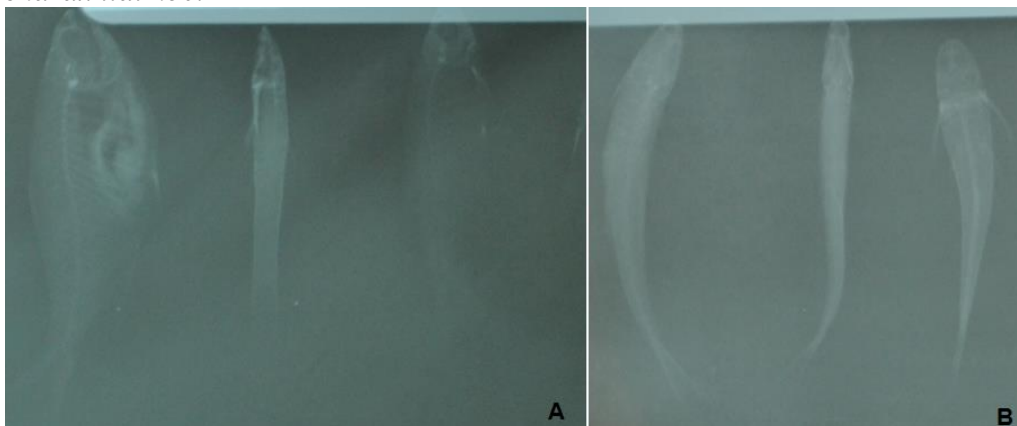
Fonte: do próprio autor (2012).

Figura 15–Radiografiados peixes coletados no Campo Morozini. A) Foto lateral; B) Foto dorsal. Espécimes analisados foram: *Rineloricaria maquinensis*, *Heptapterus mustelinus*, *Jenynsia unitaenia*, *Hyphessobrycon luetkenii*.



Fonte: do próprio autor (2012).

Figura 16 - Radiografia dos peixes coletados no Campo Morozini. A) Foto lateral; B) Foto dorsal. Espécimes amostrados foram: *Astyanax fasciatus*, *Odontostoechus lethostigmus*, *Cyanocharax itaimbe*.



Fonte: do próprio autor (2012).

Figura 17 - Radiografia dos peixes coletados no Campo Morozini. A) Foto lateral; B) Foto dorsal. Espécimes amostrados foram: *Geophagus brasiliensis*, *Cichlassoma facetum*.



Fonte: do próprio autor (2012).

Figura 18 - Radiografia dos peixes presentes no Campo Morozini. A) Foto lateral; B) Foto dorsal. Espécimes amostrados foram: *Mimagoniates microlepis*, *Epaenionotus gracilis*, *Pareiorahphis stomias*, *Astyanax jacuhiensis*.



Fonte: do próprio autor (2012).

4 CONCLUSÃO

Foram capturados ao total 1105 peixes, nos anos de 2009 á 2012, destes são quatro ordens e cinco famílias diferentes. Nas análises morfológicas não foi encontrado nenhuma anomalia, pois foi analisado apenas um indicador biológico, o morfológico, e em estudos ecotoxicológicos são recomendadas a utilização de vários indicadores de biomarcadores, uma vez que apenas a avaliação de uma única resposta pode refletir de forma ampla aos danos á saúde dos organismos vivos de determinado ambiente impactado. Sendo assim, por ter sido avaliado apenas estas respostas nos peixes, este pode ter interferido nos resultados, e não oferecendo nenhum indicador que a área de estudo sofra alguma alteração ambiental, em relação ao monitoramento ambiental da ictiofauna.

Estudos indicam que uma vez que no ecossistema os metais são concentrados em proteínas de tecidos, tais como fígado e músculo, e seus efeitos nos organismos está associado na interferência dos processos metabólicos, enquanto que, análises histopatológicas causam resposta biológica à agressão, ao estresse.

Propomos metodologia de análise que abordem outros aspectos da interação entre ambientes poluídos e animais aquáticos. Por exemplo, estudos de proteínas que interagem com metais, como as metalotioneínas, que ajudam os peixes na desintoxicação destes poluentes, elas interagem com íons metálicos do grupo IB e IIB da tabela periódica, fazendo ligações com as células dos indivíduos. Outro método que pode ser usado é o histopatológico, de fígados e rim, já que estes são órgão desintoxicantes e acumuladores do organismo, deste modo eles tornam – se específicos em relação a qualquer alteração causada no meio, sendo um ótimo indicador de poluentes.

As respostas morfológicas dos contaminantes presentes nos corpo d'água do Campo Morozini foram positivas, em relação aos contaminantes, que não estão causando alteração, sendo assim, não causando anomalias nos peixes do Campo Morozini.

