

AVALIAÇÃO TOXICOLÓGICA DOS EFEITOS DO COBRE NA ESPÉCIE *Carassius auratus*

DOI:10.19177/rgsa.v7e22018260-275

**Stener Camargo de Oliveira¹, Caroline Wagner²,
Emile da Costa Herman³, Rafael Batista da Rosa¹¹,
Debora Caroline Pertille¹², Francieli Trindade Vivian¹³**

RESUMO

Com o crescimento industrial, a deposição de xenobióticos no ambiente teve um aumento significativo, causando degradação dos ecossistemas. Tendo em vista estes problemas, é imprescindível a análise da toxicidade destes compostos. Sabendo-se que o cobre é um dos muitos xenobióticos depositado no ambiente natural, este trabalho teve o objetivo de realizar um teste toxicológico agudo dos efeitos do sulfato de cobre no peixe dourado (*Carassius auratus*) bem como relacionar seus efeitos a uma área de provável contaminação ambiental por cobre. Para isso, realizaram-se testes comportamentais, determinação de dose letal 50 (DL₅₀), e no-observed-effect-level (NOEL), além de avaliar parâmetro de toxicidade em peixes expostos ao sulfato de cobre e a águas coletadas em área onde ocorreu extração de cobre, os experimentos foram realizados em triplicata. Como resultado, observou-se que os animais expostos apresentaram alterações comportamentais, perda de peso quando comparados ao grupo controle, além de a concentração letal capaz de matar 50% dos indivíduos em 24 horas foi de 2 mg/L, em 72 horas foi 1 mg/L e em 96 h foi de 0,5 mg/L. O NOEL é menor que 0,5 mg/L e o LOEC é igual a 0,5 mg/L. Desta forma pode-se concluir que o sulfato de cobre, bem como as amostras coletadas em área de mineração de cobre foram capazes de causar toxicidade em *Carassius auratus* e estudos detalhados de mecanismo de ação são necessários para melhor compreensão da toxicidade das áreas contaminadas por cobre utilizadas neste trabalho.

Palavras-Chave: Toxicologia; Ambiente aquático; Minas do Camaquã.

¹ Engenheiro Ambiental e Sanitarista graduado pela Universidade Federal do Pampa Campus Caçapava do Sul. E-mail: stenercamargo@gmail.com

² Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria (2006), Mestrado em Ciências Biológicas (Bioquímica Toxicológica) pela Universidade Federal de Santa Maria (2007) e Doutorado em Ciências Biológicas (Bioquímica Toxicológica) pela Universidade Federal de Santa Maria (2010). Atualmente é professora da Universidade Federal do Pampa. E-mail: carolinewagner@unipampa.edu.br

³ E-mail: emile.hermann@gmail.com

¹¹ E-mail: batistarosa.rafael@gmail.com

¹² E-mail: debora.pertilli@yahoo.com.br

¹³ E-mail: francielivivian@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Atualmente com o crescimento da atividade industrial, mineradora, urbana e agrícola há uma imensa quantidade de substâncias químicas que são produzidas de forma intencional ou como subproduto de atividades produtivas, como a emissão de esgoto doméstico e industrial, passivos ambientais, aplicação de fertilizantes e pesticidas que podem acarretar na degradação dos ecossistemas. Estas substâncias, por não serem componentes naturais do organismo, são chamadas xenobióticos. A degradação dos ecossistemas por estes xenobióticos é um problema preocupante, sendo necessária a análise da toxicidade destes componentes.

Os seres vivos quando submetidos à xenobióticos buscam diminuir a quantidade destes no organismo, reduzindo a possibilidade de uma substância desencadear uma resposta tóxica, para isso, o organismo tende a diminuir a difusibilidade do toxicante e aumentar a velocidade de sua excreção (RUPPENTHAL, 2013).

Em meio aquático a toxicidade de agentes químicos é avaliada através de ensaios toxicológicos com organismos representativos de ambientes de água doce, estuarina ou marinha (SILVA *et al*, 1997). O conhecimento da toxicidade desses agentes possibilita o estabelecimento de limites permissíveis de várias substâncias químicas para a proteção da vida aquática, também avaliar o impacto que esses poluentes causam à biota local (PINHEIRO, 2010). Os ensaios toxicológicos, sejam eles agudos ou crônicos, podem ser utilizados para diversos fins, como por exemplo, avaliar a qualidade das águas, a toxicidade relativa de diferentes substâncias, a sensibilidade relativa dos organismos aquáticos, estabelecer critérios e padrões de qualidade das águas, determinar a toxicidade de agentes químicos, efluentes líquidos, lixiviados de resíduos sólidos e de diversas outras atividades, como os rejeitos da mineração (RUBINGER, 2009).

