

Avaliação dos níveis de metais pesados no pantanal dos Marimbus, Bahia, Brasil

Evaluation of heavy metals in levels of wetland Marimbus, Bahia, Brazil

Adriano Cosme Pereira Lima¹, Flavio França^{1*}, Taíse Bomfim de Jesus¹

RESUMO

A concentração de metais pesados zinco (Zn), chumbo (Pb), cromo (Cr), níquel (Ni), cobre (Cu) e cádmio (Cd) tem aumentado nos últimos anos nos compartimentos aquáticos em função do uso indiscriminado de fertilizantes na agricultura, da falta de saneamento e do descarte de resíduos industriais não tratados. O objetivo deste trabalho foi investigar a disponibilidade dos metais pesados nas águas e em *Salvinia auriculata* Aubl. das áreas alagadas dos Marimbus, Bahia. As amostras foram submetidas à digestão ácida (HNO₃, HClO₄) e as análises dos metais pesados utilizaram um aparelho de absorção atômica de chama ar-acetileno. Nas águas, foram detectados teores de chumbo e zinco com valores dentro dos limites permissíveis para águas de classe 1, conforme Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005). Em *S. auriculata*, observou-se acumulação de concentração de metais na seguinte ordem Zn>Cr>Pb>Ni>Cu. Conclui-se que a presença da *S. auriculata* nos corpos hídricos funciona como importante removedor de metais pesados e sua presença nos ambientes aquáticos é extremamente relevante para permitir os diversos usos que esse espaço proporciona.

Palavras-chave: chumbo; zinco; cádmio; cobre; níquel; cromo; *Salvinia auriculata*.

ABSTRACT

In recent years, concentration of heavy metals like zinc (Zn), lead (Pb), chromium (Cr), nickel (Ni), copper (Cu) and cadmium (Cd) has increased over the past years in water bodies due to indiscriminate use of fertilizers in agriculture, lack of sanitation and irregular disposal of untreated industrial waste. The main goal of this study was to investigate the presence of heavy metals in the water and in the *Salvinia auriculata* Aubl. found in flooded areas of Marimbus, Bahia. The samples were subjected to acid digestion (HNO₃, HClO₄) and the analyses of heavy metals used an air-acetylene flame atomic absorption spectrometer. The detected levels of lead and zinc found in the water samples were within the limits set for water class 01 by CONAMA no. 357/2005 (BRASIL, 2005). An accumulation of metal concentration in the order of Zn>Cr>Pb>Ni>Cu was observed in *S. auriculata*. Thus, the presence of *S. auriculata* in water bodies serves as an important remover of heavy metals and their presence in aquatic environments is extremely important to allow the various uses such environments may provide.

Keywords: lead; zinc; cadmium; copper; nickel; chromium; *Salvinia auriculata*.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os ambientes aquáticos têm dado sinal de esgotamento na qualidade e na quantidade de água, apesar de haver registros sobre essas mudanças resultarem de problemas naturais como inundações, secas, intemperismos e erosões. Contudo, rios, lagos, represas, áreas alagadas ou pântanos têm sido as áreas mais comprometidas por atividades antrópicas tais como: falta de saneamento urbano e industrial, destruição das matas ciliares, além da expansão das atividades agropastoris com o uso intensivo de fertilizantes, herbicidas e fungicidas (HADAD *et al.*, 2011; BARBOSA *et al.*, 2012; ALVES; TERESA; NABOUT, 2014; OLIVEIRA; NOGUEIRA; SARTORI, 2014). Essas atividades produzem e favorecem o escoamento de águas não tratadas com substâncias químicas como os metais zinco (Zn), chumbo (Pb),

cromo (Cr), níquel (Ni), cobre (Cu) e cádmio (Cd), considerados os contaminantes mais encontrados em águas residuais, os quais retornam aos ecossistemas aquáticos e interagem com a água e a biota, sendo capazes de alcançar diferentes extensões por longos períodos, afetando toda a biodiversidade (STEINKE & SAITO, 2008; ESPINOZA-QUIÑONES *et al.*, 2009; TALLINI, 2010; PIRES DO RIO, 2011; ALI; KHAN; SAJAD, 2013). Os ambientes léticos são mais vulneráveis a problemas de poluição da água devido à baixa capacidade de dispersão dos poluentes e à dificuldade de autopurificação (RAI, 2010). Geralmente as águas apresentam baixas concentrações de metais pesados, pois estes podem ser adsorvidos pela matéria orgânica em suspensão e por plantas aquáticas ou depositados no fundo nos sedimentos (SILVA, 2008; CUI *et al.*, 2011; BARBOSA *et al.*, 2012; KUHLMANN *et al.*, 2014).

¹Universidade Estadual de Feira de Santana - Feira de Santana (BA), Brasil.

*Autor correspondente: franca.flavio@gmail.com

Recebido: 20/05/2016 - Aceito: 28/03/2017 - Reg. ABES: 164218

No Brasil, existe como legislação a Resolução CONAMA nº 357/2005, que classifica os corpos hídricos em diferentes classes com base em parâmetros físico-químico e biológicos, incluindo metais pesados (BRASIL, 2005). Tais parâmetros são utilizados para avaliação de corpos aquáticos (cf. SANTOS; LENZI; COELHO, 2008; ALVES *et al.*, 2010).

