



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**SISTEMAS AQUÁTICOS TROPICAIS**



GABRIELA DIAS DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO TEOR DE METAIS E NÃO-METAIS EM *Orthemis discolor***  
**(ODONATA) E NO SEDIMENTO PROVENIENTES DE CÓRREGOS URBANOS**

Ilhéus - BA  
2024

GABRIELA DIAS DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO TEOR DE METAIS E NÃO-METAIS EM *Orthemis discolor*  
(ODONATA) E NO SEDIMENTO PROVENIENTES DE CÓRREGOS URBANOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais da Universidade Estadual de Santa Cruz como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Sistemas Aquáticos Tropicais.

Orientador: Marciel Elio Rodrigues  
Coorientador: Raildo Mota de Jesus

Ilhéus -BA  
2024

S586

Silva, Gabriela Dias da.

Avaliação do teor de metais e não-metais em *Orthemis discolor* (Odonata) e no sedimento provenientes de córregos urbanos / Gabriela Dias da Silva. – Ilhéus, BA: UESC, 2024.  
38 f. : il.

Orientador: Marciel Elio Rodrigues.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais.

Inclui referências e apêndice.

1. Insetos aquáticos. 2. Ecossistema aquático. 3. Poluição. 4. Libélula. 5. Teste de toxicidade. I. Título.

CDD 595.7

*A minha família,  
por todo amor e dedicação.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e sem Ele nada disso seria possível.

A minha família, por todo apoio, incentivo e carinho incondicional ao longo dessa caminhada. Sou grata a Deus por ter vocês comigo. Amo vocês!

Ao meu namorado por ser meu ponto de equilíbrio, e viver esse sonho junto comigo. É um privilégio compartilhar mais essa conquista com você.

Ao Professor Marciel Elio Rodrigues, meu orientador, pela orientação, ensinamentos, dedicação, compreensão, conselhos, confiança e pelo apoio durante desenvolvimento desse trabalho.

Ao meu coorientador, Professor Raildo Mota de Jesus, pela paciência, atenção, pelos conhecimentos passados durante a execução da pesquisa e pelas vezes que se disponibilizou a ajudar e sanar todas as dúvidas. Obrigada pela parceria nesses dois anos!

A Daniela Mariano, Daniele Ribeiro-Brasil, Herick Macedo e Jéssica Souza pela presença e contribuições durante a apresentação dos seminários, qualificação e defesa.

Aos queridos amigos do Odonatologos da Bahia, vocês foram indispensáveis para que esse trabalho tomasse forma. Agradeço em especial a Acácio e Cintia pela ajuda durante as coletas.

Ao Laboratório de Pesquisa em Química Analítica por disponibilizar a estrutura e materiais para a realização da pesquisa e aos membros do grupo pela ajuda e amizade adquirida nesse período.

A Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) e ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais (PPGSAT) pela oportunidade.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da bolsa.

E a todos que direta e indiretamente fizeram parte dessa conquista.

**MUITO OBRIGADA!**

## SUMÁRIO

RESUMO.....	5
1 INTRODUÇÃO .....	6
2 METODOLOGIA .....	8
2.1 Área de estudo .....	8
2.2 Coleta das amostras .....	10
2.2.1 Espécimes .....	10
2.2.2 Sedimentos .....	10
2.3 Processamento das amostras para determinação de metais e não-metais.....	11
2.3.1 Digestão dos espécimes .....	11
2.3.2 Digestão do sedimento .....	11
2.4 Determinação dos elementos .....	12
2.5 Limites de detecção e quantificação .....	12
2.6 Análise dos dados .....	12
3 RESULTADOS.....	13
4 DISCUSSÃO.....	22
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26
MATERIAL SUPLEMENTAR 1 .....	32
MATERIAL SUPLEMENTAR 2 .....	33
MATERIAL SUPLEMENTAR 3 .....	34
MATERIAL SUPLEMENTAR 4 .....	37

## RESUMO

DIAS DA SILVA, Gabriela. **Avaliação do teor de metais e não-metais em *Orthemis discolor* (Odonata) e no sedimento provenientes de córregos urbanos**. 2024. Dissertação (Mestrado em Sistemas Aquáticos) – Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC. Ilhéus-BA. 2024.