Neste trabalho, foi realizado teste toxicológico sobre os efeitos do sulfato de cobre na espécie do peixe dourado (*Carassius auratus*), bem como relacionar esses efeitos a uma área de possível contaminação ambiental por processos de mineração de cobre.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Cobre possui número atômico 29, o que significa que o mesmo tem 29 prótons e 29 elétrons, é o elemento químico de símbolo Cu, possui uma massa atômica de 63,3 gramas e é classificado como um metal de transição, pertencente ao grupo 11 (1B) da classificação periódica dos elementos.

O cobre é um dos metais mais importantes industrialmente, sendo um bom condutor de eletricidade é utilizado para a produção de fios e cabos, e em ligas metálicas como latão de bronze (SOUZA *et al*, 1998).

O sulfato de Cobre (CuSO_4) é um composto químico que existe sob diferentes formas que se diferenciam pelo seu grau de hidratação, ele se apresenta com um pó de coloração verde opaca ou cinzenta, na sua forma penta-hidratada ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). O sulfato de cobre é classificado com uma substância perigosa. Este pode produzir irritação por contato com mucosas e pele e como todo sal solúvel, o sulfato de cobre é tóxico por ingestão.

O cobre é um dos principais metais presentes no corpo humano. Encontra-se distribuído praticamente em todo o organismo, mas em diferentes concentrações, o que indica seu papel funcional.

Segundo Sampaio (2013), os efeitos tóxicos das substâncias dependem de muitos fatores, incluindo a natureza do químico, a via de exposição, o local de ação, as vias metabólicas e a dose. Fundamentalmente, todos os efeitos tóxicos envolvem mecanismos moleculares e só podem ser entendidos se estes mecanismos forem conhecidos, e para a compreensão dos efeitos de poluentes como metais, são fundamentais os estudos da assimilação, acumulação e excreção destes poluentes em organismos aquáticos. A toxicidade do cobre varia em relação a aspectos do ambiente de exposição, da sua forma química e em relação ao organismo e espécies expostas.

O cobre, quando em altas quantidades passa a ser tóxico, tanto ao meio ambiente, quanto aos seres vivos. Quando permanece no solo, afeta fortemente os minerais e matéria orgânica, e por não se fragmentar no ambiente, pode se acumular em plantas e animais. Quando o solo é rico em cobre, as plantas têm

poucas chances de sobreviver, pois são poucas as que são adaptadas a concentrações altas de cobre no ambiente (MENDES, 2007).

O sulfato de cobre é bastante utilizado na piscicultura para contornar as dificuldades no processo produtivo e que, quando utilizado indevidamente, gera efeitos tóxicos para as espécies aquáticas (SAMPAIO et al, 2013).

A mineração do cobre gera vários impactos ao meio ambiente, os principais ocorrem no solo e nas águas superficiais e subterrâneas (principal fonte são as águas residuais da lavra). Além disso, pode levar indiretamente à erosão, devastação de extensas áreas de vegetação, perda de biodiversidade, contaminação de aquíferos e cursos d'água, além de que, quando desativada, pode gerar vários impactos se não tiver um plano de desativação adequado (SOUZA, 2004).

O excesso de cobre solúvel no organismo humano (hipercupremia) pode ser tóxico devido à afinidade do cobre com grupos SH (tióis) de muitas proteínas e enzimas, causando doenças como epilepsia, melanomas, artrite, reumatóide e doenças psiquiátricas (AZEVEDO, 2003).

De acordo com Grosell *et al* (2002), a concentração de cobre em ambientes aquáticos não é o único fator que dita a possibilidade de ocorrência de efeitos adversos. A toxicidade do cobre varia em função das mudanças nas características físico-químicas da água de exposição, tais como temperatura, compostos orgânicos dissolvidos, partículas suspensas, pH e vários cátions e ânions inorgânicos, incluindo os que determinam dureza e alcalinidade.

O cobre pode afetar o metabolismo dos peixes de diferentes maneiras, sendo também diversas as formas de se analisar os efeitos tóxicos deste metal nos organismos. Uma forma de verificar os efeitos tóxicos do cobre é o teste de toxicidade aguda, que consiste na determinação da concentração média letal (CL₅₀). Gomes (2009) define CL₅₀ como a concentração de uma substância que causa a mortalidade de 50% de um grupo de organismos num determinado tempo de exposição, geralmente de 24 a 96 horas. O teste de CL₅₀ fornece informações rápidas sobre os efeitos da toxicidade de um determinado metal em uma dada espécie e tem sido utilizado de forma intensa na avaliação da qualidade da água e dos impactos ambientais (BROWN, 1983).

