



AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DO SEDIMENTO DO RIO DOS SINOS UTILIZANDO *EISENIA FOETIDA*

Rosângela Boeck – ro.boeck@hotmail.com.

Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologias Limpas, Universidade Feevale.
R. Arlindo Pasqualini, 103, CEP 93525-070, Vila Nova, Novo Hamburgo, RS.

Cláudia Regina Klauck – claudiark@feevale.br.

Universidade Feevale.

Erlon Diego Lorenz de Oliveira – erlondabio@gmail.com.

Universidade Feevale.

Claudio Marcos Lauer Jr. - claudiomarcos@feevale.br.

Universidade Feevale.

Marco Antônio Siqueira Rodrigues – marcoantonio.marco@gmail.com.

Universidade Feevale.

Resumo: *O Rio dos Sinos tem sérios problemas, que se estendem em toda a sua extensão, devido ao lançamento constante de poluentes. Estes poluentes, acabam se acumulando no sedimento. O objetivo desse trabalho foi avaliar a toxicidade do sedimento do trecho inferior Rio dos Sinos em Eisenia foetida (minhoca). Os ensaios de toxicidade aguda foram realizados no mês de setembro de 2015 com a chegada da primavera, dezembro de 2015, no início do verão e em março de 2016 no início do outono. O teste de toxicidade crônica, ensaio de reprodução, foi realizado em março de 2016. O sedimento foi coletado do Rio dos Sinos em três pontos do seu trecho inferior (Novo Hamburgo, São Leopoldo e Sapucaia). As minhocas (n=10) foram expostas diretamente ao sedimento por um período de 7 e 14 dias (teste agudo) e 28 e 56 dias (teste crônico), sendo avaliado a mortalidade, alterações na biomassa e reprodução. Os ensaios foram conduzidos em triplicatas e manteve-se um grupo controle com solo artificial. Os resultados indicam toxicidade em todos os pontos amostrais e em todos os períodos amostrados. O padrão de toxicidade indica o um efeito cumulativo dos poluentes ao longo do curso do rio. Os resultados obtidos evidenciam a toxicidade do sedimento do Rio dos Sinos nas regiões de trecho inferior.*

Palavras chave: *Toxicidade; Eisenia foetida; sedimento.*



1. INTRODUÇÃO

Um dos recursos hídricos mais degradados da região sul do Brasil é o rio dos Sinos, devido a problemas que se estendem desde as áreas rurais (nascente), até a sua porção inferior, com o lançamento de efluentes industriais, esgotos domésticos sem o devido tratamento, além de resíduo domiciliar (FEPAM, 2015). A utilização constante e prolongada desse recurso hídrico, determinou o seu estado atual de degradação (BLUME, 2010). A liberação constante e prolongada de poluentes no rio dos Sinos gera acúmulo dos mesmos no sedimento, causando diversos problemas por longo período de tempo, mesmo após a fonte poluidora ter sido eliminada.

O sedimento é um dos compartimentos mais importantes dos ecossistemas aquáticos continentais, pois integra todos os processos físico-químicos e biológicos que ocorrem no meio aquático (ESTEVES, 2011). A contaminação nos sedimentos tem efeitos drásticos sobre os ecossistemas aquáticos (SALOMONS, 1987). As espécies químicas provenientes dos poluentes e da alteração das rochas e dos solos, ficam estocadas no sedimento, que funciona como um reservatório de nutrientes para várias espécies que vivem nesse bioma (ESTEVES, 2011). Na maioria dos casos, a concentração dos compostos químicos no sedimento de fundo é significativamente maior do que nos demais compartimentos o que torna o seu monitoramento fundamental (ROBAINA et al. 2002; ESTEVES, 2011).

Entretanto, o monitoramento somente das variáveis físicas e químicas não representa o cenário da qualidade da água e do sedimento de um rio em sua totalidade, pois não fornece informações quanto às possíveis interações/efeitos desta contaminação sobre o meio ambiente. Neste sentido, o monitoramento com organismos vivos possibilita detectar alterações morfológicas e fisiológicas em função da qualidade do ambiente ao qual encontram-se expostos. Estas alterações podem ser utilizadas como indicadores para avaliar o efeito tóxico dos poluentes no ambiente aquático (SILVA, 2004). Para esses fins, as espécies podem ser selecionadas baseando-se na sensibilidade ao contaminante testado ou contido no sedimento, no hábito alimentar, na distribuição geográfica, na relação taxonômica com espécies nativas ou por já existir um procedimento padrão (USEPA, 1994).

Entre os organismos utilizados no monitoramento ambiental, o uso de minhocas da espécie *Eisenia foetida*, se mostra uma excelente alternativa, devido ao baixo custo de criação e manutenção, manejo fácil e rápida taxa de reprodução (OECD, 2004). Uma vez expostas, estas podem absorver os contaminantes por meio de contato direto e passagem pela cutícula (VIJVER et al.; CASTELLANOS & HERNANDEZ, 2007). A partir desse contato, elas podem se intoxicar, morrer, ou sobreviver, incorporar e até bioacumular esses poluentes em seus tecidos (CURRY, 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a toxicidade do sedimento proveniente do trecho inferior do rio dos Sinos em *Eisenia foetida*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos está localizada a nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, no sul do Brasil, e entre as coordenadas geográficas de 29°20' a 30°10' de latitude Sul e 50°15' a 51°20' de longitude Oeste. Como limites, ao norte encontra-se a Serra Geral, onde faz divisa com o curso superior do Rio Caí. O Vale do Caí segue a oeste até o encontro de ambos no Delta do Jacuí. Ao Sul fica a cadeia de morros que faz o divisor de águas do Sinos e do Rio Gravataí, que é outro formador da bacia hidrográfica do Guaíba. A leste fica a cadeia montanhosa onde localizam-se as nascentes do Rio dos Sinos no interior do município de Caraá, a cerca de 600 metros de altitude (COMITESINOS, 2013).