Os ecossistemas aquáticos localizados dentro das áreas urbanas têm sofrido severos impactos antrópicos, entre eles o aumento significativo da poluição química e orgânica. A poluição por elementos químicos como os metais, por exemplo, pode causar efeitos adversos aos organismos dependentes desses ambientes e toda a teia trófica envolvida. Nesta perspectiva, este estudo teve como objetivo quantificar o teor dos elementos químicos, Cu, S, Mn, Fe, Zn, Mg, K, P, Na, Cr, Ni, As, Se, Cd e Pb, em adultos *Orthemis discolor* (Odonata) e no sedimento de riachos nas áreas urbanas, e correlacionar as concentrações encontradas nos espécimes e nos sedimentos das áreas avaliadas. Os espécimes e sedimentos foram coletados em quatro córregos urbanos nos municípios de Itabuna e Ilhéus localizados na Região Sul do Estado da Bahia. Os resultados indicaram que apenas para os teores de Cu, S, Ni e Se houve variação significativa nos espécimes entre os diferentes locais ( $p < 0,05$ ). Por outro lado, não foi observado diferença significativa para os teores de Mn, Fe, Zn, Mg, K, P, Na, Cd, As e Cr nos espécimes coletados em diferentes pontos de amostragem. Não foi detectado Pb nas amostras de libélulas. Em relação ao sedimento, os teores de Cu, S, Mn, Fe, Zn, Mg, K, P, Na, Cr, Ni, As, Se, Cd e Pb variaram significativamente entre os diferentes locais ( $p < 0,05$ ). Este estudo mostrou que a detecção dos elementos químicos em adultos *O. discolor* e nos sedimentos em áreas urbanas é uma análise útil para a obtenção de informações sobre o estado dos ecossistemas de água doce e da biodiversidade associada a esses ambientes urbanos. No entanto, avaliar o acúmulo desses elementos nos diferentes estágios de vida dos organismos associando aos ecossistemas aquáticos e aos diferentes níveis tróficos e a outros compartimentos ambientais ainda é essencial.

**Palavras-chave:** Insetos aquáticos; Ambientes aquáticos; Poluição; Libélulas; Elementos potencialmente tóxicos.

## 1 INTRODUÇÃO

Os processos de urbanização e a industrialização estão entre os impactos que mais contribuem para o lançamento de contaminantes nos ecossistemas aquáticos nas áreas urbanas (Demarco et al., 2023). Essas substâncias químicas podem ter efeitos prejudiciais e de longo alcance tanto no meio ambiente como na biodiversidade e nas cadeias tróficas associadas a esses ecossistemas, tornando esse tipo de impacto antrópico uma preocupação em escala global para a proteção e conservação ambiental desses ecossistemas em áreas urbanas (Fan et al., 2021; Roy et al., 2021). Entre esses poluentes tem se destacado o acúmulo de metais e não-metais que podem facilmente ser incorporados pelos organismos aquáticos (Haldar; Ghosh, 2020).

Nos ecossistemas aquáticos, os elementos químicos podem ser introduzidos a partir de fontes naturais, como intemperismo das rochas (Haldar; Ghosh, 2020), e através de atividades antrópicas, proveniente do lançamento de efluentes domésticos (Carvalho et al., 2022), industriais (Abarshi; Dantala; Mada, 2017), e atividades agrícolas (Centofanti et al., 2016). Ao contrário dos produtos químicos orgânicos, a maioria dos elementos químicos não podem se degradar em compostos menos tóxicos (Gheorghe et al., 2017). Portanto, podem persistir nos sedimentos dos ecossistemas aquáticos, na coluna d'água e/ou acumular nos organismos, afetando toda a biodiversidade e as cadeias tróficas associada a esses ambientes (Nguyen et al., 2021).

É importante enfatizar que alguns metais como o cobre (Cu) e manganês (Mn), por exemplo, são essenciais para os organismos vivos. Esses elementos desempenham papéis importantes no funcionamento biológico e em processos fisiológicos dos organismos (Lima et al., 2019). Entretanto, outros elementos como arsênio (As), cádmio (Cd) e chumbo (Pb), não têm papel conhecido nas funções biológicas e podem ser tóxicos mesmo em concentrações muito baixas (Gárriz et al., 2019; Hinojosa-Garro; Osten; Dzul-Caamal, 2020; Sheikhzadeh; Hamidian, 2021).