A Tabela 1, apresentada abaixo, mostra a concentração máxima permitida de sulfato de cobre para cada meio. Maior atenção deve ser dada para o valor de água potável, que foi utilizada neste trabalho.

Tabela 1: Padrões e valores orientados para valores máximos do cobre (CETESB, 2014).

Meio	Concentração	Comentário	Referência
Efluente ¹	1,0 mg/L	VM (Padrão de lançamento)	CONAMA 430/2011
Solo	60 mg/kg* 200 mg/kg* 400 mg/kg* 600 mg/kg*	Valor de prevenção VI cenário agrícola-APMax VI cenário residencial VI cenário industrial	CONAMA 420/2009
Água potável	2 mg/L	Padrão de potabilidade	PORTARIA 2914/2011
Água subterrânea	2000 µg/L 500 µg/L 200 µg/L 1000 µg/L	VMP (consume humano) VMP (dessedentação) VMP (irrigação) VMP (recreação)	CONAMA 396/2008
Águas doces	0,009 mg/L 0,013 mg/L	VM (classes 1 e 2) VM(classe 3)	CONAMA 357/2005
Águas salinas	0,005 mg/L 0,013 mg/L	VM (classes 1) VM(classe 2)	CONAMA 357/2005
		VM (classes 1) VM(classe 2)	CONAMA 357/2005

1=cobre dissolvido; *=peso seco; APMax=Área de Proteção Máxima; VI=Valor de Investigação; VMP=Valor Máximo Permitido; VM=Valor Máximo.

A espécie utilizada neste estudo foi o *Carassius auratus*, mais conhecido como peixe dourado. Esta espécie pertence à ordem dos Cypriniformes, família Ciprinídeos, e o tempo de vida da espécie normalmente é de sete anos, mas já existiram indivíduos que em cativeiro atingiram 20 anos de idade.

O *Carassius auratus*, é de origem chinesa, vive principalmente nas beiras de rios onde há vegetação em abundância, e em seu habitat natural chegam alcançar até 20 centímetros, porém em aquários seu tamanho varia de 10 a 20 centímetros. O

pH ideal para a espécie é 7.6, porém são resistentes às alterações, esta espécie costuma nadar sempre no fundo dos aquários. A temperatura ideal da água deve ser em torno de 20°C, mas estes podem sobreviver em temperaturas de até 8°C.

Os mecanismos pelos quais o cobre irá agir no organismo a ele submetido dependerão inicialmente de sua absorção, o que diretamente afetará sua toxicidade. Porém acredita-se que, uma vez absorvido, o cobre induza a vários danos que podem levar à morte do organismo (SANCHEZ, 2004) .

Para SAMPAIO *et al* (2013), há grande influência do meio na absorção do cobre, pois ele compete com outros metais pelos sítios ativos de ligação nas brânquias e, também, a influência das características do meio aquático nas formas químicas do cobre, o que influencia diretamente sua biodisponibilidade e, indiretamente, seus efeitos nos organismos, pois irá interferir na captação do metal do meio.

As brânquias dos peixes são a principal via de absorção de metais, representando uma vasta área de superfície (SAMPALIO, 2013).

Nos peixes a excreção é realizada pelos rins e uma pseudo-bexiga que se abre na parte posterior do intestino, próxima ao ânus. A propriedade física que facilita a absorção de muitos xenobióticos através da pele, pulmões e trato gastrintestinal, denominada lipofilicidade, constitui um obstáculo à sua eliminação, porque as substâncias lipofílicas podem ser reabsorvidas e tendem a se acumular no organismo. Os compostos hidrofílicos, por sua vez, apresentam absorção mais precária, porém, são facilmente excretados pelos rins. Conseqüentemente, a eliminação de um xenobiótico depende de sua conversão para compostos hidrossolúveis através de um processo conhecido como biotransformação, o qual é catalisado por enzimas presentes no fígado e em outros tecidos. A biotransformação pode ser, compreendida como um conjunto de alterações químicas que as substâncias sofrem no organismo, geralmente, ocasionadas por processos enzimáticos, com o objetivo de formar derivados mais polares e mais hidrossolúveis.

O cobre tem característica hidrofílica, sendo assim não sofre biotransformação e é facilmente excretado.

A exposição a elevadas concentrações de cobre é danosa. Sua toxicidade crônica afeta inicialmente o fígado, pois este é o primeiro local de deposição após

entrar na corrente sanguínea. Uma das consequências mais conhecidas do excesso de cobre é o dano peroxidativo de membranas lipídicas (CHOW *et al*, 1979), o que pode gerar alterações nos parâmetros sanguíneos, como hematócrito e concentração de hemoglobina (GATLIN *et al*, 1986).

