

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

DANIEL HARANAKA FUNAI

AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DA ÁGUA E DO SEDIMENTO
DO CÓRREGO IMBIRUSSU, CAMPO GRANDE – MS

CAMPO GRANDE

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

DANIEL HARANAKA FUNAI

**AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DA ÁGUA E DO SEDIMENTO
DO CÓRREGO IMBIRUSSU, CAMPO GRANDE – MS**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na área de concentração Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

ORIENTADOR: Prof. Dr. William Marcos da Silva

Data da defesa: 14/02/2014

Banca Examinadora:

Prof. Dr. William Marcos da Silva
Orientador – UFMS

Prof. Dr. Kennedy Francis Roche
Instituição – UFMS

Prof. Dr. Luiz Augusto Araújo do Val
Instituição – UFMS

Prof. Dr. Carlos Nobuyoshi Ide (Suplente)
Instituição - UFMS

Campo Grande, MS
2014

DEDICATÓRIA

*A Deus, por todas as bênçãos que tem me concedido.
Aos meus familiares e amigos pelo apoio incondicional.
Aos meus Professores pelos valiosos ensinamentos que me possibilitaram chegar até aqui.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me abençoar e proteger, mostrando-me o melhor caminho a ser seguido;

À minha família, pelo amor e carinho dedicados a mim e por sempre me apoiar em todos os momentos da minha vida;

Ao Prof. Dr. William Marcos da Silva, pela confiança em mim na realização desse projeto e pela atenção na sua orientação;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (PPGTA), por todos os ensinamentos passados em sala de aula, nos laboratórios ou nas conversas pelos corredores;

Aos meus amigos do LAQUA e do LabE, pelo apoio, companheirismo e momentos de descontração no laboratório;

Aos meus amigos da graduação em Engenharia Ambiental, pela amizade, companheirismo e por sabermos que podemos contar uns com os outros para sempre;

Aos meus amigos de infância, pela amizade inabalável e por todos os momentos inesquecíveis que já passamos juntos;

Aos colegas do PPGTA, pelo apoio e colaboração durante todo esse período;

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Muito obrigado a todos!

«N'allez pas là où le chemin peut mener. Allez là où il n'y a pas de chemin et laissez une trace.»

Ralph Waldo Emerson

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
SUMÁRIO	v
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. ARTIGOS CIENTÍFICOS	3
2.1. ARTIGO I – REVISTA INTERCIENCIA	4
Resumo	5
Introdução	8
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	12
Conclusão	18
Referências bibliográficas	18
2.1.1. ORIENTAÇÕES AOS AUTORES – REVISTA INTERCIENCIA	29
2.2. ARTIGO II – REVISTA AIDIS	31
Resumo	32
Introdução	32
Material e Métodos	33
Resultados e Discussão	34
Conclusão	36
Referências bibliográficas	37
2.2.1. ORIENTAÇÕES AOS AUTORES – REVISTA AIDIS	42
3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	47
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os corpos hídricos brasileiros localizados em áreas urbanas sofrem por receberem efluentes domésticos e industriais, geralmente, sem tratamento das localidades próximas a eles, uma vez que dos 5565 municípios brasileiros, apenas 1587 deles tratam seus efluentes (IBGE, 2010; IBGE, 2011). O município de Campo Grande, capital do Estado de Mato Grosso do Sul, possui 11 microbacias em seu perímetro urbano e, dentre elas, a do Córrego Imbirussu é uma das que apresentou piora na qualidade de suas águas nos últimos anos por conta do lançamento de efluentes domésticos e industriais (SEMADUR, 2012). Localizado na região noroeste do município de Campo Grande (MS), Brasil, o Córrego Imbirussu está inserido na microbacia composta também pelos Córregos Zé Pereira e Serradinho, totalizando uma área de 55,1 km². Ele atravessa cerca de 11 bairros densamente povoados e um Núcleo Industrial, apresentando desde a sua nascente problemas de desmatamentos da mata ciliar e conforme vai chegando à sua foz no Rio Anhanduí, recebe efluentes domésticos e industriais tratados ou não.

Certos poluentes presentes nesses efluentes, dentre eles os metais pesados, acabam sendo depositados no sedimento, o qual pode fornecer indícios dos impactos causados pelas atividades humanas e permitir a avaliação da contaminação de maneira temporal e espacial dos corpos hídricos (GUEVARA *et al.*, 2005). Pelo sedimento agir como um depósito, os poluentes nele presentes podem retornar à coluna d'água e ocasionar diversos impactos ao ecossistema aquático (VANDECASTEEL *et al.*, 2004; AGARWAL *et al.*, 2005; HOPE, 2006). Tais impactos podem ser a diminuição do número de indivíduos de espécies sensíveis e o aumento da quantidade de espécies tolerantes à poluição (ODUM, 1988).

A utilização de metais pesados nas indústrias, por exemplo, na metalurgia, em curtumes e na fabricação de produtos eletrônicos, tem aumentado os riscos ao meio ambiente por conta da alta produção de efluentes, resíduos e lodos dessas tipologias industriais (SÖRME e LAGERKVIST, 2002). Alguns desses metais são indispensáveis à manutenção da vida por serem elementos importantes nos processos fisiológicos, mas apresentam toxicidade quando em excesso (TEMPLETON *et al.*, 2000). Os metais Cu, Mn e Zn são exemplos desses elementos, enquanto o Cd e o Pb não o são e apresentam efeitos tóxicos em baixas concentrações (COUTURE e RAJOTTE, 2003). Além da toxicidade, os metais se acumulam na cadeia alimentar, uma vez que os organismos bentônicos ou outros organismos do

ecossistema aquático podem ingerir a água ou partículas do sedimento que os contenham, acumulando-os em seus tecidos (CANLI e ATLI, 2003; YIN *et al.*, 2011).

De maneira geral, os fatores, naturais ou antropogênicos, que afetam a qualidade das águas superficiais são influenciados pelas variações sazonais que ocorrem nas áreas de estudo, demonstrando assim a necessidade delas também serem consideradas na avaliação da qualidade da água de um corpo hídrico (PILLSBURY e BYRNE, 2007; YIDANA *et al.*, 2008). Por exemplo, períodos de seca podem ocasionar alterações em processos físicos, químicos, biológicos e efeitos adversos à biota aquática, por conta da baixa vazão dos corpos hídricos durante esses períodos (CARUSO *et al.*, 2001). Quanto ao sedimento, alguns estudos já observaram os efeitos da sazonalidade na contaminação de sedimentos nos últimos anos, demonstrando a importância de investigar os riscos potenciais dos poluentes presentes em sedimentos e compará-los entre períodos de seca e chuvosos (BIRCH *et al.*, 2001; CACCIA *et al.*, 2003; MDEGELA *et al.*, 2009; SANEI *et al.*, 2010; XIAO *et al.*, 2013).

O Brasil e o Estado de Mato Grosso do Sul possuem leis e normas vigentes em âmbito Federal, Resolução CONAMA Nº 357 (BRASIL, 2005), e Estadual, Deliberação CECA/MS Nº 36 (MATO GROSSO DO SUL, 2012), as quais dispõem sobre as condições e padrões de qualidade da água e a necessidade de ensaios ecotoxicológicos para fins de monitoramento da qualidade da água dos corpos hídricos utilizando organismos aquáticos de pelo menos dois níveis tróficos. Já para o sedimento, a Resolução CONAMA Nº 454 (BRASIL, 2012) é a legislação brasileira que regulamenta os limites de concentração de metais pesados no sedimento de águas doces, além de, também, dispor sobre a necessidade de serem realizados ensaios ecotoxicológicos. Esses ensaios são ferramentas desejáveis para avaliar a carga poluidora que impacta os corpos hídricos, uma vez que somente as análises físico-químicas tradicionalmente realizadas não são capazes de distinguir entre as substâncias que afetam os sistemas biológicos e as que são inertes no ambiente (HELMA *et al.*, 1998).

Levando-se em consideração essas informações, os objetivos desse estudo foram: a) analisar os parâmetros físico-químicos da água e quantificar as concentrações de metais pesados presentes na água e no sedimento do Córrego Imbirussu; b) avaliar os impactos à biota com testes ecotoxicológicos agudos da água e do sedimento, utilizando como bioindicadores *Daphnia similis* (Crustacea, Cladocera) e *Danio rerio* (Pisces, Cyprinidae) e c) analisar os efeitos da sazonalidade sobre os resultados obtidos.

2. ARTIGOS CIENTÍFICOS

Neste item, apresento dois artigos científicos como resultados das análises da água (ARTIGO I – item 2.1.) e do sedimento (ARTIGO II – item 2.2.) da Bacia do Córrego Imbirussu (Campo Grande – MS, Brasil), bem como as orientações aos autores das revistas em que os artigos I e II serão submetidos (itens 2.1.1. e 2.2.1., respectivamente):

- ARTIGO I: Intitulado como “A SAZONALIDADE E SEUS EFEITOS SOBRE A QUALIDADE E A TOXICIDADE DA ÁGUA DE UM CÓRREGO URBANO (MATO GROSSO DO SUL, BRASIL)”, será submetido à Revista Interciencia (Qualis B1, Engenharias I);
- ARTIGO II: Intitulado como “ANÁLISE SAZONAL DA TOXICIDADE DE METAIS PESADOS NO SEDIMENTO SUPERFICIAL DE UM CÓRREGO URBANO (MATO GROSSO DO SUL, BRASIL)”, será submetido à Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales (Qualis B3, Engenharias I).

2.1. ARTIGO I – REVISTA INTERCIENCIA

A SAZONALIDADE E SEUS EFEITOS SOBRE A QUALIDADE E A TOXICIDADE DA ÁGUA DE UM CÓRREGO URBANO (MATO GROSSO DO SUL, BRASIL)

Daniel Haranaka Funai e William Marcos da Silva

Daniel Haranaka Funai. Mestre em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Brasil. Endereço: Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Cidade Universitária s/n - Caixa Postal 549, Campo Grande, MS, Brasil. E-mail: daniel_haranaka@hotmail.com

William Marcos da Silva. Doutor em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Brasil. Professor, UFMS (Campus Pantanal), Brasil. E-mail: wmsilvax@ig.com.br

RESUMO

O Córrego Imbirussu, localizado na região Noroeste do município de Campo Grande/MS, passa por vários bairros densamente povoados e por um Núcleo Industrial, recebendo um grande aporte de substâncias potencialmente tóxicas que podem causar efeitos adversos à biota aquática. Desta maneira, este trabalho objetivou: a) avaliar os parâmetros físico-químicos e as concentrações dos metais pesados (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn) presentes na água; b) investigar seus impactos à biota com ensaios ecotoxicológicos agudos, utilizando como bioindicadores *Daphnia similis* e *Danio rerio*, e c) avaliar os efeitos da sazonalidade sobre os resultados obtidos. As amostras foram coletadas nos meses de Fevereiro/2013 (Período chuvoso) e Agosto/2013 (Período seco) da nascente até próximo à sua foz, no Rio Anhanduí. O cultivo dos organismos e os ensaios de toxicidade foram realizados conforme as normas da ABNT: NBR 12.713/2009 e NBR 15.088/2011. Com os valores obtidos nas análises ficou evidente o aporte de metais pesados e matéria orgânica para o córrego, devido ao lançamento de efluentes das indústrias instaladas no Núcleo Industrial. Denota-se a influência da sazonalidade sobre os resultados obtidos, pois as concentrações de metais no período seco foram maiores do que no período chuvoso. Esses resultados foram confirmados pelos ensaios, já que só ocorreram efeitos tóxicos aos organismos no período seco.

Palavras chave: *Danio rerio*, *Daphnia similis*, metais pesados, qualidade da água, toxicidade aguda.

LA ESTACIONALIDAD Y SUS EFECTOS SOBRE LA CALIDAD Y LA TOXICIDAD DEL AGUA DE UN ARROYO URBANO (MATO GROSSO DO SUL, BRASIL)

RESUMEN

El Arroyo Imbirussu, ubicado en la región noroeste de la ciudad de Campo Grande/MS, pasa por varios barrios densamente poblados y un parque industrial, recibiendo una gran contribución de sustancias potencialmente tóxicas que pueden causar efectos adversos para la biota acuática. Así, este estudio tuvo como objetivo: a) evaluar los parámetros físico-químicos y concentraciones de metales pesados (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn); b) investigar sus impactos con ensayos ecotoxicológicos agudos utilizando *Daphnia similis* y *Danio rerio* como bioindicadores y c) evaluar los efectos de la estacionalidad en los resultados obtenidos. Las muestras fueron colectadas en Febrero/2013 (temporada de lluvias) y Agosto/2013 (temporada seca) de la fuente hasta su desembocadura cerca del Río Anhanduí. El cultivo de los organismos y los ensayos de toxicidad se realizaron de acuerdo con las normas ABNT: NBR 12.713/2009 y NBR 15.088/2011. Con los valores obtenidos en este estudio fue evidente la contribución de los metales pesados y materia orgánica a el arroyo debido a los lanzamientos de efluentes de las industrias del Parque Industrial. Los resultados obtenidos fueron influenciados por la estacionalidad, debido a que las concentraciones de metales fueron mayores en la temporada seca que en la lluviosa. Estos resultados fueron confirmados por los ensayos, ya que sólo ocurrió efectos tóxicos a los organismos en la temporada seca.

Palabras clave: Calidad del agua, *Danio rerio*, *Daphnia similis*, metales pesados, toxicidad aguda.

**SEASONALITY AND ITS EFFECTS OVER THE QUALITY AND THE TOXICITY
OF THE WATER OF AN URBAN STREAM (MATO GROSSO DO SUL, BRAZIL)**

ABSTRACT

The Imbirussu Stream, located in the northwestern region of the city of Campo Grande/MS, passes through several densely populated neighborhoods and an Industrial Park, receiving a large intake of potentially toxic substances that can cause adverse effects to the aquatic biota. Thus, this study aimed to: a) assess the physico-chemical parameters and concentrations of heavy metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn) in water; b) investigate their impacts with acute ecotoxicological tests using *Daphnia similis* and *Danio rerio* as bioindicators and c) evaluate the effects of seasonality on the obtained results. Samples were collected in February/2013 (rainy period) and August/2013 (dry period) from the source to near its mouth in the Anhanduí River. Cultivation of organisms and toxicity tests were performed according to NBR 12.713/2009 and NBR 15.088/2011. With the values obtained in this study it was evident the contribution of heavy metals and organic matter to the stream due to the effluents installed in the Industrial Park. The obtained results showed the influence of seasonality, as the metal concentrations were higher in the dry period than they were in the rainy one. These results were confirmed by the ecotoxicological tests, since acute toxicity effects to organisms occurred only in the dry period.

Keywords: Acute toxicity, *Danio rerio*, *Daphnia similis*, heavy metals, water quality.

Introdução

Os corpos hídricos brasileiros localizados em áreas urbanas sofrem por receberem efluentes domésticos e industriais geralmente sem tratamento das localidades próximas a eles, uma vez que dos 5565 municípios brasileiros, apenas 1587 deles tratam seus efluentes (IBGE, 2010; IBGE, 2011). O município de Campo Grande, capital do Estado de Mato Grosso do Sul, possui 11 microbacias em seu perímetro urbano e, dentre elas, a do Córrego Imbirussu é uma das que apresentou piora na qualidade de suas águas nos últimos anos, por conta do lançamento de efluentes domésticos e industriais (SEMADUR, 2012).

As consequências dos efeitos causados pelos poluentes presentes nesses efluentes como, por exemplo, os metais pesados, podem ser a diminuição do número de indivíduos de espécies sensíveis e o aumento da quantidade de espécies tolerantes à poluição (Odum, 1988). A utilização desses metais nas indústrias, por exemplo, na metalurgia, em curtumes e na fabricação de produtos eletrônicos, tem aumentado os riscos ao meio ambiente por conta da alta produção de efluentes, resíduos e lodos dessas tipologias industriais (Sörme e Lagerkvist, 2002).

Os metais pesados são indispensáveis à manutenção da vida por serem elementos importantes nos processos fisiológicos, mas apresentam toxicidade quando em excesso (Templeton et al, 2000). Os metais Cu, Mn e Zn são exemplos desses elementos, enquanto o Cd e o Pb não o são e apresentam efeitos tóxicos em baixas concentrações (Couture e Rajotte, 2003). Além de poderem ser tóxicos, os metais se acumulam na cadeia alimentar, uma vez que os organismos bentônicos ou outros organismos do ecossistema aquático podem ingerir a água ou partículas do sedimento que os contenham, acumulando-os em seus tecidos (Canli e Atli, 2003; Yin et al, 2011).