Alguns estudos têm documentado o aumento da contaminação por metais em riachos e os efeitos biológicos e ecológicos sobre a biodiversidade associada (Lesch & Bouwman, 2018; Gárriz et al., 2019; Brito et al., 2020; Yuan et al., 2020; Zeytin et al., 2020). Estudos vêm documentando a presença de metais em organismos que ocupam os níveis tróficos mais elevados, como os peixes (Hinojosa-Garro et al., 2020; Sheikhzadeh & Hamidian, 2021), até a presença desses elementos em invertebrados de água doce (Nasirian & Irvine, 2017; Jumaat & Hamid, 2023).



Entre os macroinvertebrados, os insetos aquáticos, por exemplo, podem passar todo seu ciclo de vida ou parte dele na água durante a fase de larva ou adulto. E estão constantemente expostos a contaminação dos macros ou microelementos presentes nesses ecossistemas. Que podem acumular-se em várias regiões do corpo, como no intestino e tecidos internos, mesmo em baixas concentrações (Haldar; Ghosh, 2020). Sendo que a exposição e ou o acúmulo de alguns desses elementos podem ter efeitos negativos as espécies. Como inibir os parâmetros ligados ao ciclo de vida ou relacionados ao crescimento e reprodução de muitos invertebrados de água doce (Wu et al., 2016, Lima et al., 2019). Isso pode representar uma ameaça, por manifestar características de bioacumulação na cadeia alimentar e riscos ao meio ambiente (Javed; Usmani, 2019; Demarco et al., 2023), particularmente para os grupos de insetos considerados mais sensíveis a alguns grupos de elementos químicos, como os metais, incluindo as Odonata (Gładysz et al., 2016; Lesch; Bouwman, 2018).

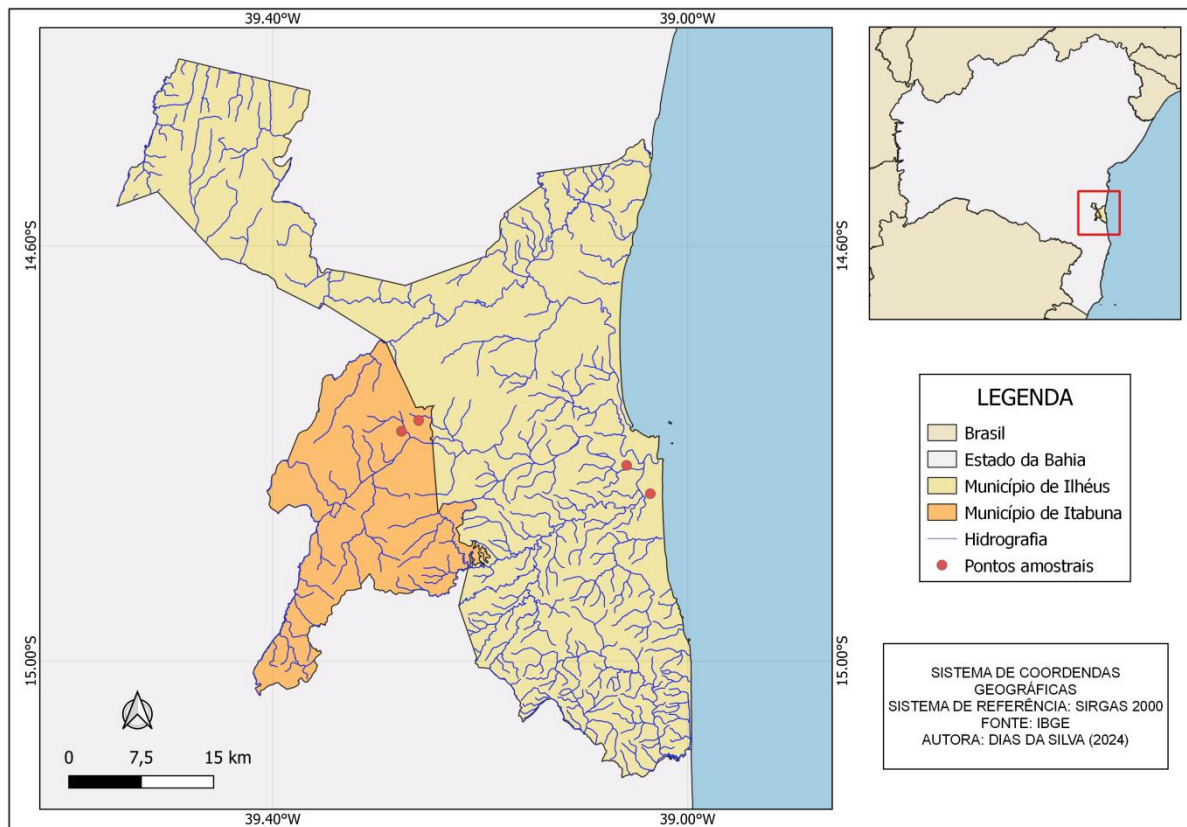
Entre os invertebrados aquáticos, as libélulas (Odonata), têm se destacado em estudos que avaliam os impactos das alterações nos ambientes naturais sobre a sua diversidade, propondo ferramentas para se utilizar do grupo como indicadores ambientais (Oliveira-Junior; Juen, 2019; Šigutová; Šipoš; Dolný, 2019; Vorster et al., 2020). Esse grupo está intimamente associado aos ecossistemas aquáticos e terrestres, são anfibióticos (fase imatura aquática e adultos terrestres-aéreos), e possuem características morfológicas, ecofisiológicas e comportamentais que podem refletir a qualidade e integridade dos ecossistemas as quais elas se encontram (De Marco et al., 2015; Valente-Neto et al., 2016; Rodrigues et al., 2019). Portanto, podem ser excelentes modelos para avaliar o efeito da contaminação por metais nos ecossistemas aquáticos (Noor-Ul-Islam et al., 2021), sendo utilizados para avaliar as relações com as cadeias tróficas entre os ecossistemas aquáticos e terrestres (Knight et al., 2005).