O monitoramento foi realizado no trecho inferior do rio ao qual compreende aproximadamente 50 km, este trecho é caracterizado por declividades suaves, quase nulas ou contra declives, característica de rio de planície, com formação de meandros e zona de sedimentação. O rio

passa neste trecho pelos municípios de Dois Irmãos, Ivoti, Estância Velha, Cachoeirinha, Gravataí, Sapiranga, Campo Bom, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Portão, Capela de Santana, São Sebastião do Caí, Sapucaia do Sul, Esteio, Nova Santa Rita e Canoas, sendo este trecho o mais urbanizado da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

2.2. COLETAS

Para este estudo foram selecionados três pontos de amostragem no trecho inferior Rio dos Sinos, que abrangessem municípios com um elevado contingente populacional: Novo Hamburgo, São Leopoldo e Sapucaia do Sul. Os pontos de coleta foram denominados: Prainha ($29^{\circ}44'15''$ W $51^{\circ}05'26''$) em Novo Hamburgo; João Correia ($S 29^{\circ}45'50''$ W $51^{\circ}10'16''$) em São Leopoldo e Passo da Carioca ($S 29^{\circ}47'56''$ W $51^{\circ}11'24''$) em Sapucaia do Sul. A figura 1 mostra os pontos monitorados na Bacia do Rio do Sinos onde ocorreram as coletas.

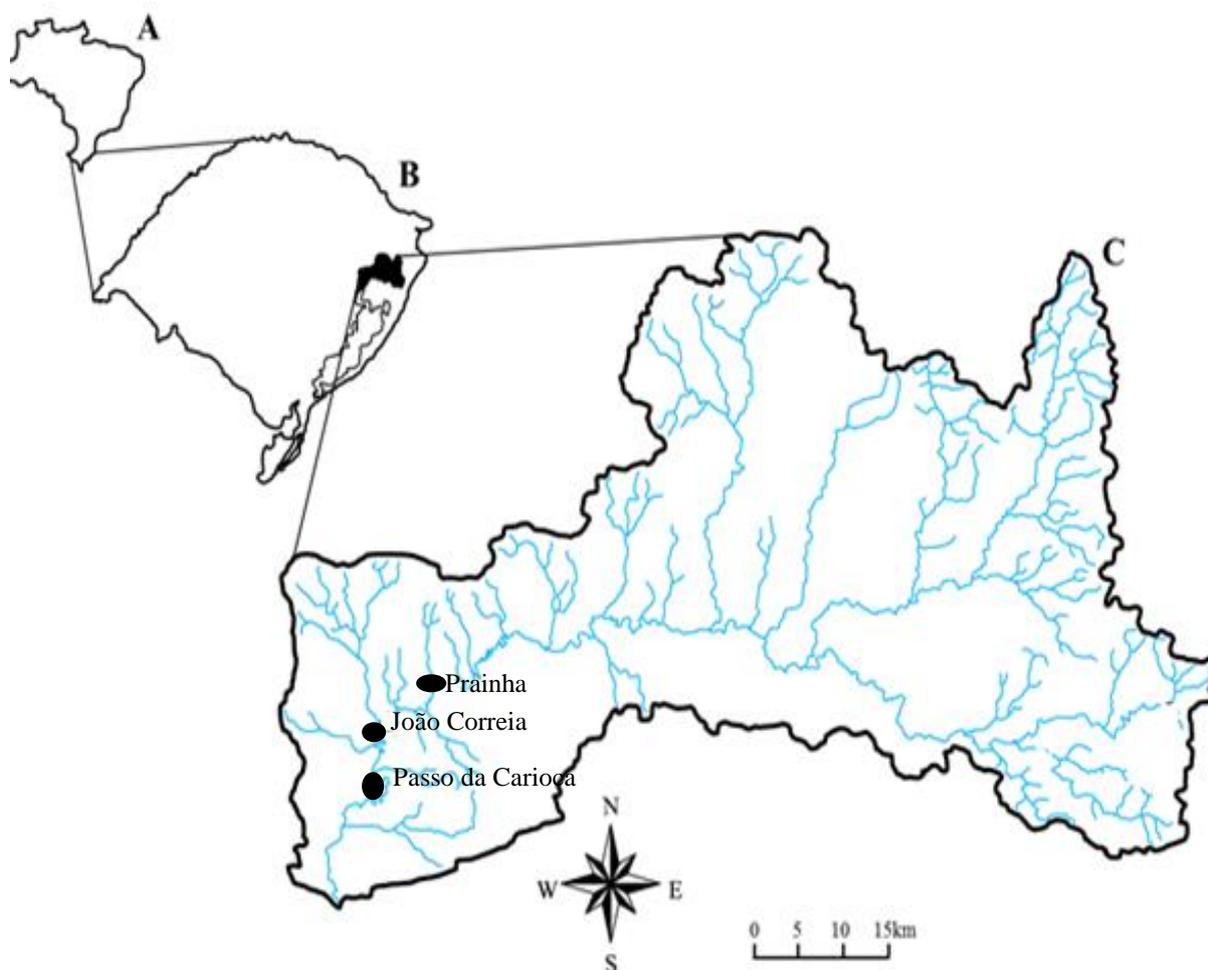


Figura 1: A – Brasil; B – Rio Grande do Sul; C – Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, com pontos de coleta.