Espécies de plantas aquáticas são conhecidas por produzirem grandes quantidades de biomassa vegetal, principalmente em ambientes lênticos (Quadro 1).

Entre elas, encontram-se as macrófitas aquáticas *S. auriculata*, espécie de hábito livre, flutuante com destaque na elevada capacidade de remover e acumular diferentes elementos químicos (SOARES *et al.*, 2008; WOLFF *et al.*, 2009; BIZZO *et al.*, 2014).

Segundo Coelho, Lopes e Sperber (2005) a referida espécie atua de forma excelente no tratamento de ambientes contaminados por metais pesados, por serem capazes de suportar variações climáticas em estações de secas ou cheias, garantindo assim sua persistência no ambiente.

O Pantanal dos Marimbus é formado por ambientes lênticos e situa-se à leste do Parque Nacional da Chapada Diamantina, na Área de Proteção Ambiental Marimbus-Iraquara, alimentado pelos rios Santo Antônio e Utinga, ambos pertencentes à bacia do Rio Paraguaçu. Essa região encontra-se entre as coordenadas geográficas 12°39'13,51" - 12°46'48,88" S e 41°17'0,4" - 41°21'25" W cobrindo uma área de 11.103 ha, sujeita a inundações periódicas, com profundidades que variam de 2,6 m no período seco a 4,0 m na cheia (FUNCH, 2002). Predominam na região os climas subúmido a seco com temperaturas médias anuais em torno de 24,2°C e pluviosidade média anual de 1.049 mm, com maior intensidade pluviométrica nos meses de novembro a maio e mínima entre

os meses de junho a outubro (SANTOS & CARAMASCHI, 2008; FRANÇA *et al.*, 2010). A morfologia da área apresenta-se topograficamente montanhosa, tendo como características físico-químicas das águas resultados das interações geológicas e biológicas provenientes dos rios que se comunicam. O entorno da área apresenta-se coberto por vegetação herbácea, arbusto e árvores e seu espelho d'água constitui uma riqueza de plantas aquáticas, destacando-se as macrófitas da espécie *Salvinia auriculata*. Essa espécie, descrita por Aubl, atualmente pertence à ordem Salviniales, família Salviniaceae e possui um único gênero: a *Salvinia*. É uma espécie que habita lugares de ambientes lênticos como lagos, lagoas, brejos, pantanais e áreas alagadas. O presente estudo escolheu essa espécie por apresentar grande biomassa vegetal na superfície d'água em toda a extensão do manancial hídrico, que há décadas foi explorada pelo garimpo de diamante. O Pantanal dos Marimbus encontra-se a 8 km do centro da cidade de Andaraí e atualmente tornou-se área de proteção ambiental e fonte turística devido às suas belezas naturais.

Os Marimbus são considerados ricos em sua biodiversidade, por constituírem um banco de recursos para estudos em diversas áreas de conhecimento (*e.g.*, botânica, zoologia, ecologia, genética etc.). No entanto, devido à virtual inexistência de pesquisas sobre a concentração de metais pesados nesse ambiente, este trabalho teve como objetivo avaliar o nível de concentração de Zn, Pb, Cr, Ni, Cu e Cd nas águas e em *S. auriculata* do Pantanal dos Marimbus, Bahia, Brasil.

METODOLOGIA

Área de estudo

Para avaliar a concentração dos metais pesados nos diferentes compartimentos ambientais, foram escolhidos três pontos de coletas:

- Ponto 1: localizado entre as coordenadas geográficas 12°45'51,8" S e 41°18'37,7" W com altitude de 390 metros. Nesse local de coleta, observou-se a presença de vegetação nativa do tipo florestas e caatinga além da exploração de atividades agrícolas em seu entorno. Esse lugar serve de ponto de ancoradouro de barcos e apoio de passeios turísticos;
- Ponto 2: localizado entre as coordenadas geográficas 12°44'57,6" S e 41°17'50,3" W e com altitude de 336 metros. Encontra-se próximo de área de atividades agrícola e pecuária, apresentando pouca vegetação, além da presença de tubulações de bombas para captação de água para uso na agricultura, na dessedentação de animais e no abastecimento doméstico;
- Ponto 3: situado nas coordenadas geográficas 12°45'0,9" S e 41°16'59,8" W e com altitude de 334 metros. Encontra-se com pouca vegetação em seu entorno e em áreas ocupadas por atividades agrícolas e pastoreio de animais (Figura 1).

Quadro 1 - Diversidade de macrófitas aquáticas presentes em ambientes lênticos.