Sendo assim, nosso estudo teve como objetivo quantificar o teor de Cu, S, Mn, Fe, Zn, Mg, K, P, Na, Cr, Ni, As, Se, Cd e Pb em adultos *Orthemis discolor* (Odonata) e nos sedimentos de riachos em áreas urbanas e correlacionar as concentrações encontradas nos espécimes e nos sedimentos das áreas avaliadas. Nossa predição é que a concentração desses elementos nos sedimentos tem influência na quantidade que será encontrada nos organismos adultos. Nossa hipótese é baseada na premissa de que as condições ambientais nos córregos urbanos são alteradas pelas pressões antrópicas e conseqüentemente afeta os espécimes que vivem nesses locais (Castro et al., 2019; Noor-Ul-Islam et al., 2021), particularmente as libélulas e outros grupos que possuem pelo menos uma parte do seu ciclo de vida nos ecossistemas aquáticos.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em quatro córregos, sendo dois córregos localizados no município de Itabuna e dois em Ilhéus. Os municípios estão localizados na Região Sul do Estado da Bahia (Figura 1), em áreas com remanescentes de Mata Atlântica. Segundo Köppen-Geiger o clima regional é classificado como Clima Tropical de Floresta (Af), com valores pluviométricos anuais de 1900 a 2000 mm.



**Figura 1:** Mapa da área de estudo com os pontos de amostragem nos municípios de Itabuna e Ilhéus.

Os córregos amostrados estão inseridos na área urbana desses municípios e apresentavam larguras que variaram de 1,5 a 3 metros entre eles. Nos quatro sítios amostrados foi possível observar a ausência de vegetação ripária quase que total, com gramíneas e plantas arbustivas em alguns trechos do canal. Foi verificada a presença de grande quantidade de resíduos sólidos e orgânicos, oriundos do lançamento direto de efluente doméstico (Figura 2 e Tabela 1). O sítio 04 apresenta um trecho canalizado de aproximadamente dois metros.