O distrito de Minas do Camaquã está situado no município de Caçapava do Sul, RS. No ano de 1865 foi encontrado na propriedade do Coronel João Dias dos Santos Rosa, pedras verdes e azuis, e assim ocorreu a identificação de uma grande jazida de cobre que se chamou “Minas do Camaquã”. Após 131 anos de exploração de cobre no local, a mina foi fechada e por lá ainda restam resíduos do cobre, no Escudo Sul-rio-grandense, já há relatos de contaminações geradas de passivos ambientais em áreas de mineração desativada de ouro e cobre (PESTANA *et al*, 2003).

As minas só foram registradas no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) em 1939, e voltaram a ser exploradas apenas em 1942, quando foi fundada a Companhia Brasileira de Cobre (CBC), que tinha como principais acionistas o governo do Rio Grande do Sul e a Laminação Nacional de Metais, pertencente ao Grupo Pignatari.

Na área ambiental, foram diversos os impactos deixados pela extração mineral (FENSTERSEIFER *et al*, 2000). A CBC só se preocupou com o destino dos rejeitos alguns anos antes de entrar em vigor a legislação ambiental brasileira. Ela construiu sua barragem de rejeitos em 1981, já em propriedade do BNDES, e administrava através de sua subsidiária ‘Fibase’, o que significa que o estéril e o rejeito, até o ano de 1981, eram depositados em locais impróprios, como a área de várzea da Microbacia Hidrográfica do Arroio João Dias e também em depressões circunvizinhas à mina (BRUCH, 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo foi realizado um teste de toxicidade aguda, que consiste na determinação da concentração média letal de cobre capaz de causar a mortalidade

de 50% dos indivíduos testados, no prazo de 96 horas sendo que os peixes foram analisados a cada 24 horas.

Desta forma, foram inseridos dois peixes dourados (*Carassius auratus*) em cada um dos 5 (cinco) aquários, cada aquário contém uma concentração diferente do sulfato de cobre, para um volume final de dois litros, concentrações estas explicitadas na tabela 2.

Tabela 2: Protocolo experimental de exposição.

AMOSTRA	CONCENTRAÇÃO DE SULFATO DE COBRE	VOLUME DE SULFATO DE COBRE (Solução mãe)	VOLUME DE ÁGUA	VOLUME TOTAL
1- Controle	0 mg/L	0ml	2000ml	2000ml
2- Aquário	0,5mg/L	20ml	1980ml	2000ml
3- Aquário	1mg/L	40ml	1960ml	2000ml
4- Aquário	2mg/L	80ml	1920ml	2000ml
5- Aquário	3mg/L	120ml	1880ml	2000ml

Todas as exposições foram realizadas em triplicata, a fim de diminuir a margem de erro que pudesse haver, para calcular a porcentagem de peixes mortos nas diferentes concentrações de Cobre, foi utilizado o método de regra de três simples, onde considerou-se o número total de peixes por aquário durante todo o experimento, ou seja, em cada teste dois peixes foram expostos por aquário, como o experimento foi realizado três vezes, em cada concentração 6 (seis) peixes foram expostos.

O número de peixes mortos por aquário, em diferentes concentrações e dias, estão explicitados na tabela 3.

Tabela 3: Peixes mortos por aquário

	Controle	0,5 mg/L	1,0 mg/L	2,0 mg/L	3,0 mg/L	Minas
24 h	0	0	1	3	5	1
48 h	0	0	2	6	6	2
72 h	0	3	3	6	6	2
96 h	0	3	3	6	6	2

Para alimentar os peixes utilizou-se um alimento completo para peixes ornamentais da ciclídeos na forma de grânulos, da marca Alcon. Os peixes eram alimentados duas vezes por dia, e era dado um grão de alimento para cada peixe.

Anteriormente foi realizada uma curva de concentração de sulfato de cobre, sendo elas, 1 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L e 50 mg/L, porém estes valores causaram a morte dos peixes em menos de 24 horas, inviabilizando, o teste toxicológico. Com exceção da concentração de 1mg/L, que permaneceu como adotado pelo procedimento, essas concentrações foram substituídas pelas descritas na tabela 2.

3.1. Minas do Camaquã

Além das amostras com concentrações conhecidas em laboratório, foi feita a coleta de uma amostra de água na região das Minas do Camaquã, onde os peixes foram expostos a ela durante 96 horas. Com as amostras coletadas podemos comparar o comportamento dos peixes e o índice de mortalidade a partir dos resultados obtidos das concentrações conhecidas em que foram expostos.