Autores	Local	Macrófitas
De Jesus <i>et al.</i> (2015)	Lagoa do Subaé - Feira de Santana, Bahia, Brasil.	<i>Typha dominguensis</i> , <i>Acroceras zizanioides</i> , <i>Nymphaea lingulata</i> .
Mishra e Tripathi (2008)	Lake Govind Ballabh Pant GBP Sagar, Asia	<i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Pistia stratiotes</i> , <i>Lemna minor</i> .
Pio <i>et al.</i> (2013)	Área inundada no polo industrial de Manaus	<i>Lemna aequinoctialis</i>
Soares (2006)	Represa do município de Viçosa, Minas Gerais.	<i>Salvinia auriculata</i> Aubl., <i>Pistia stratiotes</i> L., <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart)
Martins <i>et al.</i> (2003)	Reservatório Americana, São Paulo	<i>Salvinia auriculata</i> , <i>Pistia stratiotes</i> , <i>Eichhornia crassipes</i>
Valitutto (2004)	Reservatório Barra do Piraí, Rio de Janeiro	<i>Salvinia auriculata</i> , <i>Pistia stratiotes</i> , <i>Eichhornia crassipes</i>
Lima, França, De Jesus (2014)	Pantanal do Marimbus, Bahia	<i>Cabomba caroliniana</i>

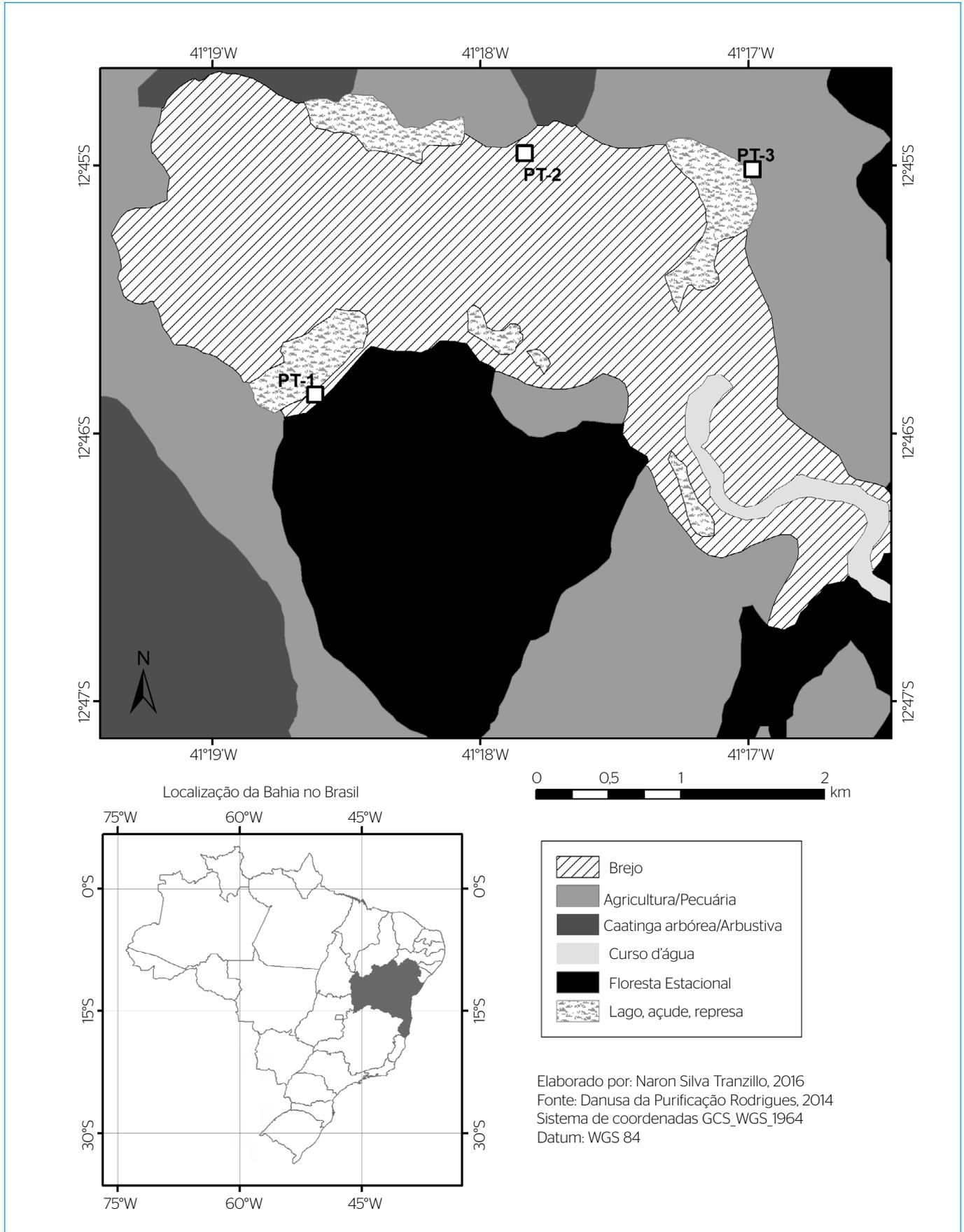


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo e pontos de coletas de amostras de água e *Salvinia auriculata* no Pantanal dos Marimbus, Bahia, Brasil.

O local de estudo foi escolhido por ter sido uma área explorada durante muitos anos em busca por diamante e apresentar grande quantidade de biomassa vegetal no espelho d'água. Além disso, ele é intensamente utilizado para fins de lazer e turismo, tornando essas informações essenciais para a manutenção da economia da região.