As amostras foram coletadas trimestralmente, compreendendo os períodos entre setembro de 2015 e março de 2016, no início de cada estação (primavera, verão e outono), contabilizando um total de 3 amostras para cada ponto. Em cada ponto, aproximadamente 1,5L de sedimento de borda foi



coletado com auxílio de uma pá de plástico com furos para evitar o acúmulo de água na amostra, as amostras foram acondicionadas em frascos de plástico (2L) identificados e conduzidos ao laboratório. Previamente aos ensaios, os recipientes contendo as amostras tiveram o fundo perfurado para o escoamento da água, até atingir umidade entre 50% e 60%.

2.3 TOXICIDADE

Preparo das amostras:

As minhocas utilizadas nos ensaios foram cultivadas no laboratório do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologias Limpas da Universidade Feevale seguindo as normas do protocolo da (OECD/222,2004) para a espécie *Eisenia fetida* (Savigny, 1826).

Foram preparados recipientes com tampa perfurada para permitir a oxigenação com capacidade de 500ml para acondicionar os experimentos, os mesmos foram preenchidos com as amostras e o solo controle. Minhocas adultas com clitelo, foram selecionadas, lavadas com água deionizada e o excesso de água removido, brevemente em papel toalha, pesadas individualmente em balança analítica e distribuídos aleatoriamente em cada grupo. Para o grupo controle foi preparado um solo artificial modificado composto por 70% de areia, 20% de caulim e 10% de pó de turfa de musgo *Sphagnum*, com adição de água deionizada para alcançar a umidade de 40 a 60% e pH 6,5.

Os ensaios realizados foram adaptados de acordo com o protocolo (OECD/207,1984). Cada unidade amostral recebeu 10 indivíduos. Os ensaios foram conduzidos em triplicatas, totalizando-se 120 indivíduos. As amostras foram mantidas em ambiente controlado com temperatura média de 20 °C e fotoperíodo 16 horas de luz e 8 horas de escuro.

2.4 TOXICIDADE AGUDA

Os estudos de toxicidade aguda têm por objetivo caracterizar a relação dose/resposta num curto período de tempo que conduz ao cálculo da DL50. Este parâmetro representa a probabilidade estatística de uma dose causar efeito letal em 50% dos animais de uma população, sendo utilizada para identificar a toxicidade relativa da substância. A CL50 (concentração letal média) é utilizada para testes de letalidade no caso seja por via oral ou dermal (OECD 207 (1984)).

A avaliação de toxicidade aguda foi realizada em todos os períodos monitorados, considerando-se um tempo de exposição de 7 e 14 dias. Após o 7º dia de exposição, os organismos mortos foram retirados e os sobreviventes pesados e mantidos até o 14º dia, quando, então, foram novamente pesados e separados para que o percentual de mortalidade obtido fosse comparado com o controle. Como tempo de duração dos testes de toxicidade aguda é considerável (14 dias), se optou também por pesar os sobreviventes ao fim de realização dos testes.

2.4. TOXICIDADE CRÔNICA

Na amostra coletada no outono, avaliou-se a toxicidade na forma aguda e também crônica, devido ao término do ensaio (14 dias) não ter apresentado toxicidade aguda. Para tanto, optou-se pelo teste de reprodução, sendo que para validá-lo (ISO11268/2, 2012) estabelece-se que no teste controle (referência) tenha no mínimo 30 juvenis em cada replicata. Para o teste de toxicidade crônica (teste de reprodução) os organismos sobreviventes permaneceram nos recipientes até o 28º sendo retirados e novamente pesados. Os casulos resultantes permaneceram nas amostras até o 60º dia do ensaio. Após esse período, os jovens foram contados e comparados ao controle.

2.5. ANALISE ESTATISTICA

Para analisar e discutir os resultados dos testes de toxicidade, as comparações foram feitas considerando as diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) com relação ao grupo controle, através Anova e pos hoc Tukey, no programa estatístico PAST®.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da toxicidade aguda (mortalidade) da coleta realizada no início da primavera, são apresentados na figura 1. De maneira geral, a mortalidade dos indivíduos aumenta com o maior do tempo de exposição, para todos os pontos investigados. Observa-se também uma maior mortalidade de indivíduos no sentido da foz do Rio dos Sinos. Importante salientar que neste sentido ocorre também o aumento populacional e existe um maior volume de efluentes industriais lançado nesta porção do Rio.

Na amostra Prainha, localizada no município de Novo Hamburgo, o sedimento não apresentou toxicidade aguda e o percentual de sobrevivência foi de 86% dos organismos.