Foram expostos dois peixes em um aquário com 2000 ml da amostra coletada. A exposição foi feita em triplicata, a fim de confirmar os resultados obtidos.

3.2. Identificação dos peixes

Antes da exposição dos peixes, todos foram identificados e pesados em balança analítica a fim de observar a perda ou ganho de peso, correlacionando com a concentração do xenobiótico em que foram expostos.

Para calcular o ganho e perda de peso primeiramente fez-se uma média de ganho e perda de pesos de cada aquário entre os peixes sobreviventes, depois se utilizou a fórmula $\Delta P = P_f - P_i$, onde P_f é o peso final, P_i é o peso inicial e ΔP é o valor que indica perda ou ganho de peso, podendo indicar toxicidade nos peixes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O *Carassius auratus* é um peixe que costuma nadar na parte inferior dos aquários, pode-se observar que nos aquários que continham concentrações de

cobre e no aquário da amostra coletada nas Minas do Camaquã, os peixes expostos nadavam na parte superior, indicando alterações comportamentais, o que pode estar relacionado a alterações no sistema nervoso da espécie em estudo.

Nos peixes o meio de absorção é pelas vias respiratórias através das brânquias, o sulfato de cobre possui características hidrofílicas por isso é facilmente absorvido e também é facilmente excretado pelos rins e por uma pseudobexiga que se abre na parte posterior do intestino, porém esta característica pode facilitar a reabsorção fazendo com que o xenobiótico retorne ao organismo, o meio de distribuição é através do sangue, a biotransformação no peixe ocorre no fígado, onde os xenobióticos são catalisados por enzimas que tornam o sulfato de cobre mais hidrossolúvel.

A concentração letal é uma indicação da letalidade de uma dada substância. Normalmente é medida em miligramas de substância por quilograma de massa corporal do indivíduo testado, e é capaz de matar uma dada porcentagem dos indivíduos de uma população em teste. O indicador de letalidade mais comumente utilizado é o CL_{50} , correspondente à concentração capaz de matar 50% dos indivíduos de uma população, em teste.

Os animais foram expostos por 96 horas, o número de animais mortos foi quantificado a cada 24 horas, a Figura 1 e a Tabela 4 mostram a concentração letal capaz de matar 50% dos indivíduos (CL_{50}), pode-se observar que em 24 e 48 horas a CL_{50} foi de 2 mg/L, em 72 e em 96 horas foi de 0,5 mg/L, os dados representam a média de três experimentos independentes.

Figura 1: Concentração Letal do Sulfato de Cobre em *Carassius auratus*.