Foram realizadas quatro coletas nos três pontos, sendo duas durante o período seco (setembro de 2013 e 2014) com nível de água baixo e duas no período chuvoso (novembro de 2013 e maio de 2014) coincidindo com as cheias das trovoadas e início das chuvas de inverno.

A água superficial foi coletada com aproximadamente 20 cm de profundidade com o auxílio de garrafas com capacidade de 1.000 mL. Após a coleta, foram adicionados 5,0 mL de ácido nítrico (HNO_3) a 50%. Em laboratório, foram retiradas alíquotas de 125 mL de amostras e pré-concentradas com 0,5 mL de HNO_3 e 2,0 mL de ácido clorídrico (HCl), ambos a 50%. Em seguida, foram submetidas a uma temperatura de 80°C em chapa aquecedora para permitir a decomposição biológica e a disponibilidade dos metais para a análise de fração total de Zn, Pb, Cr, Ni, Cu e Cd até atingir o volume final de 25 mL. As coletas, preservação e análises foram baseadas no livro *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998). Os resultados das amostras de água foram comparados com base na Resolução Conama nº 357/2005 (BRASIL, 2005).

As amostras de *S. auriculata* foram coletadas manualmente e armazenadas em sacos plásticos perfurados para o escoamento. Em laboratório, foram inicialmente lavadas em água corrente para a eliminação de detritos e matéria orgânica. Após a lavagem, foram colocadas para secar em ambiente natural. Em seguida, as amostras foram submetidas à estufa de circulação de ar a 65°C por 48 horas. Após esse período, todo o material foi triturado em moinho do tipo IKA A11 basic S32, não sendo separados por partes; em seguida foi peneirado em malha de 2,0 mm e pesado 0,5 g de amostra de cada ponto. Foram adicionados às amostras 8,0 mL de uma mistura ácida composta de ($\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$) na proporção de 3:1, mantidas em repouso por 3 a 4 horas e em seguida submetidas à digestão em temperatura até 120°C. Os procedimentos analíticos foram baseados na metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2009).

Após o processo de digestão, todas as amostras foram filtradas em papel de filtro de 0,45 mm, e o volume final foi completado com água ultrapura e armazenado em balões volumétricos de 50 mL para amostras de água e de 25 mL para amostras de *S. auriculata* para posterior análise.

As concentrações de metais pesados Zn, Pb, Cr, Ni, Cu e Cd em água e *S. auriculata*, foram determinados por espectrometria de absorção atômica de chama (FAAS) da marca Avanta GBC, modelo HG-3000, chama ar-acetileno, no Laboratório de Saneamento do Departamento de Tecnologia (UEFS-BA). Para garantir a precisão dos resultados foram utilizados padrões de referência, um branco com água ultra-pura, e todas as amostras foram feitas em triplicatas.

Construiu-se uma curva de calibração para cada elemento de interesse, com quatro soluções analíticas de concentrações 0,1 mg.L⁻¹, 0,2 mg.L⁻¹, 0,5 mg.L⁻¹, e 1,0 mg.L⁻¹, em balões de 50 mL, a partir de soluções de concentrações de 1.000 mg.L⁻¹ da marca Specscol acidificadas e avolumadas com água deionizada e ultrapura acidificada. Foram aceitas curvas analíticas com linearidade acima de 0,96.

Os limites de detecção do aparelho foram: 0,06 mg.kg⁻¹ de Pb; 0,007 mg.kg⁻¹ de Zn; 0,002 mg.kg⁻¹ de Ca; 0,008 mg.kg⁻¹ de Cu; 0,03 mg.kg⁻¹ de Ni; 0,05 mg.kg⁻¹ de Cr (EMILIO OSORIO, 1996).

Aplicou-se a estatística descritiva seguida da análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey com nível de significância de 5% ($p < 0,05$) entre os pontos de coleta para cada parâmetro. Para esse teste, foi utilizado o programa estatístico Sisvar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os valores de metais pesados encontrados em *S. auriculata*, apresentando mesma ordem de concentração Zn > Cr > Pb > Ni > Cu nos pontos 1, 2 e 3.

De acordo com os resultados obtidos, não houve diferença estatística quanto à presença de Pb, Cr e Ni nas *S. auriculata* entre os três pontos estudados. Para o Zn, os valores foram estatisticamente diferentes nos três pontos de coletas. Este metal apresentou maior valor no ponto 1 ($101 \pm 2,4$ mg.kg⁻¹) em relação aos demais pontos.

Quanto ao Cu, o ponto 1 ($5,0 \pm 0,3$ mg.kg⁻¹) foi estatisticamente semelhante ao ponto 2 ($4,2 \pm 0,5$ mg.kg⁻¹), apresentando menor valor no ponto 3 ($3,6 \pm 1,1$ mg.kg⁻¹). O Cd não foi detectado nas espécies de *S. auriculata* nos pontos analisados.