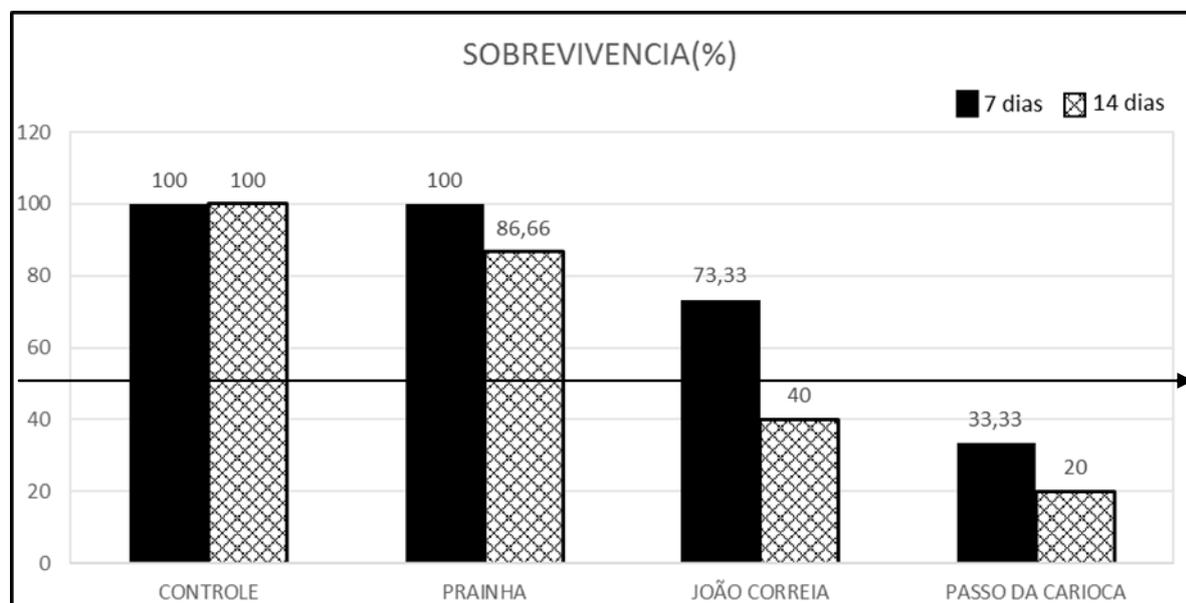


Figura 2 - percentual de sobrevivência após 7 e 14 dias de exposição. Amostra do mês de setembro de 2015.

Entretanto, os pontos João Correia e Passo da Carioca, localizados nos municípios de São Leopoldo e Sapucaia, apresentaram toxicidade aguda aos 14 dias de exposição, com sobrevivência de 40% e 20% respectivamente, o delineamento para determinar a concentração suficiente para dizimar 50% dos organismos-teste (CL50). Essa concentração é estimada pela exposição de uma série de concentrações de uma solução e as respostas dos organismos são observadas (OECD/2007,1985).

A diminuição do peso corporal dos grupos expostos pode indicar um efeito sub-letal. Diversos autores ressaltam que este efeito pode ser atribuído exposição a sedimentos e solos contaminados com poluentes, tais como metais e hidrocarbonetos (NAVARRETE et al., 2006; SPURGEON et al., 1994; SHIN E KIM, 2001). Neste sentido, foi avaliado à variação de peso dos organismos expostos. Os valores são apresentados na figura 3. Pode-se observar que no ponto Controle e Prainha, ocorreu um aumento de peso quando comparado ao inicial. Já para o ponto João Correia os indivíduos perderam peso em comparação com seu peso inicial, enquanto que o grupo Passo da Carioca oscilou com a perda de peso até os 7 dias e ganho de peso até os 14 dias.

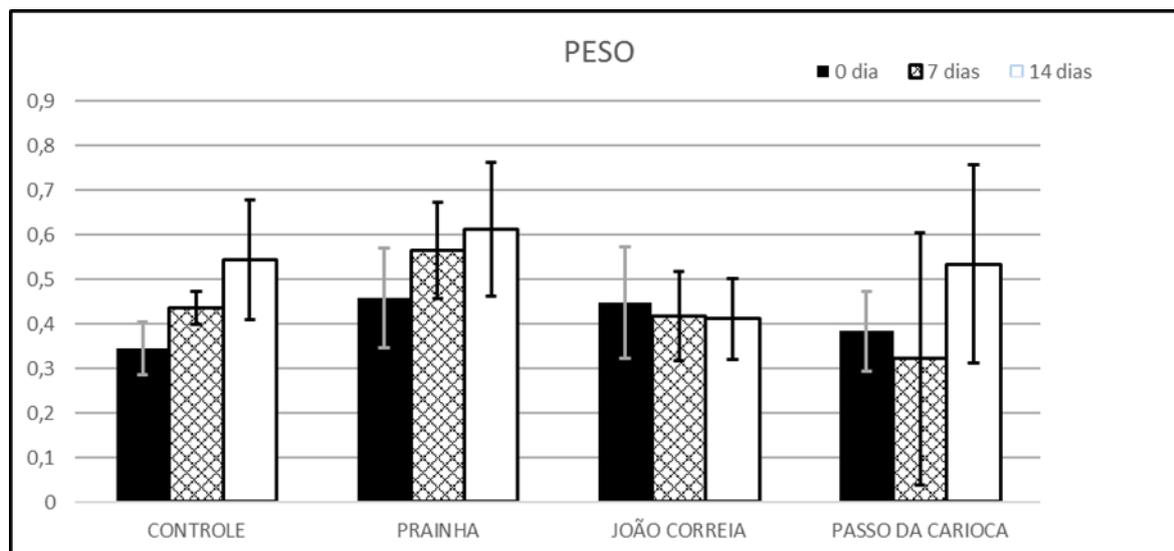


Figura 3 - variação percentual de peso após 7 e 14 dias de exposição. Amostra do mês setembro de 2015.

Este resultado indica o estado de degradação deste ponto do Rio. Esta degradação pode ser devido ao lançamento de efluentes domésticos sem tratamento e ainda o lançamento de efluentes industriais. Importante salientar que nesta região está instalado um grande parque industrial do Sul do Brasil.

Na coleta que ocorreu no verão, os resultados para mortalidade apresentados na tabela 3 e demonstram que todos os pontos amostrais apresentaram toxicidade aguda aos 7 dias de exposição (tabela 3). O percentual de sobrevivência foi de 20% no ponto amostral Prainha, de 26,67% no ponto amostral João Correia e no ponto amostral Passo da Carioca foi de 3,33%.