**Tabela 1:** Coordenadas geográficas dos quatro sítios de coleta localizados nos municípios de Itabuna e Ilhéus, Estado da Bahia.

<b>Amostras</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Município</b>
<b>Sítio 1</b>	-14.768101	-39.259308	Itabuna
<b>Sítio 2</b>	-14.778844	-39.27586	Itabuna
<b>Sítio 3</b>	-14.808653	-39.057476	Ilhéus
<b>Sítio 4</b>	-14.83865	-39.03583	Ilhéus





**Figura 2:** Fotos dos sítios de amostragem onde foram realizadas as coletas dos espécimes de *Orthemis discolor* nos municípios de Itabuna (A e B) e Ilhéus (C e D) no Estado da Bahia.

## 2.2 Coleta das amostras

### 2.2.1 Espécimes

Os espécimes adultos de *Orthemis discolor* foram coletados próximo as margens dos córregos, com o auxílio de uma rede entomológica, armazenados em envelopes entomológicos, etiquetados e levados para o laboratório.

Foram coletadas quatro amostras em cada ponto de amostragem (n=4), com quatro indivíduos cada, consistindo assim em dezesseis indivíduos por sítio, totalizando 64 indivíduos. Essa espécie foi escolhida por ser uma das espécies considerada “grande” (maior quantidade de massa corporal) e uma das mais abundantes nos córregos urbanos.

### 2.2.2 Sedimentos

A coleta das amostras de sedimento foi realizada nos meses de outubro e dezembro de 2022. As amostras foram coletadas próximo as margens de ambos os lados dos córregos com auxílio de um cano PVC em três pontos distintos. As amostras foram misturadas, formando-se assim uma amostra composta. Após a homogeneização foi retirado cerca de 400 g da amostra para análise, acondicionadas em sacos plásticos, identificados, e armazenados em caixa térmica ainda em campo para proteção e conservação da amostra e posteriormente, levadas para o laboratório e congeladas.

## 2.3 Processamento das amostras para determinação de metais e não-metais

### 2.3.1 Digestão dos espécimes

As amostras foram liofilizadas, moídas e armazenadas em dessecador. Para a digestão das amostras de libélulas realizou-se adaptações na metodologia proposta por (Costa et al., 2009). Inicialmente foram pesadas 0,1500 g da amostra em triplicata em balança analítica (Shimadzu) com 0,0001 g de precisão. A digestão foi realizada em forno do tipo micro-ondas (modelo multiwave 5000, Anton Paar).

As amostras foram pesadas e transferidas para tubos do tipo TFM-PTFE, em seguida, foi adicionado 2,0 mL de ácido nítrico concentrado -  $\text{HNO}_3$  (Merck, Darmstadt, Alemanha), 3,0 mL de água ultrapura com resistividade de 18  $\text{M}\Omega$  obtida de um sistema Milli-Q® (Milipore, Bedford, EUA) e 2,0 mL peróxido de hidrogênio -  $\text{H}_2\text{O}_2$  (Merck, Darmstadt, Alemanha). Os tubos foram aquecidos com o seguinte programa de aquecimento: i) rampa de 20 minutos até 180 °C, ii) manteve por 15 minutos a 180 °C; e iii) resfriamento por aproximadamente 20 minutos. Posteriormente, o material digerido foi transferido para tubos de polipropileno e o volume foi completado para 15 mL com água ultrapura. Os brancos analíticos foram preparados da mesma forma, com ausência da amostra. As amostras digeridas foram armazenadas na geladeira até a análise.

### 2.3.2 Digestão do sedimento

Em cada ponto de amostragem foi coletada uma amostra composta. As amostras de sedimento foram secas ao ar livre, em ambiente desprovido de poeira, frequentemente revirou-se as amostras para evitar a aglomeração em agregados duros e auxiliar a homogeneização. Após a secagem, as amostras foram maceradas para quebrar os agregados formados durante a secagem, e em seguida foram peneiradas em uma peneira de malha de 2 mm.

Para a digestão das amostras de sedimento, foram pesadas 0,2000 g da amostra, em triplicata, na balança analítica (Shimadzu) com 0,0001 g de precisão, e transferida para tubos digestores, em seguida, foi adicionado 4 mL de água régia. A digestão foi realizada em bloco digestor. Os brancos analíticos foram preparados da mesma forma, com ausência da amostra.