Pelos resultados apresentados, observou-se que nos três pontos de coletas as plantas absorveram concentrações de metais pesados abaixo dos limites de tolerância para tecidos vegetais, com exceção do Cr, que se enquadrou dentro dos limites. Provavelmente, a concentração de

Tabela 1 - Concentração de metais pesados em *Salvinia auriculata* em diferentes pontos dos Marimbus.

Metais	Ponto 1 Média ± DP (mg.kg ⁻¹)	Ponto 2 Média ± DP (mg.kg ⁻¹)	Ponto 3 Média ± DP (mg.kg ⁻¹)	Limite de Tolerância Tecidos vegetais* (mg.kg ⁻¹)
Pb	13,9±0,1 ^a	14,5±2,5 ^a	15,7±2,3 ^a	30-300
Zn	101±2,4 ^a	88,3±1,2 ^b	81,5±3,4 ^c	100-400
Cd	ND	ND	ND	5-30
Cr	25,6±20 ^a	22,5±19 ^a	21,0±19 ^a	5-30
Cu	5,0±0,3 ^a	4,2±0,5 ^{ab}	3,6±1,1 ^b	20-100
Ni	5,1±0,4 ^a	5,0±0,0 ^a	5,0±0,0 ^a	10-100

Letras diferentes (a e b) indicam que são significativamente desiguais entre os pontos de coleta e letras (ab) juntas representam proximidade pelo Teste Tukey ($p < 0,05$); ND: não detectado pelo método; DP: desvio-padrão.

*Kabata-Pendias (2010) - valores referentes aos limites de tolerância dos tecidos vegetais.

metais pesados nos tecidos das macrófitas *Salvinia auriculata* pode ser devido ao uso de fertilizantes e defensivos químicos à base desses elementos em atividades agrícolas (pastagem e criação de gado) no entorno do manancial hídrico, disponibilizando-os para a superfície da água durante o processo de escoamento e percolação em períodos chuvosos, uma vez que a área é topograficamente montanhosa.

O fato de a *Salvinia auriculata* do ponto 1 apresentar maior teor de concentração de metais pesados pode estar associado ao local servir de ancoradouro de barcos e ponto de partida para passeios turísticos. Já no ponto 2, o teor de metais pesados nos vegetais provavelmente está atribuído às atividades agrícolas e tubulações metálicas distribuídas no interior do manancial.

Os metais pesados têm sua origem nas águas de forma natural ou geológica, no entanto podem derivar das atividades antrópicas de forma pontual por meio das tubulações de descargas de esgotos doméstico e industrial ou de forma difusa, que são aquelas não localizadas através do escoamento superficial das áreas desmatadas, das águas de drenagem provenientes de irrigação e do lançamento aleatório de resíduos sólidos, além do uso e ocupação inadequada do solo (KABATA-PENDIAS, 2010; BARBOSA *et al.*, 2012).

Diante desses resultados, observou-se que as plantas apresentaram teores de metais pesados em toda a extensão do manancial hídrico. Segundo Guala, Veja e Coelho (2010), Kabata-Pendias (2010), Yadav (2010) e Nacke *et al.* (2013), os metais pesados Zn, Cu e Ni, apesar de serem essenciais para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais, podem ser tóxicos em excesso nos tecidos, enquanto o Pb, o Cr e o Cd não têm função biológica, sendo altamente tóxicos em grandes concentrações.

No entanto, vale ressaltar que nem todas as plantas apresentam o mesmo comportamento de absorção dos metais pesados e que vários fatores estão envolvidos no processo, como afinidade com os elementos químicos, espécies de plantas e forma iônica que se encontram na natureza (SOOD *et al.*, 2012; DE JESUS *et al.*, 2015).

Conforme Kabata-Pendias (2010), o excesso de Cr nos tecidos vegetais pode ocasionar problemas de ordem fisiológica, molecular e anatômica como:

- redução na absorção de CO₂;
- redução na absorção de elementos essenciais;
- desorganização estrutural dos cloroplastos e das membranas,
- além de sintomas como clorose nas folhas.

Alguns estudos mostraram que a *Salvinia auriculata* apresenta grande capacidade de absorver metais pesados em ambientes contaminados.

Wolff *et al.* (2009) realizaram experimentos em laboratório para avaliar a capacidade das macrófitas na remoção de metais pesados e observaram acúmulo de Zn nos tecidos de *Salvinia auriculata* quando submetidos a concentrações entre 0 e 10 mg.L⁻¹.

Fuentes *et al.* (2014) em estudo semelhante feito em laboratório com as macrófitas da família Salviniaceae perceberam que são excelentes removedores de Ni acumulando-se em suas folhas raízes e podem ser consideradas úteis para a fitorremediação de corpos d'água contaminados com esse metal quando submetidas a soluções com concentrações e tempos diferentes.

Espinoza-Quñones *et al.* (2009) corroboram em seus estudos cinéticos que a *Salvinia auriculata* apresenta boa capacidade de remoção de Pb em concentrações que variaram de 1 a 10 mg.L⁻¹ Pb.