De maneira geral, os fatores, naturais ou antropogênicos, que afetam a qualidade das águas superficiais são influenciados pelas variações sazonais que ocorrem nas áreas de

estudo, demonstrando assim a necessidade delas também serem consideradas na avaliação da qualidade da água de um corpo hídrico (Pillsbury e Byrne, 2007; Yidana et al, 2008). Por exemplo, períodos de seca podem ocasionar alterações em processos físicos, químicos, biológicos e efeitos adversos à biota aquática, por conta da baixa vazão dos corpos hídricos durante esses períodos (Caruso et al, 2001).

O Brasil e o Estado de Mato Grosso do Sul possuem leis e normas vigentes em âmbito Federal, Resolução CONAMA N° 357/2005 (Brasil, 2005), e Estadual, Deliberação CECA/MS N° 36/2012 (Mato Grosso do Sul, 2012), as quais dispõem sobre as condições e padrões de qualidade da água e a necessidade de ensaios ecotoxicológicos para fins de monitoramento da qualidade da água dos corpos hídricos utilizando organismos aquáticos de pelo menos dois níveis tróficos. Esses ensaios são ferramentas desejáveis para avaliar a carga poluidora que impacta os corpos hídricos, uma vez que somente as análises físico-químicas tradicionalmente realizadas não são capazes de distinguir entre as substâncias que afetam os sistemas biológicos e as que são inertes no ambiente (Helma et al, 1998).

Levando-se em consideração essas informações, os objetivos do presente trabalho foram: a) analisar os parâmetros físico-químicos e as concentrações de metais pesados presentes na água; b) avaliar seus impactos à biota com testes ecotoxicológicos agudos, utilizando como bioindicadores *Daphnia similis* (Crustacea, Cladocera) e *Danio rerio* (Chordata, Cypriniforme); e c) analisar os efeitos da sazonalidade sobre os resultados obtidos.

Material e Métodos

Área de estudo

O Córrego Imbirussu, localizado na região noroeste do município de Campo Grande (MS), Brasil, está inserido na bacia composta também pelos Córregos Zé Pereira e Serradinho, totalizando uma área de 55,1 km². Ele atravessa cerca de 11 bairros densamente

povoados e um Núcleo Industrial, apresentando, desde a sua nascente, problemas de desmatamentos da mata ciliar e, conforme vai chegando à sua foz no Rio Anhanduí, recebe efluentes domésticos e industriais tratados ou não. O Núcleo Industrial possui indústrias instaladas de diversas tipologias, dentre elas: metalurgia; rações; produtos de limpeza; curtumes; frigoríficos; refrigerantes e produtos elétricos (Both, 2003).

A ação antrópica nesta bacia está bem caracterizada devido ao fato da grande variação da qualidade da água: “Boa”, na nascente; “Regular” conforme vai atravessando os bairros e “Ruim” no Núcleo Industrial (Dias, 2007). O monitoramento periódico (trimestral), denominado “Projeto Córrego Limpo, Cidade Viva”, realizado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano (SEMADUR), desde o ano de 2009, é outro estudo que também confirma os impactos causados pela ação humana. Segundo seu mais recente relatório anual disponível, denominado Qualidade das Águas Superficiais de Campo Grande – MS (SEMADUR, 2012), a qualidade da água do córrego foi classificada como “Boa”, “Regular” e “Ruim” nos pontos de amostragem, estando enquadrado como Classe 2, da nascente até sua confluência com o Córrego Serradinho, e como Classe 3 a partir dela até a sua foz no Rio Anhanduí (Mato Grosso do Sul, 2012). Quanto às pesquisas na área de ecotoxicologia aquática, nenhuma foi realizada neste corpo hídrico.

Coleta das amostras e pontos de amostragem

As amostras foram coletadas em 5 (cinco) pontos ao longo do Córrego Imbirussu, da nascente (P1) até próximo da sua foz (P5), no Rio Anhanduí, para cada uma das campanhas (Figura 1). As campanhas ocorreram nos meses de Fevereiro/2013 (Coleta 1), no período chuvoso, e Agosto/2013 (Coleta 2), no período seco, como demonstrado pela Figura 2.

Os pontos de amostragem, suas coordenadas de localização e características estão apresentados na Tabela I. Com uma sonda multiparâmetros foram medidos, durante as

coletas, a condutividade, o pH, o oxigênio dissolvido e a temperatura da água para cada ponto de amostragem. As amostras foram armazenadas à temperatura de 4°C até o momento das análises.

Cultivo dos organismos-teste e ensaios ecotoxicológicos agudos

A avaliação dos riscos causados a essa biota pelos metais pesados presentes no sedimento foi realizada através de ensaios ecotoxicológicos agudos, os quais apresentam resultados mais rápidos com relação aos efeitos causados pelos contaminantes. O cultivo dos organismos *Danio rerio* (Pisces, Cyprinidae) e *Daphnia similis* (Crustacea, Cladocera) foi realizado de acordo com as normas NBR 15.088/2011 e NBR 12.713/2009, respectivamente.

Os testes com o organismo *Daphnia similis* foram feitos em duplicata (10 indivíduos por réplica), mantidos com temperatura de $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 16h luz/8h escuro. Os testes duraram 48 horas em sistema estático, sendo registrada a imobilidade ao seu término. O efeito de imobilidade foi considerado quando os organismos permaneceram imóveis 15 segundos após uma leve agitação dos béqueres (OECD, 1984). A toxicidade apresentada pelas amostras analisadas foi considerada da seguinte maneira: a) não tóxica: imobilidade dos organismos variando de 0 a 10%; b) início de toxicidade: imobilidade dos organismos variando de 10 a 40%; e c) tóxica: imobilidade dos organismos igual ou superior a 40% (Barbosa, 2000).

Para o bioindicador *Danio rerio*, os recipientes com as soluções-teste, em duplicata (5 indivíduos por réplica), foram mantidos durante 48 horas (sistema estático) com temperatura de $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 16h luz/8h escuro, sendo registrada a letalidade ao seu término. A toxicidade apresentada pelas amostras analisadas foi considerada como: a) baixa toxicidade: percentual de mortalidade variando entre 1 a 25%; b) média toxicidade: percentual entre 26 a 50%; e c) alta toxicidade: percentual entre 51 a 100% (Prater e Anderson, 1977).

Análises físico-químicas

Nesse estudo foram analisados os seguintes parâmetros físico-químicos: oxigênio dissolvido (OD); demanda química de oxigênio (DQO); demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}); amônia; nitrito; nitrato; alcalinidade; dureza; pH; turbidez; condutividade; e as concentrações de Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn). As análises foram realizadas de acordo com as técnicas e métodos padronizados descritas no manual *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 2012).

Análise estatística

Para a análise de componentes principais foi utilizado o software XLSTAT v.2013.6.03, para analisar a distribuição temporal dos parâmetros físico-químicos e dos metais encontrados no sedimento, além de correlacioná-las aos resultados obtidos nos ensaios ecotoxicológicos.

Resultados e discussão

Parâmetros físico-químicos

Os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos e seus valores médios para as Coletas 1 (período chuvoso) e 2 (período seco) são apresentados nas Tabelas II e III, respectivamente.

A nascente (P1) não apresentou desconformidade com os padrões estabelecidos para a Classe 2 em nenhuma das coletas. Quanto a Classe 3, no período chuvoso, os pontos P2, P3 e P4 estão em desconformidade com os parâmetros de Turbidez e de DBO_{5,20}, OD e Amônia, respectivamente. Já no período seco, os pontos P2, P3, P4 e P5 apresentaram desconformidade com o parâmetro de DBO_{5,20}, podendo-se observar a alta atividade biológica

nesse período. Além disso, o ponto P4 também apresentou concentração de OD abaixo do padrão preconizado. Os resultados das coletas sugerem que o Córrego recebe um grande aporte de matéria orgânica devido a baixa concentração de OD e aos altos valores de $DBO_{5,20}$ e Amônia, os quais estão diretamente relacionados aos despejos de efluentes industriais e domésticos.

Segundo Cunningham e Saigo (1999), a baixa concentração de OD seria resultado de processos respiratórios e de decomposição, o que pode levar à morte de diversos organismos aquáticos em concentrações abaixo de $2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Addo et al, 2011). A $DBO_{5,20}$ pode ter relação com a toxicidade e/ou a biorecalcitrância de poluentes (Barreto-Rodrigues et al, 2007). A amônia existe em solução nas formas ionizada (NH_4^+) e não ionizada (NH_3), sendo esta a espécie reconhecidamente mais tóxica (Reis e Mendonça, 2009). Sua toxicidade aguda está relacionada aos efeitos no sistema nervoso central em vertebrados (Randall e Tsui, 2002), além de estar possivelmente ligada ao aumento da susceptibilidade de peixes a doenças de origem parasitária, bacteriológica e viral (Carballo et al, 1995).

A análise de componentes principais (Figura 3) mostrou que houve maior correlação dos parâmetros Amônia, Alcalinidade, DQO, Dureza, Nitrito e Turbidez ao período chuvoso. Já os parâmetros OD, $DBO_{5,20}$, Nitrato, Condutividade e pH correlacionaram-se ao período seco. Quanto aos valores de correlação obtidos na análise (Tabela VI), o Nitrito teve alta correlação com a Alcalinidade (0,803) e com o OD (-0,912), a Turbidez com a Amônia (0,824) e o Fe (0,789), a Dureza com o Cu (-0,808) e a DBO com o Pb (0,830).

Concentrações de metais pesados

Os resultados das concentrações de metais pesados para ambas as coletas encontram-se na Tabela IV.

As concentrações de Níquel (Ni) não excederam os limites permitidos em todos os pontos das duas coletas e não foram detectadas concentrações de Cádmiio (Cd) em nenhuma das amostras. As concentrações de Zinco (Zn) acima do limite permitido ocorreram somente no ponto P1 em ambas as coletas. Esse metal é essencial para os organismos por atuar como um neurotransmissor, mas quando em excesso causa toxicidade a diversos organismos (Hershinkel, 2007). Segundo Muysen et al (2006), testes com a concentração de 6 μ M do íon Zn²⁺ causaram letalidade a 93% de *Daphnia magna* adultas.

O Cobre (Cu) apresentou concentrações acima do limite permitido nos pontos P2, P3 e P4 da Coleta 1 (período chuvoso) e em todos os pontos da Coleta 2 (período seco), podendo causar toxicidade à biota. O organismo *Oreochromis niloticus* apresentou alterações comportamentais quando exposto à uma solução-teste de CuSO₄·5H₂O, obtendo a CL_{50-96H} de 58,837 mg·L⁻¹ (Ezeonyejiaku et al, 2011). O Chumbo (Pb) foi detectado apenas nos pontos P2 a P5, no período seco, apresentando concentrações de até quinze vezes acima do valor máximo permitido. Esse elemento não possui uma função biológica conhecida no processo metabólico dos organismos e, de acordo com Cestari et al (2004), a frequência de aberrações cromossômicas de *Hoplias malabaricus* expostas ao Pb aumentou significativamente.

As concentrações de Cromo (Cr) foram encontradas somente nos pontos P3 da primeira coleta e P4 da segunda coleta, estando até cerca de setenta e cinco vezes acima do máximo permitido para a Classe 3 nas duas coletas. Essas altas concentrações devem-se, provavelmente, aos efluentes lançados pelas indústrias de curtimento próximas a esses pontos. Segundo Castro et al (2013), os organismos da espécie *Piaractus mesopotamicus* expostos ao Cloreto de Cromo III apresentaram mortalidade apenas na concentração de 200 mg·L⁻¹ e em sua forma hexavalente (Cr⁶⁺), causou lesões reversíveis e irreversíveis que poderiam afetar o funcionamento dos seus órgãos. O Cr⁶⁺, originado pela oxidação do Cr³⁺, tem comprovadas propriedades cancerígenas, mutagênicas e alergênicas (Hu et al, 2011).

As concentrações de Ferro (Fe) ultrapassaram o limite em todos os pontos das duas coletas. Em seu estudo realizado com *Salmo trutta*, Dalzell e Macfarlane (1999) sugerem que um possível mecanismo para a toxicidade do Fe em peixes esteja relacionado aos danos e obstruções físicas às brânquias, impossibilitando a respiração. Com relação ao Manganês (Mn), concentrações acima do limite permitido foram encontradas apenas nos pontos de amostragem do período chuvoso. Ensaios de toxicidade demonstraram que valores de CL_{50-96H} para algumas espécies de peixes variaram de $2,4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ a $3350 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Howe et al, 2004).

A análise de componentes principais (Figura 3) mostrou que os metais Fe, Mn e Ni estão correlacionados com o período chuvoso, o que poderia ser explicado pelo carreamento desses metais das localidades próximas para o córrego. As concentrações dos metais Cr, Cu e Pb correlacionadas ao período seco foram causadas pelos lançamentos de efluentes do Núcleo Industrial, uma vez que a poluição pontual ficou evidenciada nesse período. Além disso, o maior valor de correlação obtido (Tabela VI) foi entre os metais Cu e Pb (0,812), possivelmente sugerindo o sinergismo entre eles.

De maneira geral, as maiores concentrações de metais pesados encontradas nesse estudo ocorreram no período seco, o que pode ser explicado pela grande vazão de rios e córregos durante períodos chuvosos que pode acabar diminuindo a concentração desses poluentes (Chiba et al, 2011). Além disso, alguns estudos já demonstraram que os metais pesados presentes no sedimento podem retornar à coluna d'água em períodos de seca, o que poderia aumentar os riscos de impactos à biota aquática (Kumar et al, 2013).

Ensaios ecotoxicológicos

Os resultados obtidos nos ensaios para os dois organismos utilizados encontram-se na Tabela V.

A nascente (P1) não apresentou toxicidade aos organismos em nenhum período, mesmo enfrentando problemas de desmatamento de sua mata ciliar e de habitações próximas a ela. Os resultados dos ensaios das amostras do período chuvoso não apresentaram efeitos tóxicos agudos aos organismos, a nenhuma das amostras, mesmo que encontradas concentrações de metais pesados (Fe, Mn, Cr e Cu) acima dos limites permitidos pela legislação brasileira, além da baixa concentração de OD em P3 e da alta concentração de Amônia em P4. Quanto ao período seco, o ponto P2 apresentou baixa toxicidade, apesar de atravessar vários bairros densamente povoados, recebendo lançamentos clandestinos de efluentes domésticos. Já os pontos P3 e P4 apresentaram média e alta toxicidade, respectivamente, o que pode ser atribuído ao aumento da concentração dos metais e da matéria orgânica pelo lançamento de efluentes das indústrias instaladas no Núcleo Industrial, quando comparado a da primeira. Pode-se observar, também, que ainda ocorrem efeitos tóxicos próximo à sua foz (P5), a qual localiza-se distante das principais fontes de poluição pontual.

A análise de componentes principais (Figura 3) indicou que a toxicidade das amostras correlacionam-se às maiores concentrações de metais pesados encontradas nas amostras do período seco, uma vez que os efeitos tóxicos só ocorreram na segunda coleta. De acordo com os valores de correlação obtidos na análise (Tabela VI), pode-se observar que os organismos demonstram sensibilidade similar as mesmas variáveis (0,997), em grau maior para a poluição orgânica (DBO), *Danio rerio* (0,954) e *Daphnia similis* (0,945), e um pouco menor para a poluição inorgânica (Pb), *Danio rerio* (0,832) e *Daphnia similis* (0,785). Segundo Khangarot e Ray (1987), os efeitos tóxicos agudos para *Daphnia* estão fortemente correlacionados com os de peixes, uma vez que também encontraram um alto coeficiente de correlação (0.929) entre os organismos *Daphnia magna* (Crustacea, Cladocera) e *Salmo gairdneri* (Pisces, Salmonidae) utilizados para avaliar a toxicidade de metais pesados.

A ocorrência da toxicidade pode ter sido causada pelos efeitos do sinergismo entre os metais analisados nessa pesquisa, pois as interações entre os poluentes podem afetar as respostas esperadas dos ensaios (Benedetti et al, 2007). Wah Chu e Chow (2002) analisaram o sinergismo de 10 metais pesados e concluíram que apenas a determinação da concentração desses metais e os ensaios realizados com cada um deles separadamente poderia subestimar os riscos aos organismos. A alta correlação entre os metais Cu e Pb, nesse estudo, podem explicar os efeitos tóxicos ocorridos aos organismos quanto ao sinergismo, pois de acordo com Tao et al (1999), a absorção do Chumbo foi realçada pela presença do Cobre para o peixe *Paracheirodon innesi*.