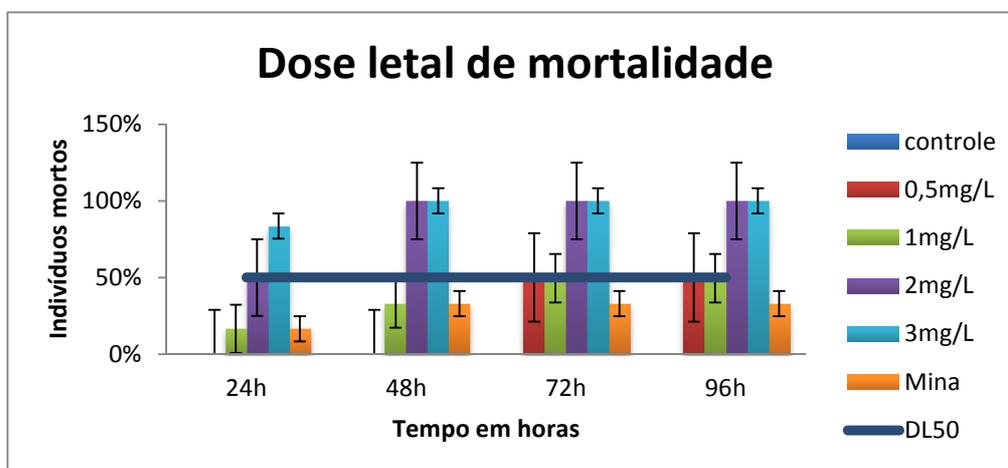


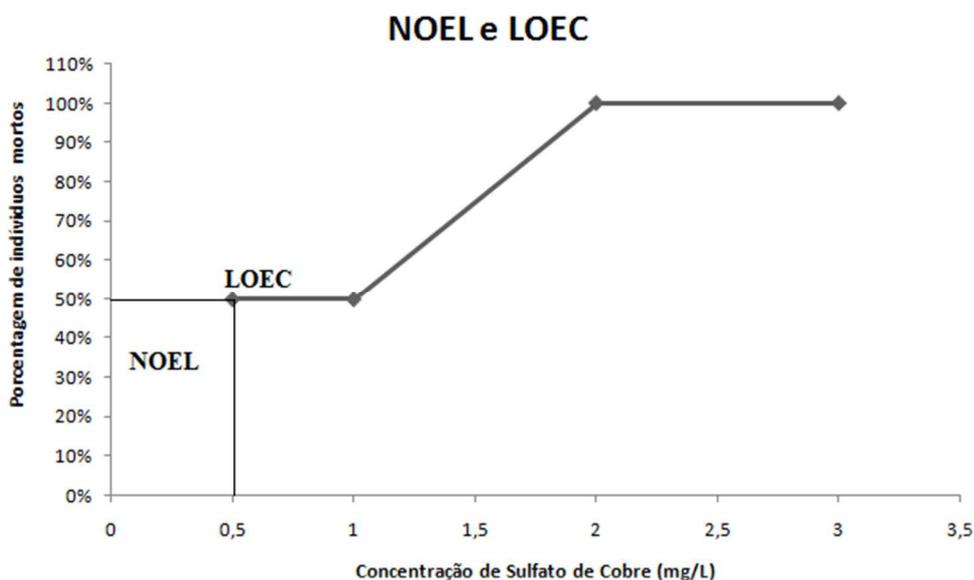
Tabela 4: Concentração letal capaz de matar 50% dos indivíduos (CL₅₀)

	Controle	0,5 mg/L	1 mg/ L	2 mg/L	3 mg/L	Minas
24 h	0%	0%	16,5%	50%	83,50%	16,5%
48 h	0%	0%	33%	100%	100%	33%
72 h	0%	50%	49,5%	100%	100%	33%
96 h	0%	50%	49,%	100%	100%	33%

O NOEL (no-observed-effect-level) é o nível em que não são observados efeitos do xenobiótico, frequentemente são observados efeitos que não são considerados de significância toxicológica, no estudo realizado pode se observar um NOEL menor que 0,5 mg/L.

O LOEC é um parâmetro toxicológico na determinação da toxicidade de uma substância a concentração mais baixa ou dose que mostra um efeito sobre o organismo estudado, no estudo realizado o LOEC é igual a 0,5 mg/, como podemos observar na figura 2.

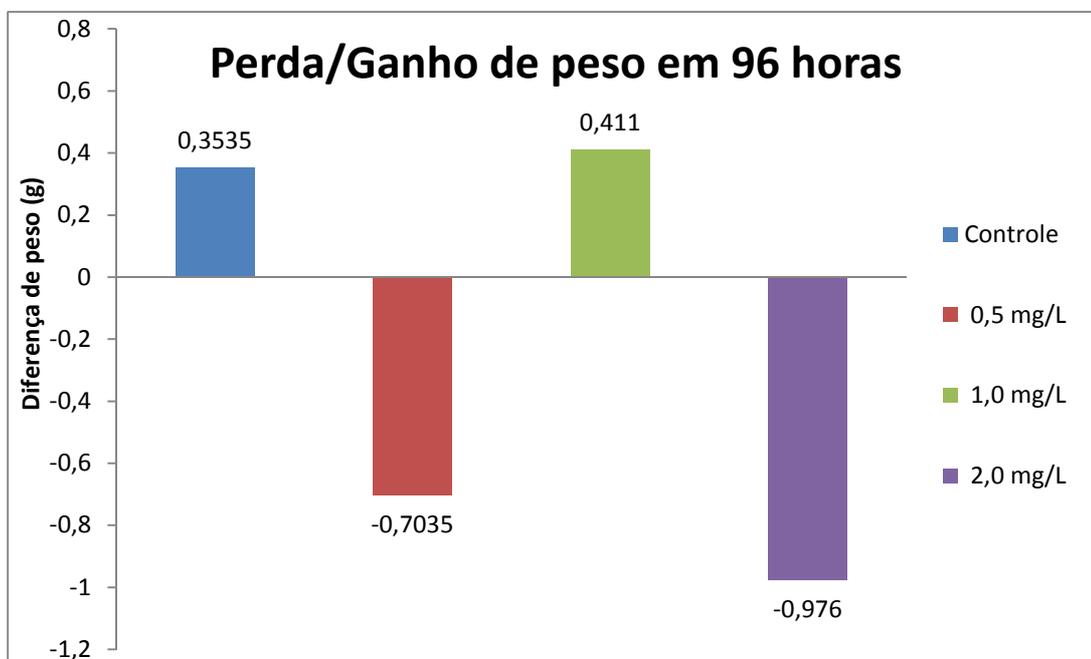
Figura 2: NOEL (no-observed-effectlevel) é o nível em que não são observados efeitos do xenobiótico e o LOEC é um parâmetro toxicológico na determinação da toxicidade de uma substância.