Bizzo *et al.* (2014) estudaram a fisiologia da *Salvinia auriculata* quando exposta ao estresse por Cu, e concluíram que a espécie é promissora na remoção do metal em sistemas aquáticos. No entanto quando submetidas a concentrações elevadas, podem levar à morte do vegetal.

Nas amostras de água, não foram detectados Cd, Cr, Cu e Ni e os valores de Pb nos pontos 2 e 3 ficaram abaixo do limite de detecção do equipamento (Tabela 2). Já as concentrações de Zn foram destaque no ponto 1, diferindo significativamente dos pontos 2 e 3.

O ponto 1 apresentou maior valor de Zn. A presença desse metal na água é provavelmente devido à influência dos defensivos e fertilizantes químicos utilizados em atividades agrícolas (*e.g.*, sulfato de zinco, cloreto de zinco, nitrato de zinco) no entorno, cuja região topograficamente acidentada facilita o escoamento e percolação dos elementos para o interior do manancial hídrico durante os períodos chuvosos. Outros fatores que podem contribuir para maior presença de Zn nas águas são:

- no ponto 1: o local serve de ancoradouro de barcos;
- nos pontos 2 e 3: a distribuição de tubulações metálicas e bombas no interior do manancial para captação de água, utilizados para irrigação e abastecimento doméstico.

Os valores encontrados de Zn nas águas estão dentro dos limites exigidos segundo a legislação brasileira (Resolução do CONAMA nº 357/2005), sendo a água do corpo hídrico indicada aos usos pertinentes à classe 1, quanto à presença dos metais pesados estudados.

Tabela 2 - Concentração de metais pesados em água em diferentes pontos dos Marimbus.

Metais	Ponto 1 Média ± DP (mg.L ⁻¹)	Ponto 2 Média ± DP (mg.L ⁻¹)	Ponto 3 Média ± DP (mg.L ⁻¹)	CONAMA 357-2005* (mg.L ⁻¹)
Pb	ND	**	**	0,01
Zn	0,11 ± 0,02 ^a	0,08 ± 0,01 ^b	0,07 ± 0,01 ^b	0,18
Cd	ND	ND	ND	0,001
Cr	ND	ND	ND	0,05
Cu	ND	ND	ND	0,009
Ni	ND	ND	ND	0,025

*BRASIL, 2005. Letras diferentes (a e b) indicam que são significativamente desiguais entre os pontos de coleta ($p < 0,05$) pelo Teste Tukey; ND: não detectado pelo método; DP: desvio-padrão; **abaixo do limite de detecção do aparelho.

Para esta classe, as águas podem ser destinadas ao abastecimento humano (após tratamento simplificado), à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo, ingeridas cruas e sem remoção da película, e à proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.

Sundfeld-Penido (2010) acrescenta que fatores como solubilidade, valência, composição mineral da massa de água, pH, temperatura, oxigênio dissolvido e agentes complexantes podem interferir na disponibilidade dos metais pesados nas águas naturais.

Tais resultados diferem daqueles encontrados por Carvalho (2011) em ambientes lênticos localizados na bacia hidrográfica do Rio Itaqueri, Lobo, São Paulo, onde foram encontrados valores acima do limite permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para os metais pesados Pb, Ni e Zn em várias estações amostrais, demonstrando degradação dos corpos hídricos.

De Jesus *et al.* (2015) registraram concentrações elevadas de Pb, Cu, Ni, Cr, Zn e Cd, acima dos limites permissíveis pela legislação

brasileira em águas superficiais nas nascentes do Rio Subaé, Feira de Santana, Bahia. Porém, tais valores atribuídos são provenientes da influência das áreas urbanas com descarte de efluentes nos mananciais hídricos.

Essas comparações demonstram que as águas dos Marimbus, nos pontos amostrados, revelam-se apropriadas ao uso que já fazem delas, estando em melhor situação do que outras áreas próximas de zonas urbanas.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados, observou-se que a presença de *Salvinia auriculata* nos ambientes aquáticos permite a retirada de metais pesados das águas, apresentando papel relevante na manutenção da qualidade desses mananciais. Assim, sua presença no manancial hídrico é de vital importância para garantir os diversos usos que as águas desse ambiente proporcionam a toda comunidade local, reforçando a necessidade de preservação das macrófitas aquáticas nesses ambientes.