Outra possível explicação para os resultados obtidos nos ensaios ecotoxicológicos, além dos efeitos discutidos sobre os parâmetros físico-químicos e as concentrações de metais que excederam os valores máximos permitidos pela legislação brasileira, é o fator da biodisponibilidade dos metais pesados presentes no sedimento. Sabe-se que o Ferro e o Manganês retornam à coluna d'água quando as condições tornam-se redutoras. Já os metais Cádmio, Cobre, Níquel, Chumbo e Zinco retornam quando as condições tornam-se oxidantes, enquanto que o Mercúrio e o Cromo não são afetados pelo potencial redox dos sedimentos (Merian, 1984; Forbes e Forbes, 1994). Porém, por mais que se conheçam tais situações, é muito difícil prever qual ou quais poluentes são responsáveis pela toxicidade apresentada à biota aquática em casos de corpos hídricos que recebem efluentes de diversas tipologias industriais.

As legislações CONAMA N° 357 (Brasil, 2005) e CECA/MS N° 36 (Mato Grosso do Sul, 2012) dispõem que os corpos hídricos classificados como Classe 3 não devem apresentar efeitos tóxicos agudos aos organismos realizados através de ensaios ecotoxicológicos padronizados. Por conta disso e dos resultados obtidos nas análises de qualidade da água, os pontos P2, P3, P4 e P5 avaliados nesse estudo não atendem aos padrões exigidos para a classe

na qual encontram-se enquadrados (Classe 3). Entretanto, podem existir incompatibilidades entre corpos hídricos e seus enquadramentos legais em estudos ambientais que levem em consideração escalas temporais e espaciais (Cunha et al, 2013). Dessa maneira, são necessários esforços tanto governamentais, quanto das indústrias e da comunidade habitante dessa bacia para que as metas de enquadramento do córrego sejam atendidas.

Conclusão

A sazonalidade influenciou nos resultados obtidos porque as concentrações de DBO e de metais pesados no período seco foram maiores do que no período chuvoso, levantando a hipótese de que a vazão do córrego pode estar sendo insuficiente para diluir os efluentes nele lançados. Dentre os pontos de amostragem avaliados nesse estudo, a nascente foi o único que respeitou os padrões da classe na qual está enquadrada. Observou-se também que os organismos apresentaram sensibilidade similar nos ensaios realizados e que os efeitos tóxicos foram mais pronunciados nos pontos que contemplavam o Núcleo Industrial, devido a baixa qualidade da água do córrego causada pelo lançamento de efluentes das indústrias ali instaladas. Além disso, boa parte dos poluentes lançados vão sendo carreados e chegam a causar indícios de toxicidade ainda próximo à sua foz, demonstrando a necessidade de ações dos órgãos fiscalizadores para mitigar tais impactos. Recomenda-se que mais testes como, por exemplo, ensaios crônicos e de mutagenicidade ambiental, sejam realizados para avaliar outros possíveis efeitos adversos causados aos organismos em outros níveis tróficos.

Referências bibliográficas

Addo MA, Affum HA, Botwe BO, Gbadago JK, Acquah SA, Senu JK, Adom T, Coleman A, Adu PS, Mumuni II (2012) Assessment of Water Quality and Heavy Metal Levels in

Water and Bottom Sediment Samples from Mokwé Lagoon, Accra, Ghana. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*. 4(2): 119-130.

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation (2012) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22^a ed. American Public Health Association. Washington, DC, USA. 1496 pp.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009) *NBR 12.713: Ecotoxicologia aquática – Toxicidade aguda – Método de ensaio com Daphnia spp (Cladocera, Crustacea)*, Rio de Janeiro, Brasil, 23 pp.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2011) *NBR 15.088: Ecotoxicologia aquática – Toxicidade aguda – Método de ensaio com peixes*, Rio de Janeiro, Brasil, 22 pp.

Barbosa RM (2000) *Avaliação do impacto de lodo de estações de tratamento de água à biota aquática através de estudos ecotoxicológicos*. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil. Tese (Doutorado). 200 pp.

Barreto-Rodrigues M, da Silva FT, de Paiva TCB (2007) Caracterização física, química e ecotoxicológica de efluente da indústria de fabricação de explosivos. *Química Nova*. 30(7): 1623.

Benedetti M, Martuccio G, Fattorini D, Canapa A, Barucca M, Nigro M, Regoli F (2007) Oxidative and modulatory effects of trace metals on metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Antarctic fish *Trematomus bernacchii*. *Aquatic Toxicology*. 85: 167–175.

Both AVR (2003) *Núcleo industrial de Campo Grande-MS: a segurança como fator de desenvolvimento local em ambiente de risco tecnológico*. Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, Brasil. Dissertação (Mestrado). 89 pp.

Brasil (2005) *Resolução CONAMA N° 357*, de 17/03/2005, Brasília, Brasil, 27 pp.

- Canli M, Atli G (2003) The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution*. 121: 129–136.
- Carballo M, Munoz MJ, Cuellar M, Tarazona JV (1995) Effects of waterborne copper, cyanide, ammonia, and nitrite on stress parameters and changes in susceptibility to saprolegniosis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Applied Environmental Microbiology*. 61(6): 2108–2112.
- Caruso BS (2001) Regional river flow, water quality aquatic ecological impacts and recovery from drought. *Hydrological Science Journal*. 46: 677-699.
- Castro MP, de Moraes FR, Fujimoto RY, da Cruz C, de Andrade Belo, MA, de Moraes JRE (2013) Acute Toxicity by Water Containing Hexavalent or Trivalent Chromium in Native Brazilian Fish, *Piaractus mesopotamicus*: Anatomopathological Alterations and Mortality. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. DOI:10.1007/s00128-013-1174-5.
- Cestari MM, Lemos PMM, Ribeiro CAO, Costa JRMA, Pelletier E (2004) Genetic damage induced by trophic doses of lead in the neotropical fish *Hoplias malabaricus* (Characiformes, Erythrinidae) as revealed by the comet assay and chromosomal aberrations. *Genetics and Molecular Biology*. 27(2): 270-274.
- Chiba WAC, Passerini MD, Baio JAF, Torres JC, Tundisi JG (2011) Seasonal study of contamination by metal in water and sediment in a sub-basin in the southeast of Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 71(4): 833-843.
- Couture P, Rajotte JW (2003) Morphometric and metabolic indicators of metal stress in wild yellow perch (*Perca flavescens*) from Sudbury, Ontario: a review. *Journal of Environmental Monitoring*. 5: 216–221.

- Cunha DGF, do Carmo Calijuri M, Lamparelli MC, Menegon JrN (2013) Resolução CONAMA 357/2005: análise espacial e temporal de não conformidades em rios e reservatórios do estado de São Paulo de acordo com seus enquadramentos (2005-2009). *Engenharia Sanitária e Ambiental*. 18(2): 159-168.
- Cunningham WP, Saigo BW (1999) *Environmental Science: A Global Concern, 5th Edition*. McGraw-Hill Companies, USA. 650 pp.
- Dalzell DJB, Macfarlane NAA (1999) The toxicity of iron to brown trout and effects on the gills: a comparison of two grades of iron sulfate. *Journal of Fish Biology*. 55: 301–315.
- Dias CA (2007) *Avaliação das águas superficiais dos corpos hídricos urbanos na cidade de Campo Grande – MS, utilizando índices de qualidade da água*. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brasil. Dissertação (Mestrado). 77 pp.
- Ezeonyejaku C, Obiakor M, Ezenwelu C (2011) Toxicity of copper sulphate and behavioral locomotor response of tilapia (*Oreochromis niloticus*) and catfish (*Clarias gariepinus*) species. *Online Journal of Animal and Feed Research*. 1(4): 130-134.
- Forbes VE, Forbes TL (1994) *Ecotoxicology in theory and practice*. Chapman and Hall, London, UK. 247 pp.
- Helma C, Eckl P, Gottmann E, Kassie F, Rodinger W, Steinkellner H, Windpassinger C, Schulte-Hermann R, Knasmueller S (1998) Genotoxic and ecotoxic effects of groundwaters and their relation to routinely measured chemical parameters. *Environmental Science & Technology*. 32: 1799–1805.
- Hershinkel M, Silverman WF, Sekler I (2007) The zinc sensing receptor, a link between zinc and cell signaling. *Molecular Medicine*. 13: 331-336.
- Hope BK (2006) An examination of ecological risk assessment and management practices. *Environmental International*. 32(8): 983–995.

- Howe PD, Malcolm HM, Dobson S (2004) Manganese and its Compound: Environmental Aspects. Concise International Chemical Assessment Document 63. *World Health Organization*. New York. 63 pp.
- Hu J, Xiao Z, Zhou R, Deng W, Wang M, Ma S (2011) Ecological utilization of leather tannery waste with circular economy model. *Journal of Cleaner Production*. 19(2): 221-228.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010) *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008*. Rio de Janeiro, Brasil, 219 pp.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011) *Indicadores Sociais Municipais: Uma Análise dos Resultados do Censo Demográfico 2010*. Rio de Janeiro, Brasil, 149 pp.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2014) Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf, Acessado em: Janeiro, 2014.
- Khangarot BS, Ray PK (1987) Correlation between heavy metal acute toxicity values in *Daphnia magna* and fish. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. 38(4): 722-726.
- Kumar RN, Solanki R, Kumar JIN (2013) Seasonal variation in heavy metal contamination in water and sediments of river Sabarmati and Kharicut canal at Ahmedabad, Gujarat. *Environmental Monitoring and Assessment*. 185(1): 359–368.
- Mato Grosso do Sul (2012) *Deliberação CECA N° 36*, de 27/06/2012. Campo Grande, Brasil, 23 pp.
- Merian E (1984) Introduction on environmental chemistry and global cycles of chromium, nickel, cobalt, beryllium, arsenic, cadmium, and selenium, and their derivatives. *Toxicology and Environmental Chemistry*. 8: 9-38.

- Muysen BTA, De Schamphelaere KAC, Janssen CR (2006) Mechanism of chronic waterborne Zn toxicity in *Daphnia magna*. *Aquatic Toxicology*. 77: 393-401.
- Odum EP (1988) *Ecologia*. Editora Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. 368 pp.
- OECD (1984) *OECD Guidelines for Testing of Chemicals, Daphnia sp., Acute Immobilisation Test and Reproduction Test (202)*. Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris, FR. 15 pp.
- Pillsbury LA, Byrne RH (2007) Spatial and temporal chemical variability in the Hillsborough River system. *Marine Chemistry*. 104: 4–16.
- Poleksic V, Mitrovic-Tutundzic V (1994) Fish gills as monitor of sublethal and chronic effects of pollution, em *Sublethal and Chronic effects of Pollutants on freshwater fish*, Muller R, Lloyd R. Fishing News Books, United Nations. 339 - 352.
- Prater BL, Anderson MA (1977) A 96 hours bioassay of Duluth and Superior Harbor Basins (Minnesota) using *Hexagenia limbata*, *Aselus communis*, *Daphnia magna*, and *Pimephales promelas* as test organisms. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 18: 159-169.
- Randall DJ, Tsui TKN (2002) Ammonia toxicity in fish. *Marine Pollution Bulletin*. 45(1-12): 17–23.
- Reis JT, Mendonça ASF (2009) Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. *Engenharia Sanitária e Ambiental [online]*. 14(3): 353-362.
- SEMADUR - Secretaria Municipal De Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano (2012) *Qualidade das Águas Superficiais de Campo Grande – MS Relatório 2011*. Campo Grande, Brasil, 79 pp.
- Sörme L, Lagerkvist R (2002) Sources of heavy metals in urban wastewater in Stockholm. *Science of the Total Environment*. 298(1): 131-145.

- Tao S, Liang T, Cao J, Dawson RW, Liu C (1999) Synergistic effect of copper and lead uptake by fish. *Ecotoxicology and environmental safety*. 44(2): 190-195.
- Templeton DM, Ariese F, Cornelis R, Danielsson LG, Muntau H, Van Leeuwen HP, Lobiński R (2000) Guidelines for terms related to chemical speciation and fractionation of elements. Definitions, structural aspects, and methodological approaches. *Pure and Applied Chemistry*. 72: 1453-1470.
- Wah Chu K, Chow KL (2002) Synergistic toxicity of multiple heavy metals is revealed by a biological assay using a nematode and its transgenic derivative. *Aquatic Toxicology*. 61(1): 53-64.
- Yidana SM, Ophori D, Banoeng-Yakubo B (2008) A multivariate statistical analysis of surface water chemistry data - The Ankobra Basin, Ghana. *Journal of Environmental Management*. 86(1): 80-87.
- Yin H, Gao Y, Fan C (2011) Distribution, sources and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments from Lake Taihu, China. *Environmental Research*. 6(4): 044012.

Tabela I. Descrição dos pontos de amostragem.

Pontos	Coordenadas (UTM Zona 21S)	Características
P1	X: 0745199 Y: 7740371	Nascente – Classe 2*
P2	X: 0736530 Y: 7731428	Após percorrer os bairros (antes de entrar no Núcleo Industrial) – Classe 3*
P3	X: 0736487 Y: 7731342	Núcleo Industrial – Classe 3*
P4	X: 0736456 Y: 7731316	Núcleo Industrial – Classe 3*
P5	X: 0737236 Y: 7722101	Depois do Núcleo Industrial, próximo à sua foz – Classe 3*

*Classificação dos pontos obtida através da Deliberação CECA Nº 36/2012.

Tabela II. Parâmetros físico-químicos no período chuvoso (Coleta 1).

Parâmetros	P1	P2	P3	P4	P5	Média	Unidades
OD	5,56	4,00	2,38*	4,32	4,22	4,10	mg·L ⁻¹ O ₂
DBO _{5,20}	1,70	12,00*	8,35	7,70	7,00	7,35	mg·L ⁻¹ O ₂
DQO	11,49	132,21	120,71	80,47	68,98	82,77	mg·L ⁻¹ O ₂
Amônia	0,004	2,950	9,310	13,400*	5,450	6,220	mg·L ⁻¹ N
Nitrito	0,013	0,191	0,857	0,280	0,199	0,310	mg·L ⁻¹ N
Nitrato	1,300	0,524	0,040	0,138	0,258	0,190	mg·L ⁻¹ N
Alcalinidade	48	44	66	64	42	52,80	mg·L ⁻¹ CaCO ₃
Dureza	159,58	72,72	129,28	105,04	92,92	111,91	mg·L ⁻¹ CaCO ₃
pH	6,4	6,7	7,5	7,4	7,2	7,0	-----
Turbidez	0	140*	192*	174*	94	120	UNT
Condutividade	96	76	245	142	154	143	µS/cm

*Parâmetros com valores em desconformidade com os limites permitidos para a Classe 3 (Res. CONAMA Nº 357/2005): OD ≥ 4 mg·L⁻¹; DBO ≤ 10 mg·L⁻¹; Amônia ≤ 13,3 mg·L⁻¹ (para pH ≤ 7,5) e Turbidez ≤ 100 UNT.

Tabela III. Parâmetros físico-químicos no período seco (Coleta 2).

Parâmetros	P1	P2	P3	P4	P5	Média	Unidades
OD	6,20	5,10	4,90	3,80*	4,00	4,80	mg·L ⁻¹ O ₂
DBO _{5,20}	4,26	16,90*	54,23*	50,82*	23,56*	30,00	mg·L ⁻¹ O ₂
DQO	18,36	44,58	97,04	81,30	70,81	62,40	mg·L ⁻¹ O ₂
Amônia	0,370	2,410	4,150	4,600	3,950	3,100	mg·L ⁻¹ N
Nitrito	0,021	0,037	0,072	0,517	0,341	0,200	mg·L ⁻¹ N
Nitrato	0,210	0,810	0,930	2,810	3,470	1,650	mg·L ⁻¹ N
Alcalinidade	46,0	38,0	42,0	63,0	50,8	47,8	mg·L ⁻¹ CaCO ₃
Dureza	76,80	36,40	48,50	58,60	46,50	53,40	mg·L ⁻¹ CaCO ₃
pH	6,4	6,9	7,5	7,4	7,5	7,1	-----
Turbidez	1,8	23,6	41	53,4	22,1	28,4	UNT
Condutividade	92	71	145	326	200	167	µS/cm

*Parâmetros com valores em desconformidade com os limites permitidos para a Classe 3 (Res. CONAMA Nº 357/2005): OD ≥ 4 mg·L⁻¹; DBO ≤ 10 mg·L⁻¹; Amônia ≤ 13,3 mg·L⁻¹ (para pH ≤ 7,5) e Turbidez ≤ 100 UNT.