Comparando os dados da figura 2 com a figura 4 pode-se observar um aumento na toxicidade do sedimento no segundo período de coleta para o primeiro. Neste período, o ponto amostral Prainha passou a apresentar toxicidade aguda, e os demais pontos, que já apresentavam toxicidade, tiveram o seu quadro agravado. O ponto amostral João Correia, que já apresentava toxicidade aos 14 dias, no ensaio anterior, apresentou toxicidade desde os 7 dias neste período. No ponto Passo da Carioca a mortalidade dos indivíduos também aumentou nesta estação. Os ensaios realizados no mês de dezembro coincidiram com o início do verão, onde o volume de precipitação foi menor, a vazão do rio diminuiu e os poluentes tendem a se concentrar em maior quantidade no sedimento

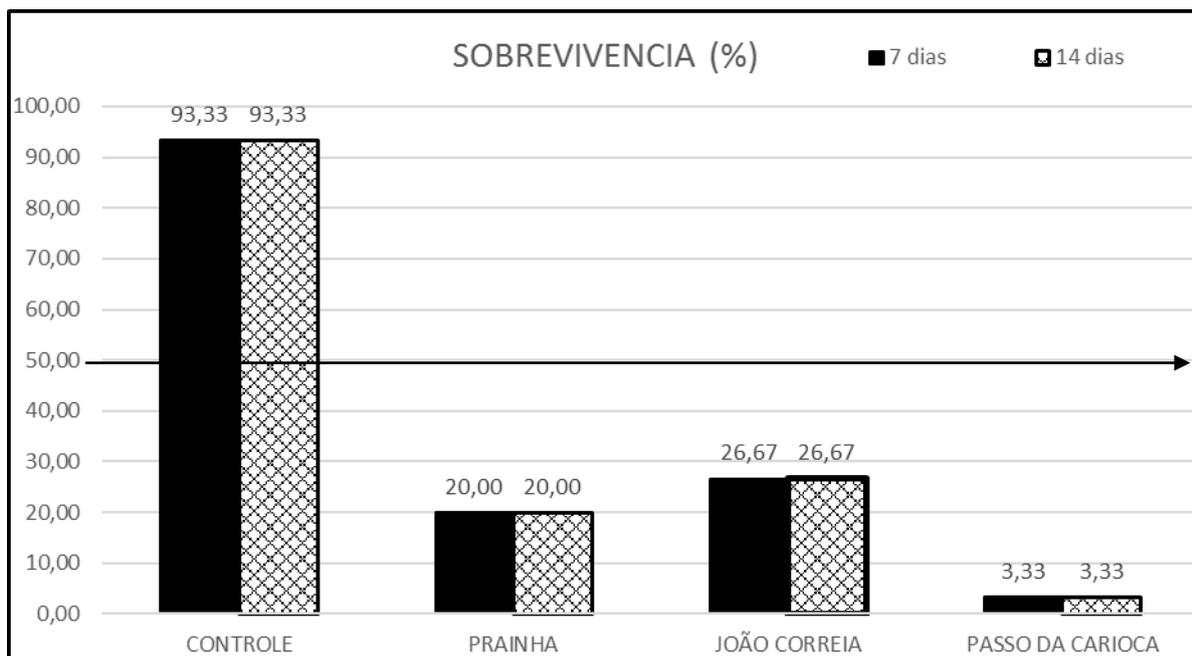
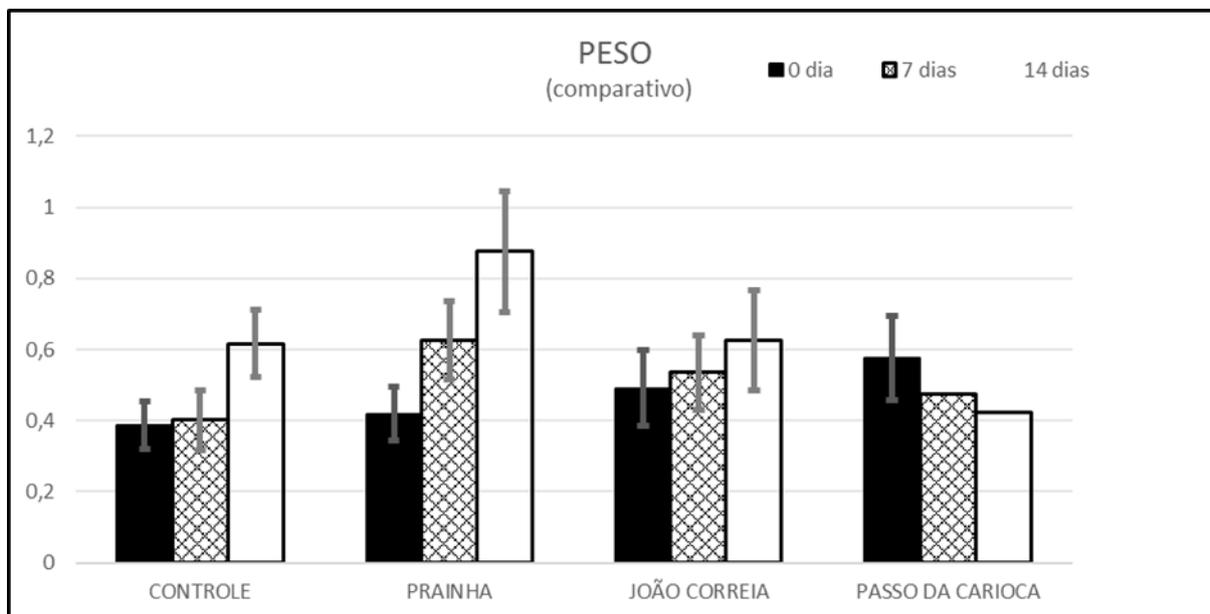


Figura 4 – Apresenta o percentual de sobrevivência após 7 e 14 dias de exposição. Amostra do mês de dezembro 2015.