REFERÊNCIAS

- ALI, H.; KHAN, E.; SAJAD, M.A. (2013) Phytoremediation of heavy metals – Concepts and applications. *Chemosphere*, v. 91, p. 869-881. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.075>
- ALVES, M.T.R.; TERESA, F.B.; NABOUT, J.C.A. (2014) A global scientific literature of research on water quality indices: trends, biases and future directions. *Acta Limnológica Brasiliensia*, v. 26, n. 3, p. 245-253. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2014000300004>
- ALVES, R.I.S.; TONANI, K.A.A.; NIKAIDO, M.; CARDOSO, O.O.; TREVILATO, T.M.B.; MUÑOZ, S.I.S. (2010) A avaliação das concentrações de metais pesados em águas superficiais e sedimentos do Córrego Monte Alegre e afluentes, Ribeirão Preto, SP, Brasil. *Revista Ambiente e Água*, v. 5, n. 3. <http://dx.doi.org/10.4136/1980-993X>
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). (1998) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20. ed. NOVA York: APHA, AWWA, WPCF.
- BARBOSA, J.E.L.; MEDEIROS, E.S.F.; BRASIL, J.; CORDEIRO, R.S.; CRISPIM, M.C.B.; HENRIQUE-SILVA, G.G. (2012) Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnológica Brasiliensia*, v. 24, n. 1, p.103-118. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2012005000030>
- BIZZO, A.L.T.; INTORNE, A.C.; GOMES, P.H.; SUZUKI, M.S.; ESTEVES, B.S. (2014) Short-term physiological responses to copper stress in *Salvinia auriculata* Aubl. *Acta Limnológica Brasiliensia*, v. 26, n. 3, p. 268-277. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2014000300006>
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2005) *Resolução n. 375, de 17 de março de 2005*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/>>. Acesso em: 7 maio 2009.
- CARVALHO, A.E.F. (2011) *Análise limnológica e ecotoxicológica de sistemas lóticos e lênticos da bacia hidrográfica dos rios Itaqueri e Lobo (Itirapina/Brotas - São Paulo)*. Monografia (Graduação) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- COELHO, F.F.; LOPES, F.S.; SPERBER, C.F. (2005) Persistence strategy of *Salvinia auriculata* Aublet in temporary ponds of Southern Pantanal, Brazil. *Aquatic Botany*, v. 81, p. 343-352. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2005.02.001>
- CUI, B.; ZHANG, Q.; ZHANG, K.; LIU, X.; ZHANG, H. (2011) Analyzing trophic transfer of heavy metals for food webs in the newly-formed wetlands of the Yellow River Delta, China. *Environmental Pollution*, v. 159, p. 1297-1306. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.01.024>
- DE JESUS, T.B.; SOUZA, S.S.; SANTOS, L.T.S.O.; DE AGUIAR, W.M. (2015) Avaliação da potencialidade de utilização de espécies de macrófitas como acumuladoras de metais pesados. *Revista Virtual de Química*, v. 7, n. 4, p. 1102-1118. <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20150061>
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). (2009) *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. 2. ed. Brasília: EMBRAPA.