O bloco foi ligado e após atingir 60 °C foi mantido nessa temperatura por mais 30 minutos, a temperatura foi aumentada para 120°C durante 1 hora e depois para 130°C durante mais 3 horas. Após 2 horas a 130°C, foram adicionados 2 mL de peróxido de hidrogênio -  $\text{H}_2\text{O}_2$  (Merck, Darmstadt, Alemanha), e 1 mL a cada 30 minutos, até completar a 1 hora restante. O material digerido foi transferido para tubo de polipropileno e o volume foi completado para 25

mL com água ultrapura e filtrada com filtro de seringa com porosidade de 0,45 µm (Merck, Millipore). As amostras digeridas foram armazenadas em geladeira até as análises.

#### 2.4 Determinação dos elementos

A identificação e quantificação dos elementos Zn, K, Mn, Mg, S, P, Fe, Cu e Na nas soluções digeridas, foram realizadas em um espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado - ICP OES (modelo Varian 710-ES, Austrália). Para isso, foi preparada uma curva de calibração externa com uma solução multielementar a partir de padrões de 1000 mg L<sup>-1</sup> dos seguintes analitos: Zn, K, Mn, Mg, S, P, Fe, Cu, Na. A quantificação dos elementos nas soluções digeridas para Cr, Ni, As, Se, Cd e Pb foram realizadas em um espectrômetro de massa com plasma indutivamente acoplado – ICP-MS (modelo 7800, Agilent, EUA). Para isso, foi preparada uma curva de calibração externa com uma solução multielementar dos seguintes isótopos: <sup>52</sup>Cr<sup>+</sup>, <sup>58</sup>Ni<sup>+</sup>, <sup>75</sup>As<sup>+</sup>, <sup>78</sup>Se<sup>+</sup>, <sup>114</sup>Cd<sup>+</sup> e <sup>208</sup>Pb<sup>+</sup>. As condições operacionais do ICP OES e ICP-MS se encontra no Material suplementar 1.

#### 2.5 Limites de detecção e quantificação

Os valores do limite de detecção - LD e limite de quantificação – LQ foram calculados usando o desvio padrão (SD) dos sinais dos brancos analíticos para as amostras de libélulas e brancos analíticos para as amostras de sedimento (Tabela 2, Material suplementar 2). Os limites de detecção e quantificação foram calculados conforme recomendado pela IUPAC (Thompson et al., 2002).

$$LD = \frac{3 * SDBr}{Inclinação} \quad (1)$$

$$LQ = \frac{10 * SDBr}{Inclinação} \quad (2)$$

#### 2.6 Análise dos dados

Para a análise estatística foi empregado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para a comparação das concentrações dos elementos químicos no sedimento e nas libélulas entre os diferentes sítios de amostragem e foi seguido por um teste de Dunn para comparações pareadas entre os sítios. Os valores de p nos testes de Dunn foram ajustados com método de correção de Bonferroni. Também foi utilizada uma análise de correlação de Spearman para verificar a

relação entre a concentração dos elementos químicos encontrada no sedimento e nas libélulas das áreas avaliadas. As análises estatísticas foram realizadas no software R.