No aquário, animais controle, houve uma média de ganho de peso nos peixes igual a 0,3535g, no aquário 2, onde a concentração é de 0,5 mg/L, a média de perda de peso foi igual -0,7035g, no aquário 3, onde a concentração de 1,0 mg/L

houve uma média de ganho de peso de 0,411g, já no aquário da amostra contaminadas coletada nas Minas do Camaquã a média de perda de peso foi de -0,976g.

Figura 3: Representação da perda de peso dos peixes



Após estas observações pode se afirmar que o cobre em concentrações maiores que 0,5mg/L pode causar toxicidade na espécie *Carassius auratus*, ocasionando alterações no sistema nervoso, perda de peso e levando a morte.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível observar alguns efeitos agudos qualitativos e quantitativos na espécie do *Carassius auratus*, como efeitos comportamentais do peixe, onde foi possível observar que o mesmo mudou o hábito natural de nadar na parte inferior do aquário para nadar na parte superior, o que pode estar relacionado a danos no sistema nervoso central. Também, pode-se observar que tanto nas amostras do laboratório, exceto na amostra de 1 mg de sulfato de cobre, quanto na amostra coletada nas Minas do Camaquã os peixes perderam peso, o que pode ser um dos primeiros sinais de toxicidade.

A concentração letal capaz de matar 50% dos indivíduos em 24 e 48 horas foi de 2 mg/L, em 72 e em 96 h foi de 0,5 mg/L. O NOEL é menor que 0,5 mg/L e o LOEC é igual a 0,5mg/L.

A partir dos resultados obtidos é possível correlacionar os efeitos do cobre no peixe da espécie *Carassius auratus*, com efeitos que o xenobiótico em questão pode causar no ecossistema aquático. Conforme a tabela 1, da CETESB, a concentração aceitável para o consumo humano é de 2mg/L de cobre, mas conforme os resultados do teste toxicológico realizado foi possível observar que com concentração de 0,5mg/L já causa danos e a morte dos peixes estudados. Isso representa que, muitas vezes, a mesma concentração do xenobiótico causa diferentes danos dependendo da espécie alvo, e isso pode vir a causar o desequilíbrio do ecossistema.

Desta forma, é de suma importância estudos detalhados de mecanismo de ação do cobre para melhor compreensão da toxicidade e ecotoxicidade das áreas contaminadas por cobre utilizadas neste trabalho.

TOXICOLOGICAL EVALUATION OF THE EFFECTS OF COPPER IN KIND *Carassius auratus*.

ABSTRACT

With industrial growth, the deposition of xenobiotics in the environment had a significant increase, causing degradation of the ecosystems. In view of these problems, it is essential to analyze the toxicity of these compounds. Given that copper is one of many xenobiotics deposited in the natural environment, this work aimed to conduct an acute toxicological test of the effects of copper sulphate on goldfish (*Carassius auratus*) as well as to relate their effects to an area of environmental contamination by copper. For this, behavioral tests were carried out, determination of lethal dose 50 (LD50), and no-observed-effect-level (NOEL), in addition to evaluating toxicity parameters in fish exposed to copper sulphate and waters collected in an area where Copper extraction occurred, the experiments were performed in triplicate. As a result, it was observed that the exposed animals presented behavioral alterations, weight loss when compared to the control group, besides the lethal concentration capable of killing 50% of subjects in 24 hours was 2 mg / L, in 72 hours it was 1 mg / L and at 96 h was 0.5 mg / L. The NOEL is less than 0.5 mg / L and the LOEC is 0.5 mg / L. In this way it can be concluded that copper sulphate as well as the samples collected in the copper mining area were able to cause toxicity in *Carassius auratus* and detailed studies of mechanism of action are

necessary for a better understanding of the toxicity of the areas contaminated by copper used in this work.

Keywords: Ecotoxicology. Aquatic environment. Camaquã Mine.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, S.M. et al. **Levantamento da contaminação por cobre nas aguardentes de cana-de-açúcar produzidas em Minas Gerais.** Ciência e Agrotecnologia, v. 27, n. 3, p. 618-624, 2003.

BROWN, M.S.; GOLDSTEIN, J.L. **lipoproteína receptores no fígado. Os sinais de controle para o colesterol plasma tráfego.** Journal of Clinical Investigation, v.72, n. 3, p. 743, 1983.