- ESPINOZA-QUIÑONES, F.R.; MÓDENES, A.N.; THOMÉ, L.P.; PALÁCIO, S.M.; TRIGUEROS, D.E.G.; OLIVEIRA, A.P.; SZYMANSKI, N. (2009) Study of the bioaccumulation kinetic of lead by living aquatic macrophyte *Salvinia auriculata*. *Chemical Engineering Journal*, v. 150, p. 316-322. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2009.01.004>
- FRANÇA, F.; MELO, E.; OLIVEIRA, I.B.; REIS, A.T.C.C.; ALVES, G.L.; COSTA, M.F. (2010) Plantas vasculares das áreas alagadas dos Marimbus, Chapada Diamantina, BA, Brasil. *Hoehnea*, v. 37, n. 4, p. 719-730. <http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062010000400003>
- FUENTES, I.I.; ESPADAS-GIL, F.; TALAVERA-MAY, C.; FUENTES, G.; SANTAMARÍA, J.M. (2014) Capacity of the aquatic fern (*Salvinia minima* Baker) to accumulate high concentrations of nickel in its tissues, and its effect on plantphysiological processes. *Aquatic Toxicology*, v. 155 p. 142-150. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquatox.2014.06.016>
- FUNCH, R. (2002) *Um guia para a chapada Diamantina*. 3. ed. Cruz da Almas: Nova Civilização.
- GUALA, S.D.; VEGA, F.A.; COVELO, E.F. (2010) The dynamics of heavy metals in plant-soil interactions. *Ecological Modelling*, v. 221, p. 1148-1152. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.01.003>
- HADAD, H.R.; MAINE, M.A.; MUFARREGE, M.M.; DEL SASTRE, M.V.; DI LUCA, G.A. (2011) Bioaccumulation kinetics and toxic effects of Cr, Ni and Zn on *Eichhornia crassipes*. *Journal of Hazardous Materials*, v. 190, p. 1016-1022. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.04.044>
- KABATA-PENDIAS, A. (2010) *Trace Elements in Soils and Plants*. 4. ed. CRC Press, Boca Raton, FL.
- KUHLMANN, M.L.; IMBIMBO, H.R.V.; OGUURA, L.L.; VILLANI, J.P.; STARZYNSKI, R.; ROBIM, M.J. (2014) Effects of human activities on rivers located in protected areas of the Atlantic Forest. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 26, n. 1, p. 60-72. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2014000100008>
- LIMA, A.C.L.; FRANÇA, F.; DE JESUS, T.B. (2014) Determinação do nível de concentração de metais pesados absorvidos pelas macrófitas aquáticas *Cabomba caroliniana* A. Gray (Cabombaceae) nas áreas alagadas nos Marimbus, Andaraí-Chapada Diamantina-Bahia, Brasil. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE BOTÂNICA, 11.; CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 65. *Anais...* Salvador.
- MARTINS, D.; COSTA, N.V.; TERRA, M.A.; MARCHI, S.R.; VELINI, E.D. (2003) Caracterização química das plantas aquáticas coletadas no reservatório de salto grande (Americana-SP). *Planta Daninha*, Viçosa, v. 21, p. 21-25. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582003000400004>
- MISHRA, V.K.; TRIPATHI, B.D. (2008) Concurrent removal and accumulation of heavy metals by the three aquatic macrophytes. *Bioresource Technology*, v. 99, p. 7091-7097. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.01.002>
- NACKE, H.; GONÇALVES JR, A.C.; SCHWANTES, D.; NAVA, I.A.; STREY, L.; COELHO, G.F. (2013) Availability of heavy metals (Cd, Pb, and Cr) in agriculture from commercial fertilizers. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 64, p. 537-544. <https://doi.org/10.1007/s00244-012-9867-z>
- OLIVEIRA, P.C.R.; NOGUEIRA, M.G.; SARTORI, L.P. (2014) Differential environmental impacts on small and medium size rivers from center of São Paulo State, Brazil, and regional management perspective. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 26, n. 4, p. 404-419. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2014000400008>
- OSORIO, N.E. (1996) Epectrofotometria de absorção atômica. Departamento de Química. UFMG.
- PIO, M.C.S.; Souza, K.S.; Santana, G.P. (2013) Capacidade de Lemna aequinoctialis para acumular metais pesados de água contaminada. *Acta Amazonica*, v. 43, n. 2, p. 203-210.
- PIRES DO RIO, G.A. (2011) Áreas úmidas e patrimônio natural: uma visão estratégica para a água em espaços transfronteiriços. *Novos Cadernos*, v. 14, n. 1, p. 97-114. <http://dx.doi.org/10.5801/ncn.v14i1.600>
- RAI, P.K. (2010) Seasonal monitoring of heavy metals and physicochemical characteristics in a lentic ecosystem of subtropical industrial region, India. *Environmental Monitoring Assessment*, v. 165, p. 407-433. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0956-z>
- SANTOS, A.C.; CARAMASCHI, E.P. (2008) Os peixes dos Marimbus. In: FUNCH, L.; FUNCH, R.; QUEIROZ, L. (Orgs.). *Serra do Sincorá*: Parque Nacional da Chapada Diamantina. Feira de Santana: Radami. p. 129-141.
- SANTOS, M.L.; LENZI, E.; COELHO, A.R. (2008) Ocorrência de metais pesados no curso inferior do rio Ivaí, em decorrência do uso do solo em sua bacia hidrográfica. *Acta Scientiarum Technology*, Maringá, v. 30, n. 1, p. 99-107. <http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v30i1.3219>
- SILVA, L.B.C. (2008) *Avaliação espaço-temporal de metais pesados no rio Paraíba do sul e rio Imbé por meio de plantas de Eichhornia crassipes (mart.) solms (aguapé), séston e sedimento*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos do Goytacazes.
- SOARES, C.R.A. (2006) *Concentrações de metais pesados em sedimento, água e macrófita aquática em duas represas do município de Viçosa-MG*. 206 f. Tese (Doutorado em Solos e nutrição de plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- SOARES, D.C.F.; OLIVEIRA, E.F.; SILVA, G.D.F.; DUARTE, L.P.; POTT, V.J.; VIEIRA FILHO, S.A. (2008) *Salvinia auriculata*: Aquatic bioindicator studied by instrumental neutron activation analysis (INAA). *Science Direct, Applied Radiation and Isotopes*, v. 66, p. 561-564. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2007.11.012>
- SOOD, A.; UNYAL, P.L.; PRASANNA, R.; AHLUWALIA, A.S. (2012) Phytoremediation Potential of Aquatic Macrophyte, Azolla. *Ambio*, v.41, p. 122-137. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0159-z>
- STEINKE, V.A.; SAITO, C.H. (2008) Polluting load exportation for identification of humid areas under environmental risk in the river basin of Lagoa Mirim. *Sociedade e Natureza*, Uberlândia, v. 20, n. 2. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132008000200003>
- SUNDFELD- PENIDO, J. (2010) *Estudos limnológicos e ecotoxicológicos com amostras de águas e sedimento do ribeirão Limeira - Piquete/Lorena-SP*. 148 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia industrial) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

TALLINI, K. (2010) *Metodologia de avaliação de risco ecológico em ambiente aquático a partir de evidências químicas, biológicas e ecotoxicológicas*. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

VALITUTTO, R.S. (2004) *Acumulação de poluentes inorgânicos por macrófitas aquáticas nos reservatórios de Santana e Vigário, Barra do Piraí-RJ*. 73 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.

WOLFF, G.; ASSIS, L.R.; PEREIRA, G.C.; CARVALHO, J.G.; CASTRO, E.M. (2009) Efeitos da toxicidade do zinco em folhas de *Salvinia auriculata* cultivadas em solução nutritiva. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 133-137. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000100017>

YADAV, S.K. (2010) Heavy metals toxicity in plants: an overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants. *South African Journal of Botany*, v. 76, p. 167-179. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.10.007>