Tabela IV. Concentrações de metais pesados nas amostras de água (mg·L⁻¹).

Coleta	Ponto	Fe	Mn	Cd	Pb	Zn	Cr	Cu	Ni
1 (Chuvoso)	P1	2,850*	0,240*	ND	ND	1,100*	ND	ND	ND
	P2	31,610*	0,810*	ND	ND	0,180	ND	0,040*	ND
	P3	33,650*	0,630*	ND	ND	0,340	ND	0,040*	ND
	P4	35,890*	2,860*	ND	ND	0,660	3,310*	0,080*	0,020
	P5	33,150*	1,210*	ND	ND	0,190	ND	0,010	ND
2 (Seco)	P1	10,920*	0,020	ND	ND	0,370*	ND	0,160*	ND
	P2	18,660*	0,030	ND	0,400*	0,400	ND	0,230*	0,010
	P3	25,100*	0,140	ND	0,470*	0,390	ND	0,260*	ND
	P4	18,540*	0,350	ND	0,510*	0,440	3,660*	0,200*	ND
	P5	29,510*	0,220	ND	0,520*	0,320	ND	0,150*	ND

ND = Não Detectado. *Concentrações acima dos limites permitidos (Res. CONAMA N° 357/2005) – Classes 2-3: Cd 0,001-0,01 mg·L⁻¹; Cu 0,009-0,013 mg·L⁻¹; Ni 0,025-0,025 mg·L⁻¹; Pb 0,01-0,033 mg·L⁻¹; Cr 0,05-0,05 mg·L⁻¹; Mn 0,1-0,5 mg·L⁻¹; Fe 0,3-5,0 mg·L⁻¹ e Zn 0,18-5,0 mg·L⁻¹.

Tabela V. Porcentagens de imobilidade de *Daphnia similis* e de letalidade de *Danio rerio* expostos às amostras.

Coleta	Pontos	<i>Daphnia similis</i>	<i>Danio rerio</i>
1 (Chuvoso)	*P1 a P5	0 (NT)	0 (NT)
2 (Seco)	P1	0 (NT)	0 (NT)
	P2	5 (NT)	10 (BT)
	P3	35 (IT)	40 (MT)
	P4	55 (AT)	60 (AT)
	P5	15 (IT)	20 (BT)

*P1 a P5: refere-se a todos os pontos de amostragem do período chuvoso. NT = Não tóxico; BT = Baixa toxicidade; IT = Indício de toxicidade; MT = Média toxicidade; AT = Alta toxicidade.

Tabela VI. Maiores correlações entre as variáveis analisadas nesse estudo.

Variáveis	OD	DBO _{5,20}	Amônia	Nitrito	Dureza	Turbidez	Pb	<i>D. similis</i>
Nitrito	-0,912	0,107	0,589	1	0,193	0,641	0,017	0,185
Alcal.	-0,611	0,037	0,687	0,803	0,382	0,564	-0,098	0,195
Turbidez	-0,749	-0,221	0,824	0,641	0,309	1	-0,462	-0,271
Fe	-0,720	0,032	0,764	0,505	-0,173	0,789	-0,062	-0,108
Pb	-0,038	0,830	-0,171	0,017	-0,747	-0,462	1	0,785
Cu	0,262	0,743	-0,182	-0,193	-0,808	-0,462	0,812	0,650
<i>D. similis</i>	-0,128	0,945	-0,062	0,185	-0,484	-0,271	0,785	1
<i>D. rerio</i>	-0,115	0,954	-0,079	0,163	-0,532	-0,303	0,832	0,997

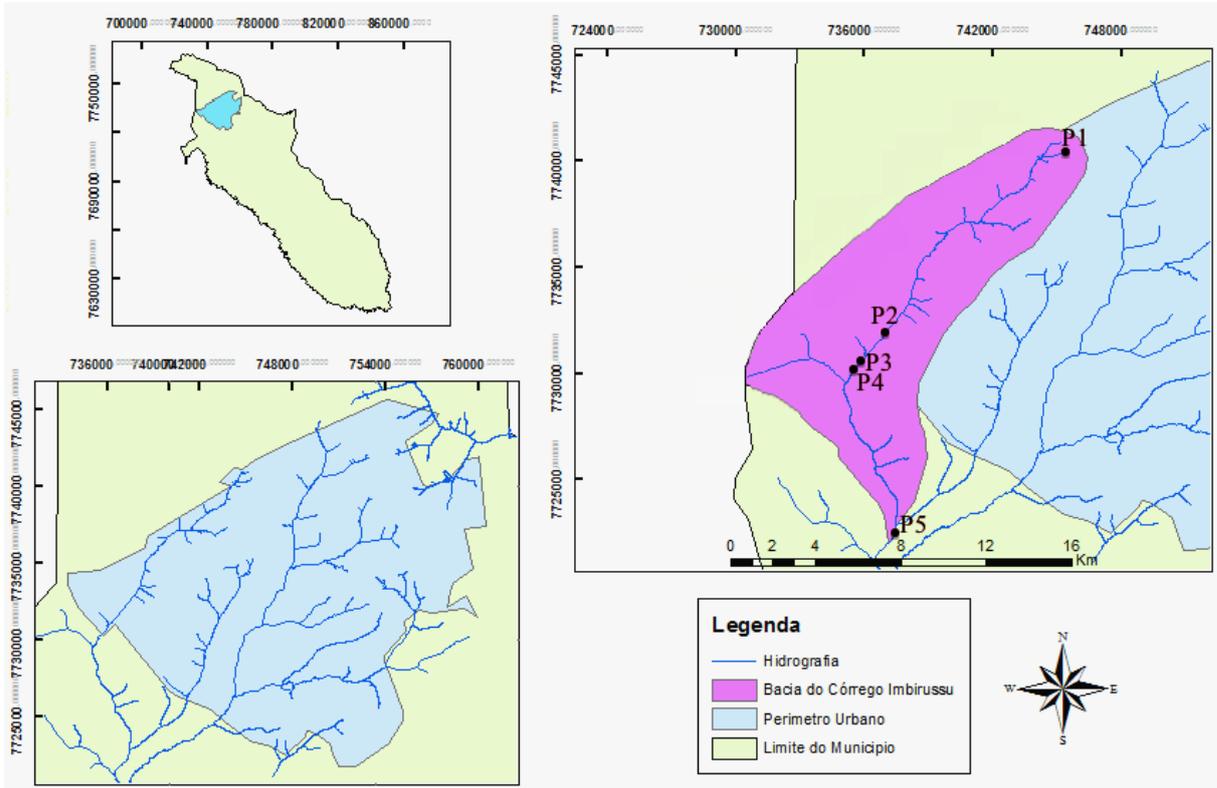


Figura 1. Área de estudo (Bacia do Córrego Imbirussu, Campo Grande – MS, Brasil) e localização dos pontos de amostragem.

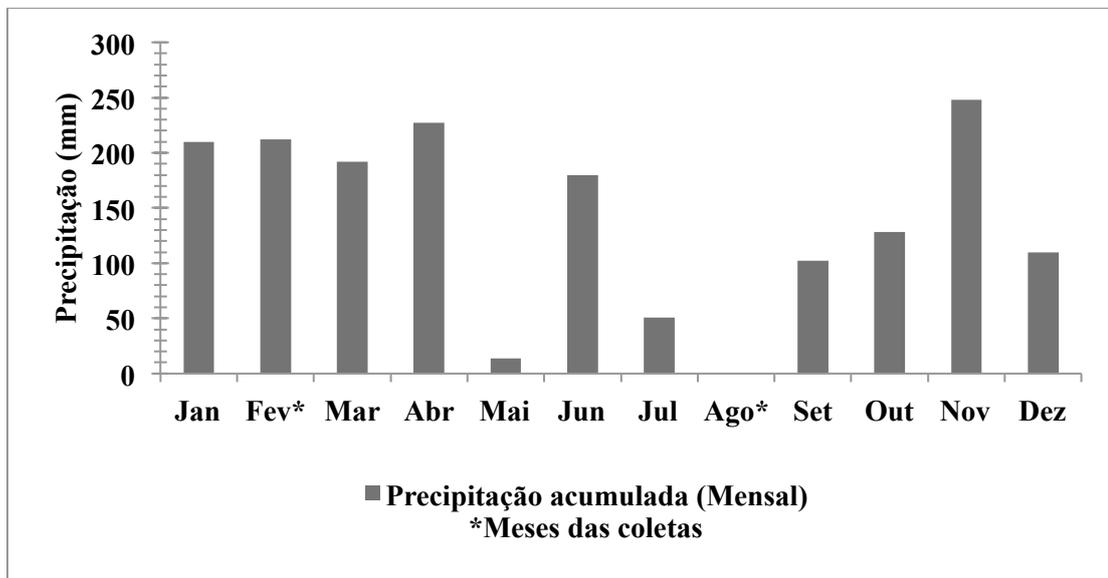


Figura 2. Dados da precipitação mensal acumulada para o município de Campo Grande – MS em 2013. Fonte: INMET (2014).

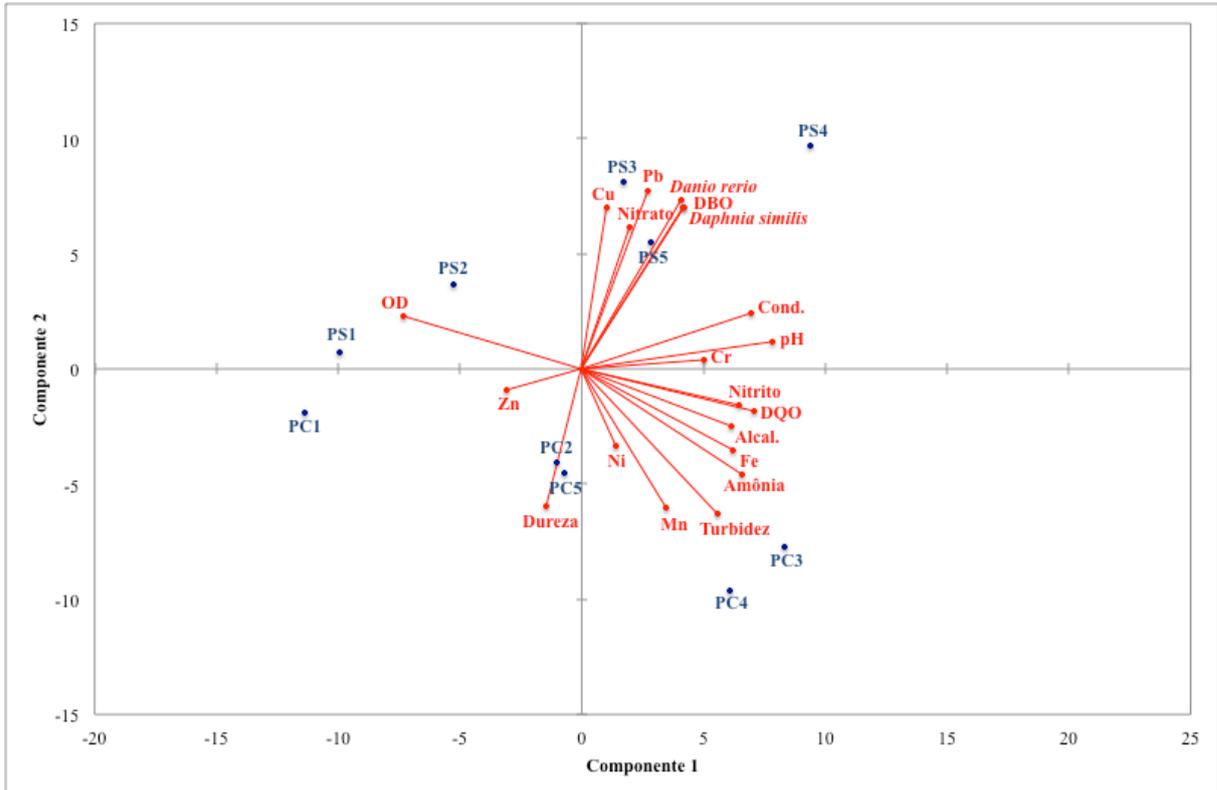


Figura 3. Análise de componentes principais nos períodos chuvoso (PC1-PC5) e seco (PS1-PS5). A porcentagem de explicação para os dois primeiros eixos é de 63,47%.

2.1.1. ORIENTAÇÕES AOS AUTORES – REVISTA INTERCIENCIA



GUÍA PARA LOS AUTORES

INTERCIENCIA es una revista multidisciplinaria cuyos temas prioritarios son Agronomía y Bosques Tropicales, Alimentos y Nutrición, Ciencias del Mar y de la Tierra, Educación Científica, Ecología y Problemas Ambientales, Energía, Estudio y Sociología de la Ciencia, Política Científica, Recursos Renovables y No Renovables, Salud y Demografía, Tierras Áridas, Transferencia de Tecnología.

INTERCIENCIA publica Artículos, Ensayos y Comunicaciones originales, preferentemente en las áreas prioritarias de la revista, escritos en idioma español, inglés o portugués, siempre que se relacionen con el desarrollo regional y su calidad sea certificada a través de arbitraje por pares. También podrán publicarse Cartas al Director que traten temas de interés o comenten trabajos de números ya publicados.

El contenido de las contribuciones es de la entera responsabilidad de los autores, y de ninguna manera de la revista o de las entidades para las cuales trabajan los autores. Se entiende que el material enviado a INTERCIENCIA no ha sido publicado ni enviado a otros órganos de difusión cualquiera sea su tipo.

Artículos

Son trabajos originales de investigación, experimental o teórica, o revisiones de un tema prioritario de la revista, no previamente publicados y dirigidos a una audiencia culta pero no especializada, y su extensión tendrá un máximo de 25 cuartillas. Deberá incluirse un resumen de hasta una página a doble espacio (250 palabras), así como un breve curriculum vitae de hasta 8 líneas de cada uno de los autores.

Ensayos

Tratarán preferiblemente sobre un tema prioritario de la revista. Podrán tener una extensión de hasta 25 cuartillas. Deberá incluirse un resumen y curricula vitarum de los autores, con características similares a los de los artículos.

Comunicaciones

Son reportes de resultados originales de investigaciones en cualquier campo de las ciencias básicas o aplicadas, dirigidas a una audiencia especializada. Podrán ser de hasta 20 cuartillas y escritas en idioma inglés, español o portugués, aunque se recomienda el uso del primero para facilitar la difusión de los resultados. Deberá incluirse un resumen de aproximadamente media cuartilla (150 palabras).

En todos los casos, tanto el título del trabajo como el resumen deberá ser enviado en los tres idiomas de la revista, de ser posible, y se incluirán hasta cinco palabras clave. Todas las páginas, tamaño carta, deberán estar escritas a doble espacio, con fuente 11 o 12, y numeradas consecutivamente.

Tablas y figuras: Deberán ser numeradas en romanos y arábigos, respectivamente, ser legibles, concisas y claras, y enviadas en hojas separadas. Los textos correspondientes se incluirán al final del trabajo.

Citas bibliográficas: Las citas deberán hacerse señalando en el texto el apellido del primer autor seguido por el del segundo autor o por et al. si fueran más de dos autores, y el año de publicación. Por ejemplo: (Pérez, 1992),...Pérez (1992), (Da Silva y González, 1993), (Smith et al, 1994). Las referencias serán listadas al final del artículo en orden alfabético, e incluirán autores (así: Rojas ER, Davis B, Gómez JC), año de publicación en

paréntesis, título de la obra o trabajo citado, en itálicas el nombre y volumen de la publicación, y páginas. Las comunicaciones personales irán sólo en el texto, sin otra indicación que el nombre completo del comunicador. Las notas al texto, si las hubiere, irán al final del trabajo, antes de las referencias.

Contribución por página: Debido a los altos costos de producción INTERCIENCIA solicitará a los autores agenciar a través de sus subvenciones de investigación o ante las instituciones donde prestan sus servicios, una contribución por página publicada. Tal contribución no condicionará de ninguna manera la aceptación y publicación del trabajo, lo cual estará dado por los méritos del mismo. En los casos de textos con extensión excesiva, figuras o tablas de tamaño excepcional, o reproducciones a color, se establecerá un monto a pagar.

Todos los artículos y comunicaciones serán enviados a árbitros externos para ser evaluados. Para facilitar el arbitraje, los autores deberán enviar una lista de seis posibles árbitros con sus respectivas direcciones y, de ser posible, dirección de correo electrónico.