Quanto a variação na biomassa na coleta de dezembro de 2015 (tabela 4), o grupo controle, Prainha e do grupo João Correia, tiveram aumento de peso, comparando peso inicial com o peso final, já o grupo Passo da Carioca, apresentou uma diminuição no peso, atribuído ao baixo número de indivíduos sobreviventes. Após 14 dias, o grupo Prainha apresentou um aumento significativo ($p < 0,05$) de peso comparando-se com o seu valor inicial e também relação ao controle.



(valores com * indicam diferença estatisticamente significativa $p < 0,05$).

Os resultados dos ensaios de toxicidade aguda para a coleta realizada no outono são apresentados na figura 6. Os valores indicam ausência de toxicidade aguda no período avaliado



independente do ponto amostrado. Após 7 e 14 dias de exposição, o percentual de sobrevivência manteve-se superior a 96,7%. Ao final do experimento no 28º dia, houve uma queda no percentual de sobrevivência nos pontos amostrais Prainha e Passo da Carioca com 83,3% e 90% respectivamente, enquanto que os grupos controle e João Correia se mantiveram estáveis. Vale resaltar que no mês de março de 2016, houve um maior volume de precipitação na região, o acúmulo de água da chuva foi de 300mm (IMNET, 2016), sendo que a estimativa para este mês seria de apenas 100mm.

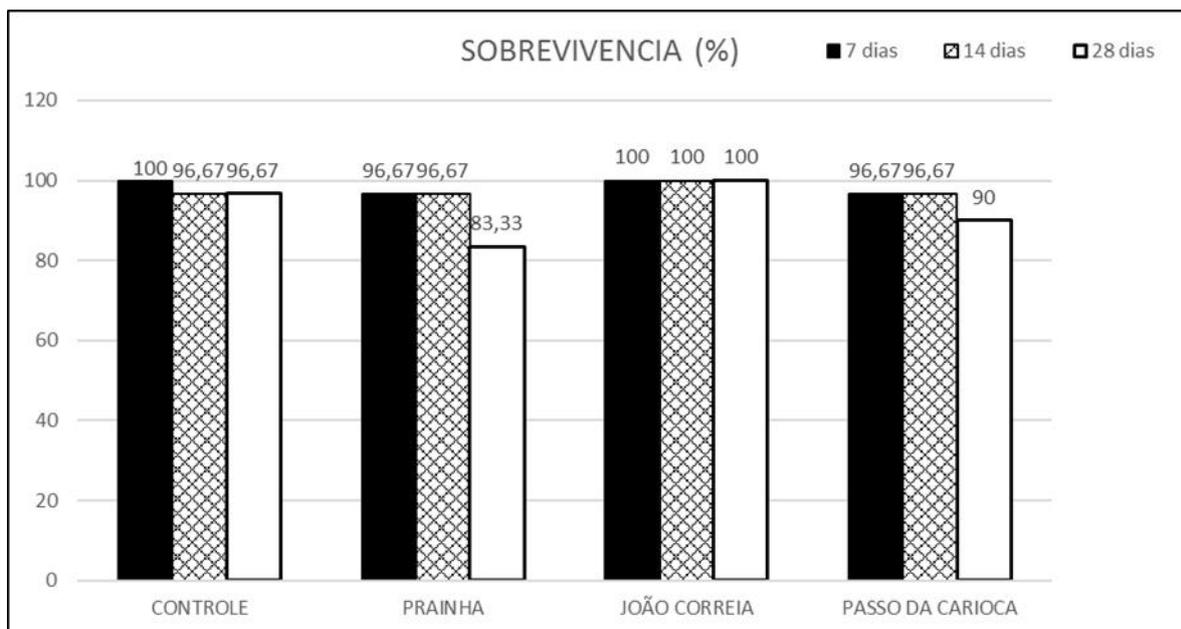


Figura 6 – Apresenta o percentual de sobrevivência após 7, 14 e 28 dias de exposição. Amostra do mês de março de 2016.

Os resultados apresentados na figura 7, mostram a variação de peso no período. O peso do grupo controle manteve-se estável até ao 14º dia de exposição, com uma queda dos 14 aos 28 dias. Já os grupos expostos aos pontos Prainha, João Correia e Passo da Carioca apresentaram aumento de peso nos primeiros 7 dias e, após o 7º, 14º e o 28º dia, os organismos perderam peso para todos os pontos amostrados.