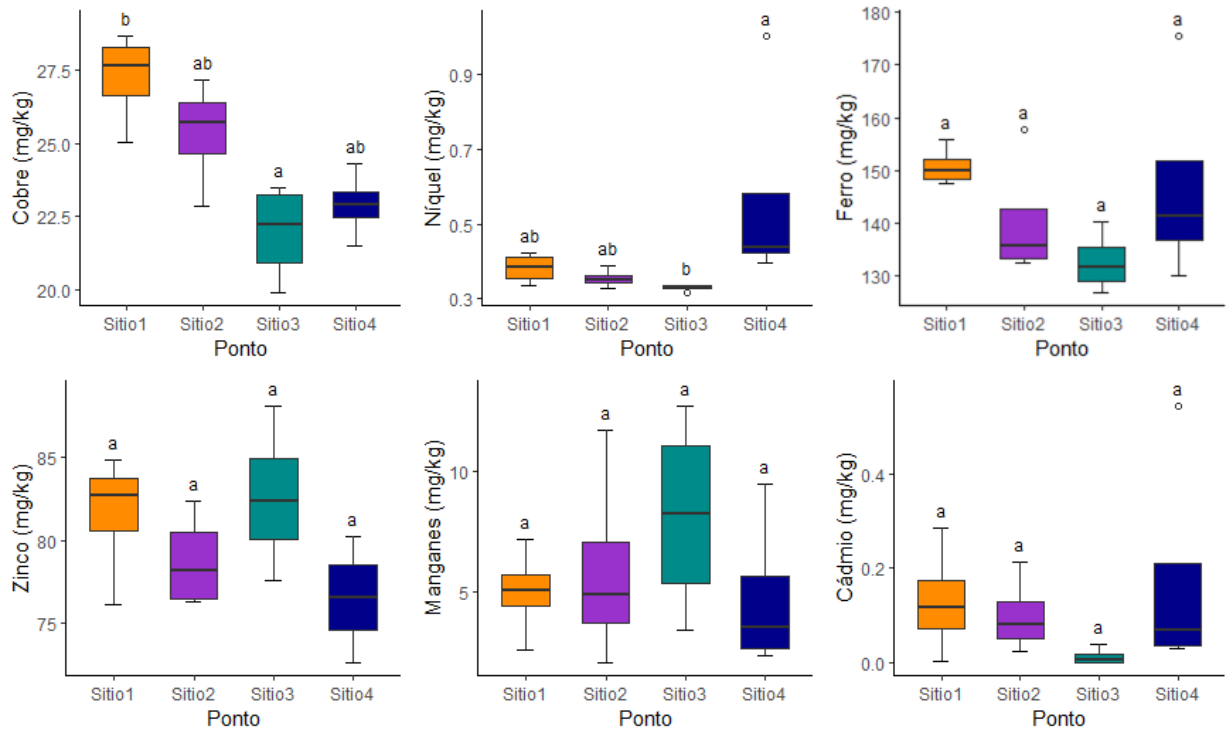
### 3 RESULTADOS

De acordo com o teste de Kruskal-Wallis (Tabela 3), as concentrações da maioria dos elementos (Mn, Fe, Zn, Mg, K, P, Na, Cd, As e Cr) determinados nas amostras dos espécimes entre os diferentes sítios não apresentaram diferença estatisticamente significativa. Apenas as concentrações de Cu, S, Ni e Se nas amostras dos espécimes foram os únicos que variaram significativamente entre os diferentes locais ( $p < 0,05$ ). O Cu variou significativamente entre os sítios 1 e 3, o S entre os sítios 1 e 4, o Ni entre os sítios 3 e 4 e o Se entre os sítios 2 e 4 de acordo com o teste a posteriori de Dunn. Não foi detectado Pb nas amostras dos espécimes de Odonata.

**Tabela 3:** Resultado do teste de Kruskal-Wallis dos elementos avaliados (Cu, S, Ni, Se, Mn, Fe, Zn, Mg, K, P, Na, Cr, As e Cd) nos espécimes de *Orthemis discolor* entre os diferentes sítios. Valores em negrito foram estatisticamente significativos  $p < 0,05$ .

Elemento químico	$\chi^2$	valor-p
<b>Cu</b>	<b>9,8162</b>	<b>0,0202</b>
<b>S</b>	<b>12,265</b>	<b>0,006529</b>
<b>Ni</b>	<b>10,566</b>	<b>0,01432</b>
<b>Se</b>	<b>8,7574</b>	<b>0,0327</b>
Mn	2,3824	0,4969
Fe	6,1544	0,1043
Zn	5,0515	0,1681
Mg	3,6618	0,3004
K	5,5147	0,1378
P	1,1691	0,7604
Na	6,1765	0,1033
Cr	5,5588	0,1352
As	3,0	0,3916
Cd	5,324	0,1496