Los manuscritos deberán preparados en Word para Windows y enviado a:

INTERCIENCIA Apartado Postal 51842, Caracas 1050-A, Venezuela o a los correo electrónicos e-mail: interciencia@ivic.ve interciencia@gmail.com ; www.interciencia.org

2.2. ARTIGO II – REVISTA AIDIS

ANÁLISE SAZONAL DA TOXICIDADE DE METAIS PESADOS NO SEDIMENTO SUPERFICIAL DE UM CÓRREGO URBANO (MATO GROSSO DO SUL, BRASIL)

SEASONAL ANALYSIS OF THE TOXICITY OF HEAVY METALS IN THE SURFACE SEDIMENT OF AN URBAN STREAM (MATO GROSSO DO SUL, BRAZIL)

Daniel Haranaka Funai^{1*}

William Marcos da Silva²

Abstract

The Imbirussu Stream, located in the northwestern region of the city of Campo Grande/MS, passes through several densely populated neighborhoods and an Industrial Park, receiving a large intake of potentially toxic substances, including heavy metals. These substances end up being deposited in the sediment and may return to the water column, causing many impacts to the aquatic ecosystem. Thus, this study aimed to: a) assess the concentrations of heavy metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn) in the sediment; b) investigate their impacts on biota with acute ecotoxicological tests using *Daphnia similis* and *Danio rerio* as bioindicators and c) evaluate the effects of seasonality on the obtained results. The samples were collected in February/2013 (Rainy period) and August/2013 (Dry period) from the source to near its mouth in the Anhanduí River. Cultivation of organisms and toxicity tests were performed according to NBR 12.713/2009 and NBR 15.088/2011. The analysis of sediment samples were performed according to the methods described in the manual Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd ed. With the values obtained in the analysis it became clear the input of heavy metals into the stream due to the effluents discharged by the industries installed in the Industrial Park. The obtained results showed the influence of seasonality, because the metal concentrations were higher in the dry period than they were in the rainy one. These results were confirmed by the tests, since acute toxic effects to organisms occurred only in the dry season.

Keywords: Acute toxicity, *Danio rerio*, *Daphnia similis*, heavy metals, sediment pollution.

¹ Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, Pós-graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

² Laboratório de Ecologia (Campus Pantanal), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

*Autor Correspondente: Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Cidade Universitária s/n - Caixa Postal 549, Campo Grande, MS, Brasil. Email: daniel_haranaka@hotmail.com

32 **Resumo**

33 O Córrego Imbirussu, localizado na região Noroeste do município de Campo Grande/MS, passa por vários
34 bairros densamente povoados e por um Núcleo Industrial, recebendo um grande aporte de substâncias
35 potencialmente tóxicas, dentre elas os metais pesados. Essas substâncias acabam sendo depositadas no
36 sedimento, podendo retornar à coluna d'água e ocasionar diversos impactos ao ecossistema aquático. Assim, este
37 trabalho objetivou: a) avaliar as concentrações dos metais pesados (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn) no
38 sedimento; b) investigar seus impactos à biota com ensaios ecotoxicológicos agudos, utilizando como
39 bioindicadores *Daphnia similis* e *Danio rerio* e c) avaliar os efeitos da sazonalidade sobre os resultados obtidos.
40 As amostras foram coletadas nos meses de Fevereiro/2013 (Período chuvoso) e Agosto/2013 (Período seco) da
41 nascente até próximo à sua foz no Rio Anhanduí. O cultivo dos organismos e os ensaios de toxicidade foram
42 realizados conforme as normas da ABNT: NBR 12.713/2009 e NBR 15.088/2011. As análises das amostras de
43 sedimento foram realizadas de acordo com os métodos descritos no manual *Standard Methods for the*
44 *Examination of Water and Wastewater*, 22^a ed. Com os valores obtidos nas análises ficou evidente o aporte de
45 metais pesados para o córrego devido ao lançamento de efluentes das indústrias instaladas no Núcleo Industrial.
46 Denota-se a influência da sazonalidade sobre os resultados obtidos, pois as concentrações de metais no período
47 seco foram maiores do que no período chuvoso. Esses resultados foram confirmados pelos ensaios, já que só
48 ocorreram efeitos tóxicos aos organismos no período de seca.

49 **Palavras-chave:** *Danio rerio*, *Daphnia similis*, metais pesados, sedimento, toxicidade aguda.

54 **Introdução**

56 Os corpos hídricos brasileiros localizados em áreas urbanas sofrem por receberem efluentes
57 domésticos e industriais geralmente sem tratamento das localidades próximas a eles, uma vez
58 que dos 5565 municípios brasileiros, apenas 1587 deles tratam seus efluentes (IBGE, 2010;
59 IBGE, 2011). O município de Campo Grande, localizado no Estado de Mato Grosso do Sul,
60 possui 11 microbacias em seu perímetro urbano e, dentre elas, a do Córrego Imbirussu é uma
61 das que apresentou piora na qualidade de suas águas nos últimos anos por conta do
62 lançamento de efluentes domésticos e industriais (SEMADUR, 2012).

63 Certos poluentes presentes nesses efluentes acabam sendo depositados no sedimento, o qual
64 pode fornecer indícios dos impactos causados pelas atividades humanas e permitir a avaliação
65 da contaminação de maneira temporal e espacial dos corpos hídricos (Guevara *et al.*, 2005).
66 Nos últimos anos, alguns estudos já observaram os efeitos da sazonalidade na contaminação
67 de sedimentos, demonstrando a importância de investigar os riscos potenciais desses
68 poluentes presentes em sedimentos e compará-los entre períodos de seca e chuvosos (Birch *et*
69 *al.*, 2001; Caccia *et al.*, 2003; Mdegela *et al.*, 2009; Sanei *et al.*, 2010; Xiao *et al.*, 2013). Por
70 agir como um depósito, os poluentes presentes no sedimento, dentre eles os metais pesados,
71 podem retornar à coluna d'água e ocasionar diversos impactos ao ecossistema aquático
72 (Vandecasteele *et al.*, 2004; Agarwal *et al.*, 2005; Hope, 2006).

73 A utilização desses metais nas indústrias, por exemplo, na metalurgia, em curtumes e na
74 fabricação de produtos eletrônicos, tem aumentado os riscos ao meio ambiente por conta da
75 alta produção de efluentes, resíduos e lodos dessas tipologias industriais (Sörme e Lagerkvist,
76 2002). Apesar de indispensáveis à manutenção da vida por serem elementos importantes nos
77 processos fisiológicos, os metais pesados apresentam toxicidade quando em excesso
78 (Templeton *et al.*, 2000). Os metais Cu, Mn e Zn são exemplos desses elementos, enquanto o
79 Cd e o Pb não o são e apresentam efeitos tóxicos em baixas concentrações (Couture e Rajotte,
80 2003). Além de poderem ser tóxicos, os metais se acumulam na cadeia alimentar, uma vez
81 que os organismos bentônicos ou outros organismos do ecossistema aquático podem ingerir a
82 água ou partículas do sedimento que os contenham, acumulando-os em seus tecidos (Canli e
83 Atli, 2003; Yin *et al.*, 2011).

84 A Resolução CONAMA N° 454/2012 (Brasil, 2012) é a legislação brasileira que regulamenta
85 os limites de concentração de metais pesados no sedimento de águas doces, não fornecendo
86 apenas os limites para os metais Ferro (Fe) e Manganês (Mn), além de dispor sobre a
87 necessidade de serem realizados ensaios ecotoxicológicos. Esses ensaios são ferramentas
88 desejáveis para avaliar a carga poluidora que impacta os corpos hídricos, uma vez que
89 somente as análises físico-químicas tradicionalmente realizadas não são capazes de distinguir
90 entre as substâncias que afetam os sistemas biológicos e as que são inertes no ambiente
91 (Helma *et al.*, 1998).

92 Levando-se em consideração essas informações, os objetivos do presente trabalho foram
93 avaliar as concentrações dos metais pesados no sedimento e analisar seus impactos à biota
94 com testes ecotoxicológicos agudos, utilizando como bioindicadores *Daphnia similis*
95 (Crustacea, Cladocera) e *Danio rerio* (Pisces, Cyprinidae), além de avaliar os efeitos da
96 sazonalidade sobre os resultados obtidos.

97

98

99 **Material e Métodos**

100

101 Área de estudo

102 O Córrego Imbirussu, localizado na região noroeste do município de Campo Grande (MS),
103 Brasil, está inserido na microbacia composta também pelos Córregos Zé Pereira e Serradinho,
104 totalizando uma área de 55.1 km². Ele atravessa cerca de 11 bairros densamente povoados e
105 um Núcleo Industrial, apresentando desde a sua nascente problemas de desmatamentos da
106 mata ciliar e conforme vai chegando à sua foz no Rio Anhanduí, recebe efluentes domésticos
107 e industriais tratados ou não. O Núcleo Industrial possui indústrias instaladas de diversas
108 tipologias, dentre elas: metalurgia, rações, produtos de limpeza, curtumes, frigoríficos,
109 refrigerantes e produtos elétricos (Both, 2003). A ação antrópica nesta microbacia está bem
110 caracterizada devido ao fato da grande variação da qualidade da água: “Boa”, na nascente;
111 “Regular” conforme vai atravessando os bairros e “Ruim” no Núcleo Industrial (Dias, 2007).
112 O monitoramento periódico (trimestral), denominado “Projeto Córrego Limpo, Cidade Viva”,
113 realizado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano
114 (SEMADUR) desde o ano de 2009 é outro estudo que também confirma os impactos causados
115 pela ação humana. Segundo seu mais recente relatório anual disponível, denominado
116 Qualidade das Águas Superficiais de Campo Grande – MS (SEMADUR, 2012), a qualidade
117 da água do córrego foi classificada como “Boa”, “Regular” e “Ruim” nos pontos de
118 amostragem, estando enquadrado como Classe 2, da nascente até sua confluência com o
119 Córrego Serradinho, e como Classe 3 a partir dela até a sua foz no Rio Anhanduí (Mato
120 Grosso do Sul, 2012). Quanto às pesquisas na área de ecotoxicologia aquática, nenhuma foi
121 realizada neste corpo hídrico.

122

123 Coleta das amostras e análise da concentração de metais no sedimento

124 As amostras de sedimento superficial (0-15 cm) foram coletadas em 5 pontos ao longo do
125 Córrego Imbirussu, da nascente até a sua foz no Rio Anhanduí para cada uma das campanhas
126 (Figura 1). Os pontos de amostragem com suas respectivas coordenadas (UTM Zona 21S)
127 foram: P1 (nascente), X:0745199 Y:7740371; P2 (após percorrer os bairros, antes de entrar no
128 Núcleo Industrial), X:0736530 Y:7731428; P3 (dentro do Núcleo Industrial), X:0736487
129 Y:7731342; P4 (dentro do Núcleo Industrial), X:0736456 Y:7731316 e P5 (próximo à sua foz
130 no Rio Anhanduí), X:0737236 Y:7722101.

131 As campanhas ocorreram nos meses de Fevereiro/2013 (Coleta 1), no período chuvoso, e
132 Agosto/2013 (Coleta 2), no período seco. Segundo dados meteorológicos do INMET (2014),
133 em 2013, a precipitação acumulada para o mês Fevereiro foi de 212 mm, enquanto que não

134 houve precipitação durante todo o mês de Agosto.
135 Nesse estudo foram analisadas as concentrações dos metais Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre
136 (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn) de acordo com as
137 técnicas e métodos padronizados descritas no manual *Standard Methods for the Examination*
138 *of Water and Wastewater*, 22nd ed (2012). As amostras foram armazenadas à temperatura de
139 4°C até o momento das análises.

140 Os resultados das análises foram julgados de acordo com os limites de concentração dispostos
141 na Resolução CONAMA N° 454/2012 (Brasil, 2012), os quais estão classificados de acordo
142 com dois níveis: a) Nível 1 - limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos
143 à biota e b) Nível 2 - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

144 145 Cultivo dos organismos e testes ecotoxicológicos

146 A avaliação dos riscos causados a essa biota pelos metais pesados presentes no sedimento foi
147 realizada através de ensaios ecotoxicológicos agudos, os quais apresentam resultados mais
148 rápidos com relação aos efeitos causados pelos contaminantes. O cultivo dos organismos
149 *Danio rerio* (Pisces, Cyprinidae) e *Daphnia similis* (Crustacea, Cladocera) foi realizado de
150 acordo com as normas NBR 15.088/2011 e NBR 12.713/2009, respectivamente.

151 Os testes com sedimento foram realizados com a proporção de 1:4 de sedimento e água de
152 cultivo. As soluções de sedimento e água produzidas foram distribuídas em béqueres e
153 permaneceram em repouso por 24h na estufa com temperatura de $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de
154 16h luz/ 8h escuro, de acordo com a metodologia de Burton e Macpherson (1995).

155 Os testes com o organismo *Daphnia similis* foram feitos em duplicata (10 indivíduos por
156 réplica), mantidos com temperatura de $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 16h luz/8h escuro. Os testes
157 duraram 48 horas em sistema estático, sendo registrada a imobilidade ao seu término. O efeito
158 de imobilidade foi considerado quando os organismos permaneceram imóveis 15 segundos
159 após uma leve agitação dos béqueres (OECD, 1984). A toxicidade apresentada pelas amostras
160 analisadas foi considerada da seguinte maneira: a) não tóxica: imobilidade dos organismos
161 variando de 0 a 10%; b) início de toxicidade: imobilidade dos organismos variando de 10 a
162 40% e c) tóxica: imobilidade dos organismos igual ou superior a 40% (Barbosa, 2000).

163 Para o bioindicador *Danio rerio*, os recipientes com as soluções-teste, em duplicata (5
164 indivíduos por réplica), foram mantidos durante 48 horas (sistema estático) com temperatura
165 de $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 16h luz/8h escuro, sendo registrada a letalidade ao seu término.
166 A toxicidade apresentada pelas amostras analisadas foi considerada como: a) baixa
167 toxicidade: percentual de mortalidade variando entre 1 a 25%; b) média toxicidade: percentual
168 entre 26 a 50% e c) alta toxicidade: percentual entre 51 a 100% (Prater e Anderson, 1977).

169 170 Análise estatística

171 Para a análise da correlação entre a distribuição temporal dos metais encontrados no
172 sedimento e os resultados obtidos nos ensaios ecotoxicológicos foi gerada uma matriz de
173 correlação de Pearson.

174

175

176 **Resultados e Discussão**

177

178 Metais no sedimento

179 Os resultados das análises das duas coletas e a matriz de correlação de Pearson quanto as
180 concentrações dos metais pesados encontradas no sedimento dos pontos de amostragem
181 encontram-se nas Tabelas 1 e 3, respectivamente.

182 Durante o período de estudo, não foram encontradas concentrações de Cádmio (Cd) em
183 nenhuma das amostras. Apesar de não estarem regulamentados pela legislação vigente, os

184 metais Ferro (Fe) e Manganês (Mn) podem provocar toxicidade aos organismos quando em
185 excesso (Dalzell e Macfarlane, 1999; Howe *et al.*, 2004). Não foram observadas diferenças
186 significativas entre as concentrações de Fe nos pontos de amostragem de cada coleta e quanto
187 ao Mn, observou-se que as concentrações vão aumentando ao longo do córrego (sentido
188 nascente-foz). Assim como o Mn, as concentrações de Cobre (Cu) também vão aumentando
189 ao longo do córrego, apresentando concentrações acima do limite permitido para o Nível 1
190 nos pontos P2 ao P5 da Coleta 1 (período chuvoso) e de P2 ao P4 da Coleta 2 (período seco).
191 O P5 da segunda coleta foi o único ponto que apresentou concentração superior ao limite
192 permitido para o Nível 2.

193 Os metais Chumbo (Pb), Zinco (Zn), Cromo (Cr) e Níquel (Ni) apresentaram um padrão nas
194 concentrações com um pico em P4, estando relacionados aos lançamentos das indústrias
195 instaladas no Núcleo Industrial. As concentrações de Zinco (Zn) estão abaixo do limite
196 permitido para o Nível 1 em todos os pontos das duas coletas, apresentando grande correlação
197 com os metais Cr (0.802) e Ni (0.861).

198 Foram encontradas concentrações de Pb somente na Coleta 2 (período seco) dos pontos P2 a
199 P5, sendo que apenas em P4 o limite permitido foi ultrapassado para o Nível 1. A maior
200 correlação entre os metais analisados nesse estudo foi entre ele e o Cr (0.954), além dele
201 também apresentar uma alta correlação com o Ni (0.841). O Pb não possui uma função
202 biológica conhecida no processo metabólico dos organismos e, de acordo com Cestari *et al.*
203 (2004), a frequência de aberrações cromossômicas de *Hoplias malabaricus* expostas ao Pb
204 aumentou significativamente.