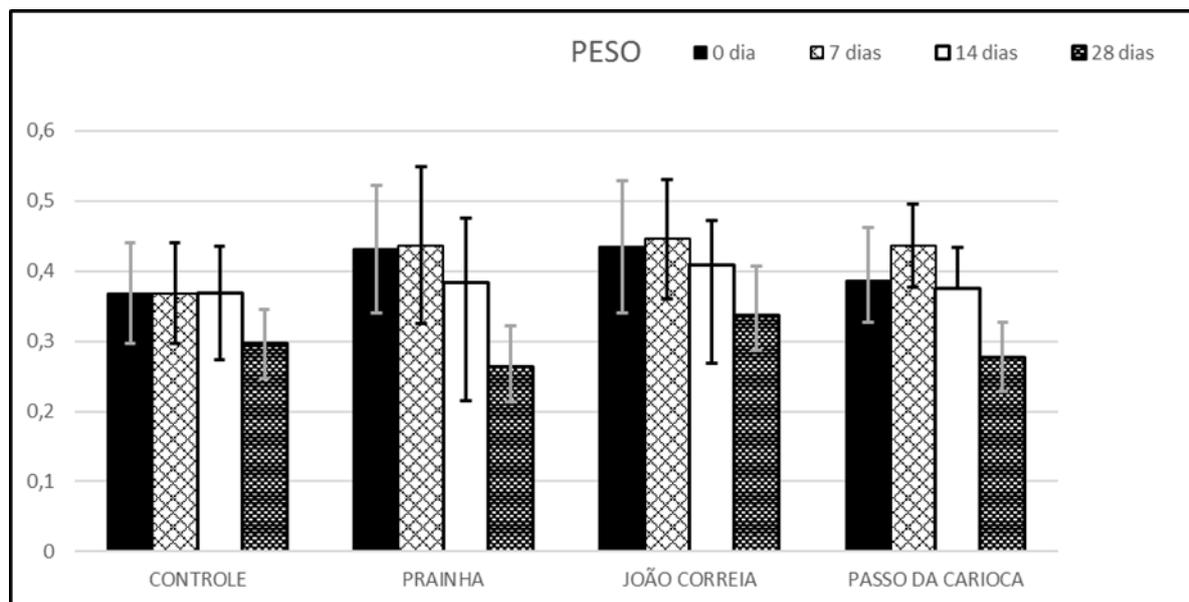


Figura 7 – Apresenta a variação de peso aos 07, 14 e aos 28 dias. Amostra do mês de março de 2016.

O ensaio neste período contou com um tempo de exposição maior e é possível observar perda de biomassa significativa em todos os grupos, inclusive no controle, após o 28º dia. A diminuição na biomassa pode ocorrer por estresse químico e ser agravada pela quantidade de nutrientes disponíveis no meio, os contaminantes podem afetar quimicamente a dinâmica de obtenção de energia para o ser vivo e inibir seu crescimento. As minhocas usam uma estratégia de redução de ingestão de alimentos visando evitar as toxinas dos poluentes, esta estratégia é comumente usada pelas minhocas para evitar o envenenamento com metais e produtos químicos orgânicos (SHI et al, 2014).

Para o ensaio de reprodução a ISO11268/2 (2012) estabelece como parâmetro de validação a presença de no mínimo 30 juvenis em cada réplica do grupo controle. Os dados quanto ao ensaio de reprodução são apresentados na tabela 1. A reprodução da espécie foi sensível às concentrações dos contaminantes no sedimento. Após 58 dias de ensaio, foram contabilizados, no grupo controle 158 indivíduos juvenis, no grupo Prainha 21 indivíduos, no grupo João Correia não foram encontrados organismos jovens nem casulos, o que indica que as minhocas não se reproduziram, já no ponto amostral Passo da Carioca, foram encontrados 4 indivíduos juvenis.

Tabela 1- Apresenta o Nº de juvenis nascidos durante o teste crônico para cada um dos pontos amostrados. Coleta mês de março 2016.

Pontos amostrais	Nº de juvenis
Controle	128
Prainha	21
João Correia	0
Passo da Carioca	4

O padrão de toxicidade obtido neste trabalho, evidencia o efeito cumulativo dos poluentes no sedimento e este efeito varia conforme o volume de precipitações do período. A poluição dos sedimentos está intimamente ligada com a poluição das águas e tem origem em diversas fontes. (HORTELLANI et al, 2008). A modificação dos ecossistemas aquáticos pelas atividades humanas tem causado um decréscimo na qualidade da água e na diversidade biológica dos ecossistemas. (GOULART & CALLISTO, 2003; TEJERINA-GARRO et al., 2005).



Como os sedimentos são levados pelos rios para outro curso de água, as análises dos sedimentos em vários pontos de uma região de interesse servem para rastrear fontes de contaminação ou monitorar esses contaminantes (HORTELLANI et al, 2008). Todos pontos de coleta amostrados localizam-se no trecho inferior da bacia do Rio dos Sinos, o local apresenta um elevado aglomerado populacional, predominantemente urbano no entorno, com mais de 1 milhão de habitantes. O índice populacional atendido pelas redes de esgoto é de apenas 5%. Estes índices refletem a precária situação do saneamento básico junto à região do Vale do Sinos (OLIVEIRA, 2013). Além dos efluentes domésticos, também há de se considerar o lançamento de efluentes industriais sem tratamento ou com tratamento precário, na bacia hidrográfica. Neste caso, o sedimento pode atuar registrando a poluição ocorrida nos dias anteriores (ESTEVEES, 1998). Neste contexto, a importância do sedimento como indicador do nível de poluição torna-se ainda mais relevante.

Diante do exposto, pode-se destacar que outros estudos realizados anteriormente (Terra, et.al., 2013; Terra, et al,2007) obtiveram resultados semelhantes utilizando *Daphnia magna* como bioindicador para toxicidade do sedimento.

Observa-se que os efeitos à biota aqui demonstrados deveriam ser evitados com ações de preservação, investimentos em saúde ambiental e saneamento básico, de modo que assegure tanto aos corpos hídricos quanto à população água e alimento com qualidade compatíveis com a necessidade dos organismos vivos, incluindo o homem.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho evidenciam a toxicidade do sedimento dos pontos amostrais Prainha – Novo Hamburgo, João Correia – São Leopoldo e Passo da Carioca – Sapucaia, estes pontos amostrais fazem parte do trecho inferior da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos. O padrão de toxicidade indica o que o sedimento em todos os pontos possui toxicidade aguda em pelo menos algum dos períodos monitorados e também toxicidade crônica.

O sedimento tem grande importância sobre a biota aquática atuando como ambiente que influencia na cadeia alimentar e na qualidade da água, portanto, seu monitoramento, torna-se indispensável para avaliar as águas e os sedimentos de uma bacia hidrográfica.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CNPQ, FAPERGS e CAPES.