BRUCH, A.F.; CAVALHEIRO, S.; GARCIA, M.T.; MAINO, J.M.; WINTER, S.K; NOVAES, L. E. S. M. **Impactos sócio-ambientais causados pela deposição de rejeitos de mineração na localidade de Minas do Camaquã, Caçapava do S u I / R S , 2 0 0 6. D i s p o n í v e l e m** http://www.ufpel.edu.br/cic/2006/arquivos/CH_00478.rtf.

CESAR, A.; SILVA, S.L.R.; SANTOS, A. R.. **Testes de toxicidade aquática no controle da poluição.** São Paulo: Universidade Santa Cecília-UNISANTA, 1997.

CETESB. **Cobre: Identificação da substância.** 2012. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/cobre.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2016.

CHOW, L. T.; BROKER, T. R.; LEWIS, J. B. **Complexo padrões de splicing de ARN a partir das primeiras regiões de adenovírus - 2.**Journal of Molecular Biology , v. 134, n. 2, p.256-303,1979.

FENSTERSEIFER, H. C.; HANSEN, M. A. F.. **A Ordenação Territorial da Área de Destaque Ambiental Guaritas – Minas do Camaquã, RS.** In: Minas do Camaquã, um estudo multidisciplinar. Organizado por Luiz Henrique Ronchi e Anderson Orestes Cavalcante Lobato. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 2000, cap. 12, p. 273-305. Disponível em: http://www.unisinos.br/graduacao/bacharelado/geologia/minas_camaqua/cap12.pdf. Acesso em: 30 abr. 2016

GATLIN, D. M.; WILSON, R. P. **Exigência de cobre alimentar do canal de alevinos catfish.** Aquicultura , v. 54, n. 4,p. 277-285, 1986.

GOMES, L. C. et al. **Acute toxicity of copper and cadmium for piauçu, *Leporinus macrocephalus*, and curimatã, *Prochilodus vimbooides***- DOI: 10.4025/actascibiolsoci. v31i3. 5069. Acta Scientiarum. Biological Sciences, v. 31, n. 3, p. 313-315, 2009.

GROSELL, M.; NIELSEN, C.; BIANCHINI, **A Taxa de rotatividade de sódio determina a sensibilidade ao cobre aguda e exposição de prata em animais de água doce.** Comparative Biochemistry and Physiology Parte C: Toxicologia e Farmacologia ., V 133, n. 1, p. 287-303, 2002.

MENDES, A. M. S.; SEMI-ÁRIDO, Embrapa. **INTRODUÇÃO A FERTILIDADE DO SOLO**.2007.

PESTANA, M. H. D.; FORMOSO, M. L. L. **Mercury contamination in Lavras do Sul, south Brazil: a legacy from past and recent gold mining.** Science of the Total Environment, Amsterdam, v.307, p.125-140, 2003a.

PINHEIRO, M. G. **Padrões químicos para a emissão de efluentes são concentrações seguras para a biota aquática.** 2010.

RUBINGER, C. F. **Seleção de métodos biológicos para a avaliação toxicológica de efluentes industriais.** 2009. 71 f. 2009. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos)–Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

RUPPENTHAL, G. C. (Ed.). **Nursery care of nonhuman primates.** Springer Science & Business Media, 2013.

SAMPAIO, F. G.; BOIJINK, C. de L.; RANTIN, F. T. **O uso do sulfato de cobre em ecossistemas aquáticos: fatores que afetam sua toxicidade em peixes de água doce.** Embrapa Meio Ambiente-Documentos (INFOTECA-E), 2013.

SAMPAIO, F. G.; BOIJINK, C. de L.; RANTIN, F. T. **O uso do sulfato de cobre em ecossistemas aquáticos: fatores que afetam sua toxicidade em peixes de água doce.** Embrapa Meio Ambiente-Documentos (INFOTECA-E), 2013.

SAMPAIO, F. G. et al. **O Uso do Sulfato de Cobre em Ecossistemas Aquáticos: fatores que afetam sua toxicidade em peixes de água doce.** Jaguariúna, Sp: Embrapa, 2013. 101 p.

SANCHEZ, W. et al. **Copper-induced oxidative stress in three-spined stickleback: relationship with hepatic metal levels.** ElsevierB.v., VerneuilEnHalatte, p.177-183, 9 jul. 2004.

SOUZA, M. O. G.; QUADRO, E. B.; RANGEL, M. C. **Textural and catalytic properties of chromium and copper-doped iron oxides.** Química Nova, v. 21, n. 4, p. 428-433, 1998.

SOUZA, M. N. **Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável.** 2004.