205 O Níquel (Ni) não excedeu ao limite da concentração permitida para os dois níveis no P1 de
206 ambas as coletas e no P2 do período chuvoso. Apenas P3 e P4 excederam o limite permitido
207 para o Nível 2 no período seco. Quando em excesso, o Ni é capaz de produzir efeitos tóxicos
208 aos organismos. Segundo Shuhaimi-Othman *et al.* (2013), o valor de CL_{50-96H} desse metal
209 para o organismo *Poecilia reticulata* foi de $15.62 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e para *Rasbora sumatrana* de 0.83
210 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Além da alta correlação com o Pb e o Zn, o Ni também apresentou correlação elevada
211 com o Cr (0.880).

212 As concentrações de Cromo (Cr) excederam os limites para o Nível 2 somente no P4 da
213 Coleta 1 (período chuvoso) e nos pontos P3, P4 e P5 da Coleta 2 (período seco), não sendo
214 detectado no P1 de ambos os períodos. Altas concentrações desse elemento foram
215 encontradas nas amostras de sedimento que contemplam o Núcleo Industrial, provavelmente
216 por conta dos efluentes lançados pelas Indústrias de Curtume localizadas próximas aos pontos
217 de amostragem. Segundo Castro *et al.* (2013), os organismos da espécie *Piaractus*
218 *mesopotamicus* expostos ao cloreto de cromo III apresentaram mortalidade apenas na
219 concentração de $200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e em sua forma hexavalente (Cr^{6+}), causou lesões reversíveis e
220 irreversíveis que poderiam afetar o funcionamento dos seus órgãos. O Cr^{6+} , originado pela
221 oxidação do Cr^{3+} , tem comprovadas propriedades cancerígenas, mutagênicas e alergênicas
222 (Hu *et al.*, 2011).

223 As maiores concentrações de metais pesados estão relacionadas ao período seco, o que pode
224 ser explicado por conta da grande vazão de rios e córregos durante períodos chuvosos que
225 pode acabar diminuindo a concentração desses poluentes. Além disso, alguns estudos já
226 demonstraram que os metais pesados presentes no sedimento podem retornar à coluna d'água
227 em períodos de seca, o que poderia aumentar os riscos de impactos à biota aquática (Kumar *et*
228 *al.*, 2013). Entretanto, a pesquisa realizada por Chiba *et al.* (2011) não verificou diferenças
229 sazonais significativas relacionadas aos metais pesados presente no sedimento de uma
230 microbacia localizada em São Carlos (Brasil), durante o período de estudo.

231

232 Ensaio ecotoxicológico agudos

233 Os resultados obtidos nos ensaios para os dois organismos utilizados nesse estudo e suas
234 correlações com as concentrações de metais pesados encontram-se nas Tabelas 2 e 3,
235 respectivamente.

236 Destaca-se que a correlação entre os dois organismos utilizados nesse estudo foi alta (0.990),
237 demonstrando uma sensibilidade similar quanto aos resultados obtidos nos ensaios. Segundo
238 Khangarot e Ray (1987), os efeitos tóxicos agudos para *Daphnia* estão fortemente
239 correlacionados com os de peixes, uma vez que também encontraram um alto coeficiente de
240 correlação (0.929) entre os organismos *Daphnia magna* (Crustacea, Cladocera) e *Salmo*
241 *gairdneri* (Pisces, Salmonidae) utilizados para avaliar a toxicidade de metais pesados. A
242 correlação entre os resultados dos ensaios ecotoxicológicos e os metais Pb, Cr e Ni também
243 foram altas (Tabela 3), podendo indicar que os efeitos tóxicos aos organismos tenham
244 ocorrido por conta do sinergismo entre esses metais, haja vista que as interações entre os
245 poluentes podem afetar as respostas esperadas dos ensaios (Benedetti *et al.*, 2007). Wah Chu
246 e Chow (2002) analisaram o sinergismo de 10 metais pesados e concluíram que apenas a
247 determinação da concentração desses metais e os ensaios realizados com cada um deles
248 separadamente poderia subestimar os riscos aos organismos. Por exemplo, segundo Tao *et al.*
249 (1999), o sinergismo entre Cu e Pb para o peixe *Paracheirodon innesi* encontra-se no fato de
250 que a absorção do Chumbo foi realçada pela presença do Cobre.

251 A nascente (P1) não apresentou toxicidade aos organismos em nenhuma das coletas, mesmo
252 enfrentando problemas de desmatamento de sua mata ciliar e de habitações próximas a ela. Os
253 resultados dos ensaios da Coleta 1 (período chuvoso) não apresentaram efeitos tóxicos agudos
254 aos organismos a nenhuma das amostras, mesmo sendo detectadas, exceto em P1,
255 concentrações de metais pesados (Cr, Cu e Ni) acima dos limites permitidos pela legislação
256 brasileira. Quanto aos resultados da Coleta 2 (período seco), o P2 apresentou pouca
257 toxicidade, o que possivelmente deve-se ao lançamento clandestino de efluentes domésticos
258 no córrego. Já os pontos P3 e P4 apresentaram média e alta toxicidade, respectivamente.
259 Ressalta-se que os efeitos tóxicos apresentados devem-se ao lançamento de efluentes pelas
260 indústrias instaladas no Núcleo Industrial e ao aumento da concentração dos metais que
261 ocorreu nas amostras dessa coleta, quando comparadas as da primeira. Pode-se observar
262 também que boa parte dos poluentes lançados por essas indústrias vão sendo carreados e
263 depositados no sedimento, uma vez que indícios de toxicidade ocorreram próximo à sua foz
264 (P5). Campagna *et al.* (2008) encontraram maiores concentrações de metais pesados durante o
265 período seco no Rio Monjolinho (São Carlos, Brasil), mas a mortalidade aos organismos
266 utilizados em seu estudo ocorreu nas amostras do período chuvoso, ao contrário do presente
267 estudo.

268 Outra possível explicação para os resultados obtidos nos ensaios ecotoxicológicos é o fator da
269 biodisponibilidade dos metais pesados nas amostras. Sabe-se que o Ferro e o Manganês
270 retornam à coluna d'água quando as condições tornam-se redutoras. Já os metais Cádmio,
271 Cobre, Níquel, Chumbo e Zinco retornam quando as condições tornam-se oxidantes, enquanto
272 que o Mercúrio e o Cromo não são afetados pelo potencial redox dos sedimentos (Merian,
273 1984; Forbes e Forbes, 1994). Porém, por mais que se conheçam tais situações, é muito difícil
274 prever qual ou quais poluentes são responsáveis pela toxicidade apresentada à biota aquática
275 em casos de corpos hídricos que recebem efluentes domésticos e de diversas tipologias
276 industriais.

277

278

279 **Conclusão**

280

281 A sazonalidade influenciou nos resultados obtidos porque as maiores concentrações de metais
282 pesados e os efeitos tóxicos causados aos organismos ocorreram no período seco, os quais

283 apresentaram sensibilidade similar nos ensaios realizados. Por conta desses fatores, levanta-se
 284 a hipótese de que a vazão do córrego pode estar sendo insuficiente para diluir os efluentes
 285 nele lançados. Pode-se afirmar também que a nascente ainda está preservada dos impactos
 286 causados pelo desmatamento de sua mata ciliar e dos problemas causados pela ocupação
 287 urbana em seu entorno. Outro fato evidenciado por essa pesquisa é o aporte de metais pesados
 288 para o córrego, uma vez que suas concentrações ou aumentaram ao longo dos pontos de
 289 amostragem ou apresentaram picos nos pontos que contemplavam o Núcleo Industrial. Além
 290 disso, boa parte desses metais vão sendo carreados e depositados no sedimento, causando
 291 toxicidade ainda próximo à sua foz e demonstrando a necessidade de ações dos órgãos
 292 fiscalizadores para mitigar tais impactos. Recomenda-se que mais testes como, por exemplo,
 293 ensaios crônicos e de mutagenicidade ambiental, sejam realizados para avaliar outros
 294 possíveis efeitos causados aos organismos além dos de letalidade e imobilidade avaliados
 295 neste trabalho.

296
 297

298 Referências bibliográficas

299

- 300 Agarwal, A., Singh, R.D., Mishra, S.K., Bhunya, P.K. (2005) ANN-based sediment yield river basin models for
 301 Vamsadhara (India), *Water SA*, **31**(1), 95–100.
- 302 American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
 303 (2012) *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater*, 22^a ed, American Public
 304 Health Association, Washington, DC, 1496 pp.
- 305 Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2009) *NBR 12.713: Ecotoxicologia aquática – Toxicidade aguda –*
 306 *Método de ensaio com Daphnia spp (Cladocera, Crustacea)*, Rio de Janeiro, 23 pp.
- 307 Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2011) *NBR 15.088: Ecotoxicologia aquática – Toxicidade aguda –*
 308 *Método de ensaio com peixes*, Rio de Janeiro, 22 pp.
- 309 Barbosa, R.M. (2000) Avaliação do impacto de lodo de estações de tratamento de água à biota aquática através
 310 de estudos ecotoxicológicos. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São
 311 Carlos, Brasil, *Tese (Doutorado)*, 200 pp.
- 312 Benedetti, M., Martuccio, G., Fattorini, D., Canapa, A., Barucca, M., Nigro, M., Regoli, F. (2007) Oxidative and
 313 modulatory effects of trace metals on metabolismo of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Antarctic
 314 fish *Trematomus bernacchii*, *Aquatic Toxicology*, **85**,167–175.
- 315 Birch, G.F., Taylor, S.E., Matthai, C. (2001) Small-scale spatial and temporal variance in the concentration of
 316 heavy metals in aquatic sediments: a review and some new concepts, *Environmental Pollution*, **113**,
 317 357–372.
- 318 Both, A.V.R. (2003) Núcleo industrial de Campo Grande-MS: a segurança como fator de desenvolvimento local
 319 em ambiente de risco tecnológico, Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, Brasil,
 320 *Dissertação (Mestrado)*, 89 pp.
- 321 Brasil. (2012) *Resolução CONAMA N° 454*, de 01/11/2012, Brasília-DF, Brasil, 17 pp.
- 322 Burton, G.A.J., Macpherson, C. (1995) Sediment toxicity testing: issues and methods, em *Handbook of*
 323 *ecotoxicology*, Hoffman, D.J., Rattner, B.A., Burton, G.A.J., Cairns, Jr. (eds). Lewis Publisher, Boca
 324 Raton FL, EUA, 70-82.
- 325 Caccia, V.G., Millero, F.J., Palanques, A. (2003) The distribution of trace metals in Florida Bay sediments,
 326 *Marine Pollution Bulletin*, **46**, 1420-1433.
- 327 Campagna, A.F., Fracácio, R., Rodrigues, B.K., Eler, M.N., Verani, N.F., Espíndola, E.L.G. (2008) Analyses of
 328 the sediment toxicity of Monjolinho River, São Carlos, São Paulo State, Brazil, using survey, growth
 329 and gill morphology of two fish species (*Danio rerio* and *Poecilia reticulata*), *Brazilian Archives of*
 330 *Biology and Technology*, **51**(1), 193-201.
- 331 Canli, M., Atli, G. (2003) The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of
 332 six Mediterranean fish species, *Environmental Pollution*, **121**, 129–136.
- 333 Castro, M.P., de Moraes, F.R., Fujimoto, R.Y., da Cruz, C., de Andrade Belo, M.A., de Moraes, J.R.E. (2013)
 334 Acute Toxicity by Water Containing Hexavalent or Trivalent Chromium in Native Brazilian Fish,
 335 *Piaractus mesopotamicus*: Anatomopathological Alterations and Mortality, *Bulletin of Environmental*
 336 *Contamination and Toxicology*, DOI:10.1007/s00128-013-1174-5
- 337 Cestari, M.M., Lemos, P.M.M., Ribeiro, C.A.O., Costa, J.R.M.A., Pelletier, E. (2004) Genetic damage induced
 338 by trophic doses of lead in the neotropical fish *Hoplias malabaricus* (Characiformes, Erythrinidae) as

- 339 revealed by the comet assay and chromosomal aberrations, *Genetics and Molecular Biology*, **27**(2),
 340 270-274.
- 341 Chiba, W.A.C., Passerini, M.D., Baio, J.A.F., Torres, J.C., Tundisi, J.G. (2011) Seasonal study of contamination
 342 by metal in water and sediment in a sub-basin in the southeast of Brazil, *Brazilian Journal of*
 343 *Biology*, **71**(4), 833-843.
- 344 Couture, P., Rajotte, J.W. (2003) Morphometric and metabolic indicators of metal stress in wild yellow perch
 345 (*Perca flavescens*) from Sudbury, Ontario: a review, *Journal of Environmental Monitoring*, **5**, 216–221.
- 346 Dalzell, D.J.B., Macfarlane, N.A.A. (1999) The toxicity of iron to brown trout and effects on the gills: a
 347 comparison of two grades of iron sulfate, *Journal of Fish Biology*, **55**, 301–315.
- 348 Dias, C.A. (2007) Avaliação das águas superficiais dos corpos hídricos urbanos na cidade de Campo Grande –
 349 MS, utilizando índices de qualidade da água, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo
 350 Grande, Brasil, *Dissertação (Mestrado)*, 77 pp.
- 351 Forbes, V.E., Forbes, T.L. (1994) *Ecotoxicology in theory and practice*, Chapman and Hall, London, 247 pp.
- 352 Guevara, R., Rizzo, A., Sanchez, R., Arribère, M. (2005) Heavy metal inputs in northern Patagonia lakes from
 353 short sediment core analysis, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **265**, 481–493.
- 354 Helma C, Eckl P, Gottmann E, Kassie F, Rodinger W, Steinkellner H, Windpassinger C, Schulte-Hermann R,
 355 Knasmueller S (1998) Genotoxic and ecotoxic effects of groundwaters and their relation to routinely
 356 measured chemical parameters, *Environmental Science & Technology*, **32**, 1799–1805.
- 357 Hope, B.K. (2006) An examination of ecological risk assessment and management practices, *Environmental*
 358 *International*, **32**(8), 983–995.
- 359 Howe, P.D., Malcolm, H.M., Dobson, S. (2004) Manganese and its Compound: Environmental Aspects. Concise
 360 International Chemical Assessment Document 63, *World Health Organization*, New York, EUA, 63 pp.
- 361 Hu, J., Xiao, Z., Zhou, R., Deng, W., Wang, M., Ma, S. (2011) Ecological utilization of leather tannery waste
 362 with circular economy model, *Journal of Cleaner Production*, **19**(2), 221-228.
- 363 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2011) *Indicadores Sociais Municipais: Uma Análise dos*
 364 *Resultados do Censo Demográfico 2010*, Rio de Janeiro, Brasil, 149 pp.
- 365 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010) *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008*, Rio
 366 de Janeiro, Brasil, 219 pp.
- 367 INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. (2014) Disponível em:
 368 <http://www.inmet.gov.br/porta1/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf>, Acessado
 369 em: Janeiro, 2014.
- 370 Khangarot, B. S., Ray, P. K. (1987) Correlation between heavy metal acute toxicity values in *Daphnia magna*
 371 and fish, *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, **38**(4), 722-726.
- 372 Mato Grosso do Sul. (2012) Deliberação CECA N° 036, de 27/06/2012. Campo Grande, Brasil, 23 pp.
- 373 Mdegela, R.H., Braathen, M., Rereka, A.E.P., Mosha, D., Sandvik, M., Skaare, J.U. (2009) Heavy metals and
 374 organochlorine residues in water, sediments, and fish in aquatic ecosystems in Urban and Peri-Urban
 375 areas in Tanzania, *Water, Air, and Soil Pollution*, **203**, 369-379.
- 376 Merian, E. (1984) Introduction on environmental chemistry and global cycles of chromium, nickel, cobalt,
 377 beryllium, arsenic, cadmium, and selenium, and their derivatives, *Toxicology and Environmental*
 378 *Chemistry*, **8**, 9-38.
- 379 OECD. (1984) OECD Guidelines for Testing of Chemicals, *Daphnia sp.*, Acute Immobilisation Test and
 380 Reproduction Test (202), OECD, Paris, 15 pp.
- 381 Prater, B.L., Anderson, M.A. (1977) A 96 hours bioassay of Duluth and Superior Harbor Basins (Minnesota)
 382 using *Hexagenia limbata*, *Aselus communis*, *Daphnia magna*, and *Pimephales promelas* as test
 383 organisms, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **18**, 159-169.
- 384 Sanei, H., Goodarzi, F., Outridge, P.M. (2010). Spatial distribution of mercury and other trace elements in recent
 385 lake sediments from central Alberta, Canada: An assessment of the regional impact of coal-fired power
 386 plants, *International Journal of Coal Geology*, **82**, 105-115.
- 387 SEMADUR - Secretaria Municipal De Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano (2012) *Qualidade das Águas*
 388 *Superficiais de Campo Grande – MS Relatório 2011*. Campo Grande, Brasil, 79 pp.
- 389 Shuhaimi-Othman, M., Yakub, N., Ramle, N.A., Abas, A. (2013) Comparative toxicity of eight metals on
 390 freshwater fish, *Toxicology and Industrial Health*, DOI:**10.1177/0748233712472519**.
- 391 Sörme, L., Lagerkvist, R. (2002) Sources of heavy metals in urban wastewater in Stockholm, *Science of the*
 392 *Total Environment*, **298**(1), 131-145.
- 393 Tao, S., Liang, T., Cao, J., Dawson, R. W., Liu, C. (1999). Synergistic effect of copper and lead uptake by
 394 fish, *Ecotoxicology and environmental safety*, **44**(2), 190-195.
- 395 Templeton, D.M., Ariese, F., Cornelis, R., Danielsson, L.G., Muntau, H., Van Leeuwen, H.P., Lobiński, R.
 396 (2000) Guidelines for terms related to chemical speciation and fractionation of elements. Definitions,
 397 structural aspects, and methodological approaches, *Pure and Applied Chemistry*, **72**, 1453-1470.