6. REFERÊNCIAS

Livros

- BURATINI, S.V. & BRANDELLI, A. **Bioacumulação**. In: Ecotoxicologia aquática: Princípios e Aplicações. Zagatto P. A & Bertoletti, E. (eds). São Carlos: Rima. 478 p, 2006.
- ESTEVEES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia** - Editora: Interciencia, 3ª Ed. 2011.
- CURRY, J. P. **Factors affecting the abundance of earthworms in soils**. Pp. 91-113. In: C. A. Edwards (Ed.). Earthworm ecology. 2 nd Ed. CRC Press, Boca Raton, 2004.

Periódico

- ABNT - NBR 15537-1. Ecotoxicologia terrestre - Ecotoxicidade aguda - Método de ensaio com minhocas. Brasil. 2007
- OECD Guideline for Testing of Chemicals. Earthworm, Acute Toxicity Tests. 207 Adopted: 4 April 1984.
- OECD Guidelines for the Testing of Chemicals. Earthworm Reproduction Test (*Eisenia foedita* / *Eisenia andrei*). 222. Adopted: April 2004.



USEPA - Unidet States Environmental Protection Agency USEPA/600/R-94/124. Methods for measuring the toxicity and bioaccumulation of sediment associated contaminants with freshwater invertebrates. 2 ed. Washington. D.C., 133p, 1994.

Artigo de periódico

BLUME, K.K., MACEDO, J.C., MENEGUZZI, A., SILVA, L.B., QUEVEDO, D.M., & RODRIGUES, M.A.S. Water quality assessment of the Sinos River, Southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 70 (4, Suppl.), 1185-1193, 2010.

FURTADO, A. L. S.; CASPER, P.; ESTEVES, F. A. Methanogenesis in an impacted and two dystrophic coastal lagoons (Macaé, Brazil). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, p. 195-20, 2002.

GOULART, M. and CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista FAPAM**, vol. 2, p. 152-164, 2003.

HORTELLANI, M. A.; SARKIS, J. E. S.; A, D. M. S.; SOUSA, E. C. P. M. Avaliação da Contaminação por Elementos Metálicos dos Sedimentos do Estuário Santos – São Vicente. **Química Nova**, Vol. 31, No. 1, 10-19, 2008.

NAVARRETE, A.A., ANGELIS, D.F., NECCHI JR., O., FURLAN, L.T., GONÇALVES, R.A. Alterações químicas e toxicológicas do solo de landfarming de refinaria de petróleo enriquecido com comunidades de algas, In: 19ª Reunião Anual do Instituto Biológico, São Paulo (SP), **Editores IB**, v. 68, pp.321-324, 2006.

OLIVEIRA, L. A. de; HENKES, J. A. Poluição hídrica: poluição industrial no Rio dos Sinos-RS. **Gestão e Sustentabilidade ambiental**. Florianópolis, v.2, n.1, p. 186 -221, 2013.

ROBAINA, L. E.; FORMOSO, M. L. L.; PIRES, C. A. F. Metais pesados nos sedimentos de corrente, como indicadores de risco ambiental - Vale do Rio Sinos, RS. **Revista do Instituto Geológico**, v. 23, n. 2, p. 35-47, 2002.

SALOMONS, W.; ROOIJ, N. M. de; KERDIJK, H. et. Al. Sediments as a source for contaminants? **Hidrobiologia**, v.149, p. 13 – 30, 1987.

SPIPKI, F.R. and TUNDISI, J.G. Priority targets for environmental research in the Sinos River basin. **Brazil Biology of Journal**. vol.70, no. 4, p. 1245-1247, 2010.

TEJERINA-GARRO, FL., MALDONADO, M., IBAÑEZ, C., PONT, D., ROSET, N. and OBERDORFF, T., 2005. Effects of natural and anthropogenic environmental changes on riverine fish assemblages: a framework for ecological assessment of rivers. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, vol. 48, p. 91-108.

WHITE, P.A.; RASMUSSEN, J.B. The genotoxic hazardous of domestic wastes in complex mixtures. **Mutation Research**, v.515, p.85-98, 2002.

SHIN, K.; KIM, K. Ecotoxicity monitoring of hydrocarbon-contaminated soil using earthworm (*Eisenia foetida*). **Environmental Monitoring and Assessment, Bengal**, v.70, 90-103, 2001.

SPURGEON, D.J.; HOPKIN, S.P.; JONES, D.T. Effects of cadmium, copper, lead and zinc on growth, reproduction and survival of the earthworm *Eisenia foetida* (Savigny): assessing the environmental impact of point-source metal contamination in terrestrial ecosystems. **Environmental Pollution, The Netherlands**. V.84, 123-130, 1994.

VIJVER, M. G., J. P. M. VINK, C. J. H. MIERMANS & C. A. M. Van Gestel. Oral sealing using glue: a new method to distinguish between intestinal and dermal uptake of metals in earthworms. **Soil Biology and Biochemistry**. 35: 125-132, 2003.

CASTELLANOS, L. R. & J. C. A. HERNANDEZ. Earthworm biomarkers of pesticide contamination: Current status and perspectives. **Journal of Pesticide Science**. 32: 360-371, 2007.



Monografia, dissertação e tese

MÜLLER, J. B. **Avaliação da toxicidade da fração solúvel em água do biodiesel, diesel e da mistura binária diesel/biodiesel de 5% (B5)**. 2011. 112f. 72 Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

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

Internet

FEPAM-RS. **Qualidade Ambiental** – Região hidrográfica do Guaíba. Disponível em:<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_sinos/sinos.asp> Acesso em: 25 março. 2016.