REFERÊNCIA

- AMARAL, J. E.; KREBS, A. S. J. Drenagem Ácida de Mineração de Carvão e sua Interrelação com Metais Pesados e Recarga de Aquífero na Bacia Carbonífera do Estado de Santa Catarina. In: **XVICongresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**, São Paulo, 2010, p. 1-8. Disponível em: <<http://www.abas.org/xvicongresso/>> Acesso em: 10 de mar. 2013.
- AU, D. W. T. The Application of Histo-cytopathological Biomarkers in Marine Pollution Monitoring: a review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 48, n. 9, p. 817-834, 2004.
- BUDGEON, D. **Tropical Stream Ecology**. 1. ed. Califórnia: Elsevier, 2008. 343 p.
- CAIRNS, J. Jr.; MCCORMICK, P. V.; NIEDERLEHNER, B. R. A Proposed Framework for Developing Indicators of Ecosystem Health. **Hydrobiologia**, v. 263, p. 1-1441, 1993.
- CARVALHO, A. C. B.; SOUZA, F. F. C.; MIRANDA, F. P.; MACHADO, P. J. O. **Uma avaliação da qualidade das águas do córrego São Pedro, em Juiz de Fora/MG**. Juiz de Fora: 2009. Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/014.pdf> Acesso em: 20 out. 2012.
- CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005**: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Data da legislação: 17/03/2005 – Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005. p. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: 25 ago. 2012
- EPAGRI; CIRAM. **Empresa de Pesquisas Agropecuária e de Extensão Rural de Santa Catarina. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura**; ntro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. Dados e informações bibliográficas da Unidade de Planejamento Regional Litoral Sul Catarinense – UPR 8. Florianópolis: EPAGRI, 2001
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.
- LOPES, F. F.; MALABARBA, L. R. Revisão de Alguns Aspectos da Assembleia de Peixes Utilizada em Programas de Monitoramento Ambiental. **Vittale**, Rio Grande, v. 19, n. 1, p. 45-58, 2007.
- LOPES, F. F. Monitoramento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba – RS – Brasil, Através da Utilização de Diferentes Metodologias Aplicadas a Taxocenose de Peixes. 2006. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre. Tese – Pós-graduação em Biologia Animal. 234 p., 2006.

GAVIZZO, L. B.; VIDOS, C.; TEDESCO, M. J. Recuperação de Área Utilizada para Depósitos de Rejeitos de Mina de Carvão. In: **Carvão e Meio Ambiente**. Centro de Ecologia, UFRSG. 1.ed., 2000.

HELFMAN, G. S.; COLLETTE, B. B.; FACEY, D. E.; BOWEN, B. W. The **Diversity of Fishes**: biology, evolution, and ecology. 2. ed. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd., 2009. 737 p.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Divisão Territorial do Brasil e Limites Territoriais Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/>> Acesso em: 20 out. 2012.

IPARQUE/ UNESCO. **Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas; Universidade do Extremo Sul Catarinense**. PRAD: Projeto de Reabilitação Ambiental de Áreas Degradadas do Campo Morozini (Treviso, SC). Criciúma: IPAT/UNESC, v. 2, rev. 3, abr. 2009. 157 p.

IPARQUE/ UNESCO. **Programa de Monitoramento do Projeto de Recuperação Ambiental do Campo Morozini**: 4º Relatório de Monitoramento, Siderópolis – SC. Criciúma: IPAT/ UNESCO, maio 2010. Disponível em: <https://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/conteudo/csn/anexo_976_campo_morozini.htm#topo> Acesso em: 20 maio 2013.

IPARQUE/ UNESCO. **Programa de Monitoramento do Projeto de Recuperação Ambiental do Campo Morozini**: 6º Relatório de Monitoramento, Siderópolis – SC. Criciúma: IPAT/ UNESCO, abr. 2011. Disponível em: <https://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/2011/Agosto-2011/CSN/Anexos/Anexo_9_17_6o_relata_monit_Morozini/Relatorio/Relatorio_6_Campanha_Rev_1.pdf> Acesso em: 20 maio 2013.

IPARQUE/ UNESCO. **Programa de Monitoramento do Projeto de Recuperação Ambiental do Campo Morozini**: 8º Relatório de Monitoramento, Siderópolis – SC. Criciúma: IPAT/ UNESCO, maio 2012. Disponível em: <https://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/2012/CSN-2012/8_Relatorio_de_Monitoramento_Ambiental_%20Campo_Morozini.htm> Acesso em: 20 maio 2013.

KARR, J. R. Assessment of Biotic Integrity Using. **Fisheries**. v. 6, n. 6, p. 21-27, 1981.

KOPPEN, W. P. **Climatologia: constudio de los climas de latierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.

LAM, P. K. S. Use of Biomarkers in Environmental Monitoring. California, v. 53, p. 348-354, 2009.

LARSSON, A.; HAUX, C.; BECKER, May - Lís. S.J. Fish Physiology and Metal Pollution: results and experiences from laboratory and field studies. **Ecotoxicology and Enviromental Safety**, University of Göteborg: Göteborg, v. 9, p. 250-281, 1985.

LINS, J. A. P. N.; KIRSCHNIK, P. G.; QUEIROZ, V. S.; CIRIO, S. M. Uso de Peixes Como Biomarcadores para Monitoramento Ambiental Aquático. Rev. Acadêmica, Agrária Ambiental, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 469-484, dez. 2010

SILVA, A G. **Alterações histopatológicas de peixes como biomarcadores da contaminação aquática**. 2004. Universidade Estadual de Londrina: Londrina. Dissertação – Pós-graduação em Ciências Biológicas, 80 p., 2004

SVANBERG, O. Monitoring of Biological Effects. **Resources, Consequences e Recycling**, Suécia, v.16, p. 351-360, 1996.

TREVISAN, R. **Marcadores de Estresse Oxidativo e outros Parâmetros Biológicos EM Peixes e Bivalves como Ferramentas de Monitoramento Ambiental: Análise de dois ecossistemas catarinenses**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso – Grau em Ciências Biológicas. Florianópolis: UFSC- Universidade Federal de Santa Catarina, p. 70, jun. 2008.

VASCONCELES, K. **Carvão: o combustível de ontem**. Porto Alegre: Núcleo amigos da terra Brasil, 2004. 82p. Disponível em: <http://www.natbrasil.org.br/Docs/carvao_combustivelde_ontem.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2012.

WETZEL, R. G. **Limnologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1993. 901 p.