- 398 Vandecasteele, B., Quataert, P., De Vos, B., Tack, F.M.G. (2004) Assessment of the pollution status of alluvial
399 plains: a case study for the dredged sediment derived soils along the Leie River, *Archives of*
400 *Environmental Contamination and Toxicology*, **47**,14–22.
- 401 Wah Chu, K., Chow, K. L. (2002) Synergistic toxicity of multiple heavy metals is revealed by a biological assay
402 using a nematode and its transgenic derivative, *Aquatic Toxicology*, **61**(1), 53-64.
- 403 Xiao, R., Bai, J., Huang, L., Zhang, H., Cui, B., Liu, X. (2013) Distribution and pollution, toxicity and risk
404 assessment of heavy metals in sediments from urban and rural rivers of the Pearl River delta in southern
405 China, *Ecotoxicology*, **22**(10), 1564-1575.
- 406 Yin, H., Gao, Y., Fan, C. (2011) Distribution, sources and ecological risk assessment of heavy metals in surface
407 sediments from Lake Taihu, China, *Environmental Research*, **6**(4), 044012.

Tabela 1. Concentrações de metais pesados nas amostras de sedimento ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Coleta	Ponto	Fe	Mn	Cd	Pb	Zn	Cr	Cu	Ni
1 (Chuvoso)	P1	1724.5	151.7	ND	ND	14.3	ND	6.8	4.5
	P2	1514.0	222.3	ND	ND	32.8	31.3	49.2*	13.6
	P3	1545.5	363.0	ND	ND	39.7	64.5*	84.0*	18.9*
	P4	1574.0	321.0	ND	ND	47.4	93.2**	97.6*	23.6*
	P5	1734.5	247.9	ND	ND	45.4	55.5*	146.5*	29.5*
2 (Seco)	P1	2116.0	353.5	ND	ND	30.6	ND	13.3	13.5
	P2	2253.5	441.2	ND	24.0	39.5	83.7*	79.1*	24.2*
	P3	2133.5	347.7	ND	31.5	42.9	143.3**	111.5*	42.9**
	P4	2037.0	391.2	ND	89.4*	60.3	376.5**	138.7*	53.5**
	P5	2368.5	599.9	ND	24.45	40.6	97.4**	207.1**	34.5*

ND = Não detectado. Concentrações de metais permitidas no sedimento quanto aos níveis 1-2 (CONAMA N° 454/2012): Cd $0.6\text{-}3.5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; Pb $35\text{-}91.3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; Zn $123\text{-}315 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; Cr $37.3\text{-}90 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; Cu $35.7\text{-}197 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; Ni $18\text{-}35.9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. *Valor acima do permitido para o Nível 1. **Valor acima do permitido para o Nível 2.

Tabela 2. Porcentagens de imobilidade de *Daphnia similis* e de letalidade de *Danio rerio* expostos às amostras.

Coleta	Ponto	<i>Daphnia similis</i>	<i>Danio rerio</i>
1 (Chuvoso)	*P1 a P5	0 (NT)	0 (NT)
2 (Seco)	P1	0 (NT)	0 (NT)
	P2	15 (IT)	20 (BT)
	P3	35 (IT)	50 (MT)
	P4	50 (AT)	70 (AT)
	P5	20 (IT)	40 (MT)

*P1-P5 = refere-se a todos os pontos de amostragem do período chuvoso. NT = Não tóxico; BT = Baixa toxicidade; IT = Indício de toxicidade; MT = Média toxicidade; AT = Alta toxicidade.

Tabela 3. Matriz de correlação de Pearson das concentrações de metais pesados e dos efeitos tóxicos aos organismos.

Variáveis	Fe	Mn	Pb	Zn	Cr	Cu	Ni	<i>D. similis</i>	<i>D. rerio</i>
Fe	1								
Mn	0.736	1							
Pb	0.487	0.406	1						
Zn	0.164	0.454	0.655	1					
Cr	0.276	0.340	0.954	0.802	1				
Cu	0.379	0.663	0.447	0.698	0.512	1			
Ni	0.467	0.513	0.841	0.861	0.880	0.756	1		
<i>D. similis</i>	0.579	0.451	0.953	0.616	0.893	0.496	0.890	1	
<i>D. rerio</i>	0.631	0.536	0.932	0.599	0.863	0.574	0.892	0.990	1

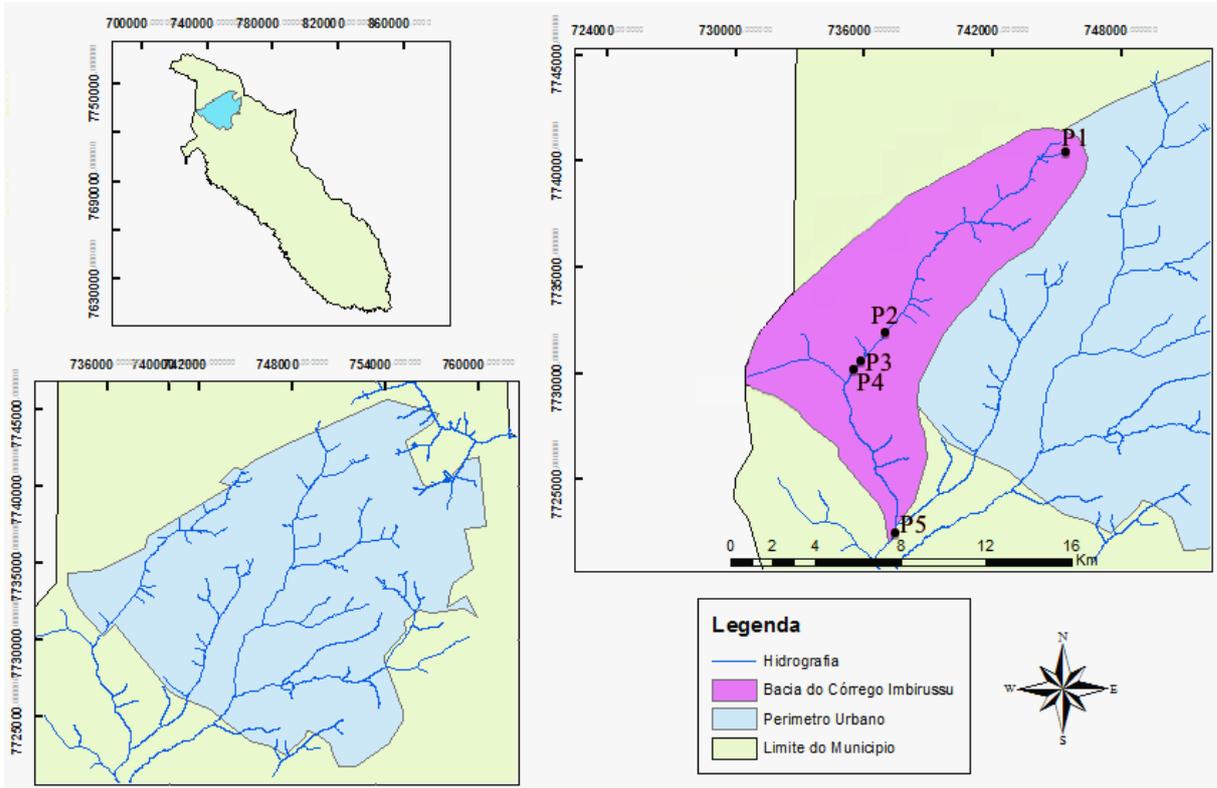


Figura 1. Área de estudo (Bacia do Córrego Imbirussu, Campo Grande – MS, Brasil) e localização dos pontos de amostragem.

2.2.1. ORIENTAÇÕES AOS AUTORES – REVISTA AIDIS

TÍTULO DEL TRABAJO EN LETRA FUENTE TIMES NEW ROMAN, TAMAÑO 12, ALINEADO AL CENTRO. MAYÚSCULAS, NEGRITAS

2 líneas en blanco (todas las líneas en blanco en Times New Roman, Tamaño 12, salvo que se indique lo contrario)

TÍTULO EN INGLÉS EN LETRA ESTILO TITULO 1, FUENTE TIMES NEW ROMAN, CURSIVA (ITÁLICA), TAMAÑO 12, ALINEADO AL CENTRO. MAYÚSCULAS, NEGRITAS

2 líneas en blanco

Nombre del autor ²

Nombre del autor ¹

Nombre del autor N^{3*}

Enlistar los nombres de los autores en Fuente estilo New Roman, Tamaño 10, en negritas, alineación de párrafo justificado, espacio sencillo. Identificar la dirección de institución para cada autor con un número progresivo en superíndice originado al “Insertar nota al pie” en el menú de “Referencias”. En el pie de página especificar los datos de la institución de trabajo en cada caso. Identificar con un * al autor de contacto.

Nota: en todos los casos, omitir títulos profesionales o académicos. No incluir semblanza académica, solo cargo e institución en que trabaje actualmente.

1 línea en blanco

Abstract

El resumen en inglés se colocará en la primera página precedido por la palabra **Abstract**, en Fuente Times New Roman, tamaño 12, mayúsculas y minúsculas, Negrita. El texto del resumen respetará las indicaciones detalladas para el caso del resumen en español, salvo por la letra que será cursiva (itálica). El número de palabras debe ser de por lo menos de 150 y 250 palabras como máximo, en cualquier idioma.

1 línea en blanco (tamaño 10)

Key Words (en negritas): En inglés. Deberá incluirse en la parte baja de la primera página. Podrán ser utilizados hasta 5 (cinco) Palabras Clave, separadas por comas, en orden alfabético, y al menos 1 (una) Palabra Clave deberá ser incluida. Utilice Estilo Normal, Fuente Times New Roman, tamaño 10, alineamiento con párrafo justificado, sin sangrías a la derecha o a la izquierda y con espacio entre líneas sencillo.

Insertar salto de página

² Institución de trabajo de autor. Autores con la misma adscripción comparten superíndice. En este caso autor 1 y autor 2 tienen la misma Institución de trabajo). Estilo Normal, Fuente Times New Roman, tamaño 9, alineación de párrafo justificado, espacio sencillo. Colocar primero el departamento y luego la institución, evitando abreviaturas (Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México).

² Institución de trabajo del autor N.

* *Autor correspondiente:* Colocar la dirección completa, así como teléfono (con clave lada internacional) y correo electrónico, de la siguiente forma: Departamento, Institución. Calle / Av. Nombre de la calle, Número de la calle y/o Complemento – Barrio, Ciudad, Estado, Provincia o departamento. Código Postal. País. Email: ejemplo@dirección-electrónica-contacto

34 **Resumen**

35 Es obligatorio presentar el resumen del trabajo tanto en inglés como en el idioma original, precedido por el
 36 subtítulo en el idioma correspondiente en tamaño 12. El texto del resumen deberá ser escrito con Fuente Times
 37 New Roman, tamaño 10, alineación de párrafo justificado, sin sangrías a la derecha o izquierda y espacio (entre
 38 líneas) sencillo.

39 *El número de palabras debe ser de por lo menos de 150 y 250 palabras como máximo, en cualquier idioma. Se*
 40 *deberá dejar al terminar 1 línea en blanco.*

41 *1 línea en blanco (tamaño 10)*

42 **Palabras clave:** El subtítulo en negritas en el idioma original. Podrán ser utilizados hasta 5 (cinco) Palabras
 43 Clave, separadas por comas, en orden alfabético, y al menos 1 (una) Palabra Clave deberá ser incluida. Utilice
 44 Estilo Normal, Fuente Times New Roman, tamaño 10, alineamiento con párrafo justificado, sin sangrías a la
 45 derecha o a la izquierda y con espacio entre líneas sencillo.

46

47

48

3 líneas en blanco

49 **Introducción**

50

1 línea en blanco

51 **IMPORTANTE:** Al momento de enviar el trabajo le solicitamos nos una lista de 3 revisores
 52 sugeridos, asentando su universidad, especialidad y email. Los nombres de los revisores
 53 sugeridos deben ser colocados al final del documento, en el apartado “Revisores sugeridos”.

54 Escriba la introducción y el resto del texto del trabajo utilizando estilo Normal, Fuente Times
 55 New Roman, tamaño 12, alineamiento con párrafo justificado, sin sangría, con interlineado
 56 sencillo a 1.0 y sin espacio (espaciado 0).

57

58

59 **Subtítulos.**

60 Todos los **subtítulos** (encabezados) de cada sección en Fuente Times New Roman, tamaño
 61 12, mayúsculas y minúsculas (NO en mayúsculas), negrita, separados del párrafo anterior con
 62 2 líneas en blanco, y del párrafo siguiente con 1 línea en blanco.

63

64 El trabajo debe contemplar por lo menos los siguientes puntos: Objetivo del trabajo
 65 (mencionarlo dentro de la sección de “Introducción”), Metodología, Resultados, Conclusiones
 66 y Referencias bibliográficas.

67

68 Subsecciones

69 En caso de haberlas, manejar el formato de itálicas y subrayado, dejando solamente una línea
 70 en blanco antes del párrafo anterior.

71

72 Para efectos del arbitraje, se deberán **numerar las líneas** de cada renglón del documento. Se
 73 sugiere utilizar las Herramientas del procesador de textos Word en el siguiente orden: Diseño
 74 de página / Configurar página (en el caso de procesador 2007 en adelante seleccionar la
 75 pestaña izquierda a nivel del encabezado)/ Diseño / Número de línea y marcar “agregar
 76 número de línea”.

77

78 El trabajo deberá ser enviado en línea por medio de la plataforma de la **Revista AIDIS**,
 79 siguiendo las indicaciones que encontrará al ingresar como autor en “*Comenzar un nuevo*
 80 *envío*”. Si es posteriormente solicitado realizar un nuevo envío, la nueva versión se deberá
 81 enviar al correo electrónico revista_aidis@pumas.iingen.unam.mx, con copia a Israel Chávez
 82 Reséndiz (ichavezr@iingen.unam.mx) en archivo electrónico etiquetado **obligatoriamente**
 83 con de la siguiente manera:

84

DÍAZ_MÉXICO_ID30987

85

86 Donde:
 87 DÍAZ: Apellido del autor principal
 88 MÉXICO: País de origen
 89 IDXXX: Número asignado por la plataforma

90

91 De no hacerse así, el autor asume la responsabilidad de que su trabajo pueda ser mal
 92 clasificado o inclusive no sea incluido en el proceso editorial de la revista.

93

94 Se preparará **solamente** en el formato **.doc** del procesador de textos **MS Word para**
 95 **Windows versión 97 - 2003, en el estándar PC/AT. No se aceptar trabajos enviados en**
 96 **otro formato.**

97 El texto integral del trabajo incluyendo Título, Nombres y datos de los autores, Resumen,
 98 Palabras Clave, Subtítulos y Referencias Bibliográficas no podrá exceder del tamaño máximo
 99 de 1400 KB (1.40MB) en archivo comprimido (zip), incluyendo figuras, fórmulas y tablas,
 100 **ciudadano integrar todos los elementos en un mismo archivo de Word (inclusive fotos,**
 101 **tablas y gráficas).**

102

103 Todo el trabajo deberá ser configurado en tamaño de página carta (216 x 280 mm) con
 104 interlineado sencillo a 1.0 y sin espacio (espaciado 0), estilo Normal, con los siguientes
 105 márgenes:

106

107 3cm superior
 108 3cm inferior
 109 2.5cm izquierdo
 110 2.5cm derecho.

111

112 El texto no deberá sangrarse ni poseer tabulaciones al comenzar el párrafo. Las páginas no
 113 podrán contener notas de pie de página (footnotes), con excepción de la página inicial, así
 114 como ningún tipo de encabezados, ni logos.

115

116 **El texto deberá ser cuidadosamente verificado y sometido al corrector ortográfico del**
 117 **MS Word 97 o superior, en el idioma nativo, ya que no se realizará trabajo de edición**
 118 **posterior a su recepción.** Los términos normalmente escritos en *itálicas (cursivas)* podrán
 119 ser tanto compuestos en *itálico* como subrayados.

120

121 Para **cantidades numéricas utilizar siempre el punto decimal** (por ejemplo 3.1416) y **NO**
 122 **usar la coma decimal** (ejemplo equivocado: 3,1416), tanto en el texto, como en tablas y
 123 figuras. Cuidar configurar los programas (Excel por ejemplo) para que en las cantidades y
 124 números se utilice y reconozca punto decimal.

125

126 La numeración de las páginas debe seguir el formato de este reglamento (insertar Número de
 127 página al final de la página, número sin formato 3 del lado derecho, tamaño 10).

128

129

130 **LA EXTENSIÓN RECOMENDADA DEL TRABAJO INCLUYENDO FIGURAS Y**
 131 **TABLAS ES DE 6000 PALABRAS, APROXIMÁDAMENTE 10 HOJAS**

132

133

134 Para el contenido del trabajo serán utilizados los siguientes formatos y alineaciones:

135

136 **Tablas.** Deberán ser numeradas en secuencia, referidas en el texto y **deben,**
 137 **obligatoriamente, estar insertadas en el mismo archivo .doc del texto del trabajo y no**
 138 **como anexos o en hojas aparte.** Dejar 2 líneas en blanco antes de la tabla y 2 después de
 139 ella. El uso del tabulador [tecla TAB] y de la barra de espacios para confección de las tablas,
 140 en la función de tabulación, no es permitido. Para ello, se utilizará la herramienta Tabla del
 141 procesador MS Word
 142

143 **Títulos de tablas.** Deberán ser incluidos en una línea inmediata superior de la Tabla con
 144 justificación a la izquierda. Utilice Fuente Times New Roman, Tamaño 10. Ejemplo:
 145
 146
 147

Tabla 1. Técnicas analíticas utilizadas

Parámetros	Técnica analítica	Unidad
pH	Directo, Potenciométrico	-----
SST	Standard Methods, Gravimétrico	mg/L
SSV	Standard Methods, Gravimétrico	mg/L
DQO	Standard Methods, Reflujo Abierto	mg/L

Nota: las notas al pié deberán estar alineadas a la tabla/figura, en itálicas, tamaño 9

148

149

150

151 **Título de Figura/Gráfica/Fotografía.** Deberá ser incluido en la línea inmediatamente
 152 inferior de la Figura y con justificación izquierda. Utilice la Fuente Times New Roman,
 153 Tamaño 10. Ejemplo:
 154

155

156

157

158

159

160

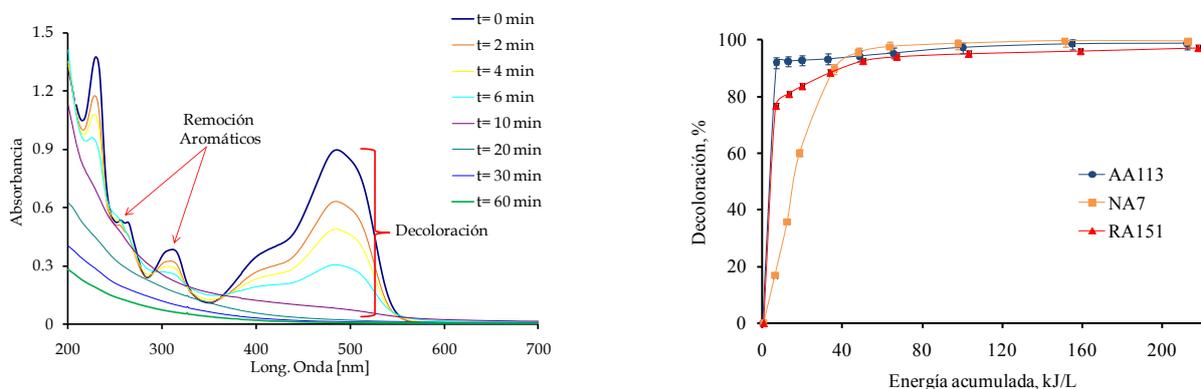
161

162

163

164

165



166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

Figura 1. Decoloración de compuestos azo mediante un proceso foto-Fenton

Figuras / Fotografías. Pueden ser incluidas libremente siempre y cuando el archivo .doc del trabajo completo (zip) no supere 1400 KB. Todas las figuras, gráficos, ilustraciones y fotografías deberán ser referidas como figuras y **deben estar insertadas en el mismo archivo .doc del texto del trabajo**, dejando 2 líneas en blanco antes de la tabla y 2 después de ella. También deberán ser numeradas en secuencia y referidas en el texto. Se recomienda el uso de colores en fotografías, figuras o ilustraciones. En el caso de gráficas, estas deberán ser claras y legibles, de buena calidad de imagen, de preferencia a color, si líneas excesivas y sin bordes. Se solicita también **adjuntar la gráficas/figuras en forma independiente al trabajo, titulado el archivo según el número de figura que corresponda, en formato tiff/jpg.** Para hacerlo subirlas a la plataforma como archivos complementarios en el paso 4 del proceso de envío (“subir archivos complementarios”).

Las tablas de datos, diagramas, fotografías e imágenes en general, **NO** deben rebasar el margen del documento.

182 **Fórmulas o Ecuaciones.** Preferentemente utilizar la función de insertar Ecuación. Como
 183 opción utilizar Fuente Times New Roman, Tamaño 10, en itálicas y centrar. Deberán ser
 184 numeradas en secuencia y referidas en el texto del trabajo. El significado de las variables
 185 colocarlas enlistadas (tamaño 10), como se ejemplifica a continuación:



190
$$\frac{Q(S_o - S_e)}{XV_a} = q = KS_e$$
 Ecuación (2)

191

192 Donde

193 Q: Caudal

194 Va: Volumen del tanque de aireación

195

196

- 197 • **Marcadores (Bullets).** Su uso es permitido para dar énfasis y relieve a incisos.
 198 Utilizar Fuente Times New Roman, Tamaño 10, negritas, al inicio del renglón.

199

200 Las referencias bibliográficas deben aparecer en el texto con el siguiente modelo: si la cita se
 201 hace dentro de la redacción del texto, poner el autor seguido del año, este último entre
 202 paréntesis, Pérez (1998). Si la cita se hace fuera de la redacción del texto, escribir el autor y el
 203 año entre paréntesis, separados por coma (Pérez, 1998). Para ambos casos, si se trata de dos
 204 autores, escribir sus nombres seguidos (Pérez y López, 1998) y si se tienen más de dos
 205 autores, usar la abreviatura *et al.* en cursivas y seguida de un punto (Pérez *et al.*, 1998).

206

207 **Agradecimientos.** Si se requiere reconocer personas o instituciones, hacerlo en este
 208 apartado. Utilizar Fuente Times New Roman, Tamaño 12 en itálicas (cursivas).

209

210 Referencias bibliográficas

211

212 Al final del texto deben aparecer las referencias, utilizando Fuente Times New Roman, Tamaño 10, con
 213 alineación de párrafo justificado sin espacio entre cada referencia, formato de párrafo con sangría francesa en
 214 1.25 cm. Las referencias deberán seguir un orden alfabético, sin numeración. En el caso de revistas, el número
 215 de volumen deberá ir en negritas, seguido por el número entre paréntesis y después de una ",," las páginas (en el
 216 ejemplo el **68** es el volumen y el número de la revista es el 4), seguido del nombre de la revista en itálicas.

217

218 Auria, R., Frere, G., Morales, M., Acuña, M.E. and Revah, S. (2000) Influence of mixing and water addition on
 219 the removal rate of toluene vapors in a biofilter, *Biotechnology and Bioengineering*, **68**(4), 448-455.

220 Bitton, G. (1994) *Wastewater Microbiology*, Wiley-Liss, New York, 478 pp.

221 Cooper, P.F. (2001) Historical aspects of wastewater treatment, en *Decentralised Sanitation and Reuse*, Lens P.,
 222 Zeeman G. y Lettinga G. editores, IWA Publishing, London, 11-38.

223 García, J. y Romero, H. (1997) El tratamiento de las aguas residuales de ciudades medianas: problemática y
 224 alternativas de solución, en *Memorias Técnicas XI Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y*
 225 *Ciencias Ambientales*, Tomo1, FEMISCA A.C., 4 a 7 de noviembre, Zacatecas Zac. 243-250.

226

227 **Revisores sugeridos:**

228 Enlistar aquí los 3 nombres de los evaluadores que usted considere podrían apoyar en el
 229 proceso de revisión de su trabajo. Incluir institución de adscripción, correo electrónico, área
 230 de especialidad y la razón por la que se recomienda su participación en el proceso de revisión.

3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com os valores obtidos nas análises, pode-se afirmar que a nascente (P1) foi o único ponto estudado que ainda está preservado dos impactos causados pelo desmatamento de sua mata ciliar e dos problemas causados pela ocupação urbana em seu entorno, haja vista que não foram observados efeitos tóxicos aos organismos tanto para as amostras de água, quanto para as de sedimento.

As legislações CONAMA Nº 357/2005 (Brasil, 2005) e CECA/MS Nº 36/0212 (Mato Grosso do Sul, 2012) dispõem que os corpos hídricos classificados como Classe 3 não devem apresentar efeitos tóxicos agudos aos organismos realizados através de ensaios ecotoxicológicos padronizados. Por conta disso e dos resultados obtidos nas análises de qualidade da água, os pontos P2, P3, P4 e P5 avaliados nesse estudo não atendem aos padrões exigidos para a classe na qual encontram-se enquadrados (Classe 3).

Outro fato evidenciado por essa pesquisa é o aporte de metais pesados para o córrego devido ao lançamento de efluentes das indústrias instaladas no Núcleo Industrial, uma vez que os efeitos tóxicos foram mais pronunciados nos pontos que contemplavam essa localidade nas amostras de água e de sedimento. Além disso, boa parte dos poluentes lançados no córrego vão sendo carregados e chegam a causar indícios de toxicidade até próximo à sua foz.

Observou-se, também, a influência da sazonalidade sobre os resultados obtidos, uma vez que as maiores concentrações de metais pesados e os efeitos tóxicos agudos mais pronunciados ocorreram no período seco na água e no sedimento. Por conta disso, levanta-se a hipótese de que a vazão do córrego pode estar sendo insuficiente para diluir os efluentes nele lançados.

Os resultados obtidos nesse estudo poderão subsidiar a elaboração de ações mitigadoras e preventivas de controle ambiental, melhorando a qualidade das águas e do sedimento deste corpo receptor. Recomenda-se que mais testes como, por exemplo, ensaios crônicos e de mutagenicidade ambiental, sejam realizados para avaliar outros possíveis efeitos tóxicos que possam ser causados aos organismos.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGARWAL, A.; SINGH, R.D.; MISHRA, S.K.; BHUNYA; P.K. ANN-based sediment yield river basin models for Vamsadhara (India). **Water SA**, v.31, n.1, p.95–100. 2005.

BIRCH, G.F.; TAYLOR, S.E.; MATTHAI, C. Small-scale spatial and temporal variance in the concentration of heavy metals in aquatic sediments: a review and some new concepts. **Environmental Pollution**, v.113, p.357–372. 2001.

BRASIL. **Resolução CONAMA N° 357, de 17/03/2005**. Brasília, 2005.

BRASIL. **Resolução CONAMA N° 454, de 01/11/2012**. Brasília, 2012.

CACCIA, V.G.; MILLERO, F.J.; PALANQUES, A. The distribution of trace metals in Florida Bay sediments. **Marine Pollution Bulletin**, v.46, p.1420-1433. 2003.

CANLI, M.; ATLI, G. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. **Environmental Pollution**, v.121, p.129–136. 2003.

CARUSO, B.S. Regional river flow, water quality aquatic ecological impacts and recovery from drought. **Hydrological Science Journal**, v.46, p.677-699. 2001.

COUTURE, P.; RAJOTTE, J.W. Morphometric and metabolic indicators of metal stress in wild yellow perch (*Perca flavescens*) from Sudbury, Ontario: a review. **Journal of Environmental Monitoring**, v.5, p.216–221. 2003.

GUEVARA, R.; RIZZO, A.; SANCHEZ, R.; ARRIBÉRE, M. Heavy metal inputs in northern Patagonia lakes from short sediment core analysis. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v.265, p.481–493. 2005.

HELMA, C.; ECKL, P.; GOTTMANN, E.; KASSIE, F.; RODINGER, W.; STEINKELLNER, H.; WINDPASSINGER, C.; SCHULTE-HERMANN, R.;

KNASMUELLER, S. Genotoxic and ecotoxic effects of groundwaters and their relation to routinely measured chemical parameters. **Environmental Science & Technology**, v.32, p.1799–1805. 1998.

HOPE, B.K. An examination of ecological risk assessment and management practices. **Environmental International**, v.32, n.8, p.983–995. 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores Sociais Municipais: Uma Análise dos Resultados do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2011.

MATO GROSSO DO SUL. **Deliberação CECA N° 036, de 27/06/2012**. Campo Grande, 2012.

MDEGELA, R.H.; BRAATHEN, M.; REREKA, A.E.P.; MOSHA, D.; SANDVIK, M.; SKAARE, J.U. Heavy metals and organochlorine residues in water, sediments, and fish in aquatic ecosystems in Urban and Peri-Urban areas in Tanzania. **Water, Air, and Soil Pollution**, v.203, p.369-379. 2009.

PILLSBURY, L.A.; BYRNE, R.H. Spatial and temporal chemical variability in the Hillsborough River system. **Marine Chemistry**, v.104, p.4–16. 2007.

SANEI, H., GOODARZI, F., OUTRIDGE, P.M. Spatial distribution of mercury and other trace elements in recent lake sediments from central Alberta, Canada: An assessment of the regional impact of coal-fired power plants. **International Journal of Coal Geology**, v.82, p.105-115. 2010.

SÖRME, L.; LAGERKVIST, R. Sources of heavy metals in urban wastewater in Stockholm. **Science of the Total Environment**, v.298, n.1, p.131-145. 2002.

SEMADUR - SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO URBANO. **Qualidade das Águas Superficiais de Campo Grande – MS Relatório 2011**. Campo Grande, 2012.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

TEMPLETON, D.M.; ARIESE, F.; CORNELIS, R.; DANIELSSON, L.G.; MUNTAU, H.; VAN LEEUWEN, H.P.; LOBIŃSKI, R. Guidelines for terms related to chemical speciation and fractionation of elements. Definitions, structural aspects, and methodological approaches. **Pure and Applied Chemistry**, v.72, p.1453-1470. 2000.

VANDECASTEEL, B.; QUATAERT, P.; DE VOS, B.; TACK, F.M.G. Assessment of the pollution status of alluvial plains: a case study for the dredged sediment derived soils along the Leie River. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.47, p.14–22. 2004.

XIAO, R., BAI, J., HUANG, L., ZHANG, H., CUI, B., LIU, X. Distribution and pollution, toxicity and risk assessment of heavy metals in sediments from urban and rural rivers of the Pearl River delta in southern China. **Ecotoxicology**, v.22(10), p.1564-1575. 2013.

YIDANA, S.M.; OPHORI, D.; BANOENG-YAKUBO, B. A multivariate statistical analysis of surface water chemistry data - The Ankobra Basin, Ghana. **Journal of Environmental Management**, v.86, n.1, p.80-87. 2008.

YIN, H.; GAO, Y.; FAN, C. Distribution, sources and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments from Lake Taihu, China. **Environmental Research**, v.6, n.4, 044012. 2011.