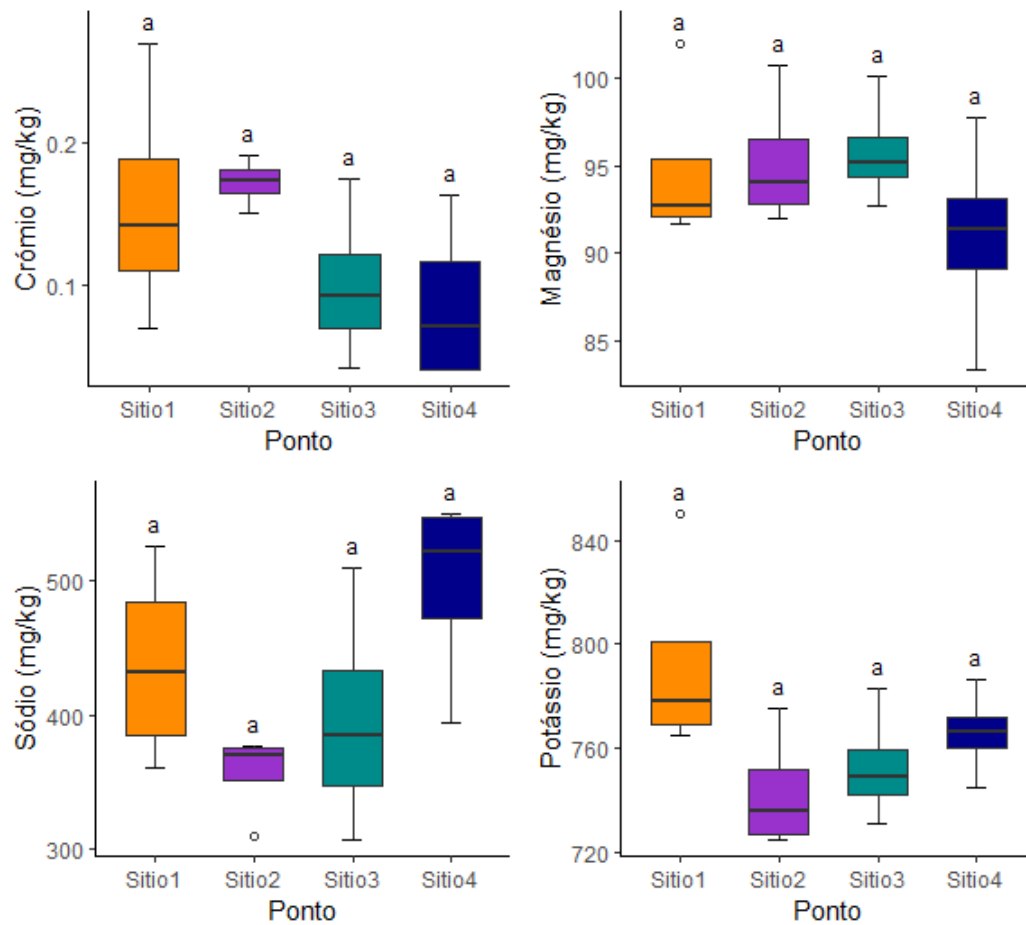
As concentrações Cu, Fe, Ni, Cd, Mn e Zn em libélulas variaram entre os sítios com concentração média de 22,0 a 27,3 mg kg<sup>-1</sup> para o Cu, 133 a 151 mg kg<sup>-1</sup> para o Fe, 0,328 a 0,569 mg kg<sup>-1</sup> para o Ni, 0,013 a 0,177 mg kg<sup>-1</sup> para o Cd, 4,74 a 8,13 mg kg<sup>-1</sup> para o Mn, e 76,5 a 82,6 mg kg<sup>-1</sup> com o Zn. A maior concentração média de Cu e Fe foi observada no sítio 1, enquanto para o Ni e o Cd foi encontrada no sítio 4. Para o Mn e Zn foi notado as maiores concentrações no sítio 3 (Figura 3).



**Figura 3:** Variação do Cobre (Cu), Níquel (Ni), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn) e Cádmio (Cd) (mediana  $\pm$  limites) nas amostras dos espécimes de *Orthemis discolor* entre os diferentes sítios amostrados na área urbana dos municípios de Ilhéus e Itabuna-BA. Letras diferentes (a ou b) acima das barras de limite superior indicam diferença nas concentrações de Cu, Ni, Fe, Zn, Mn e Cd entre os sítios.

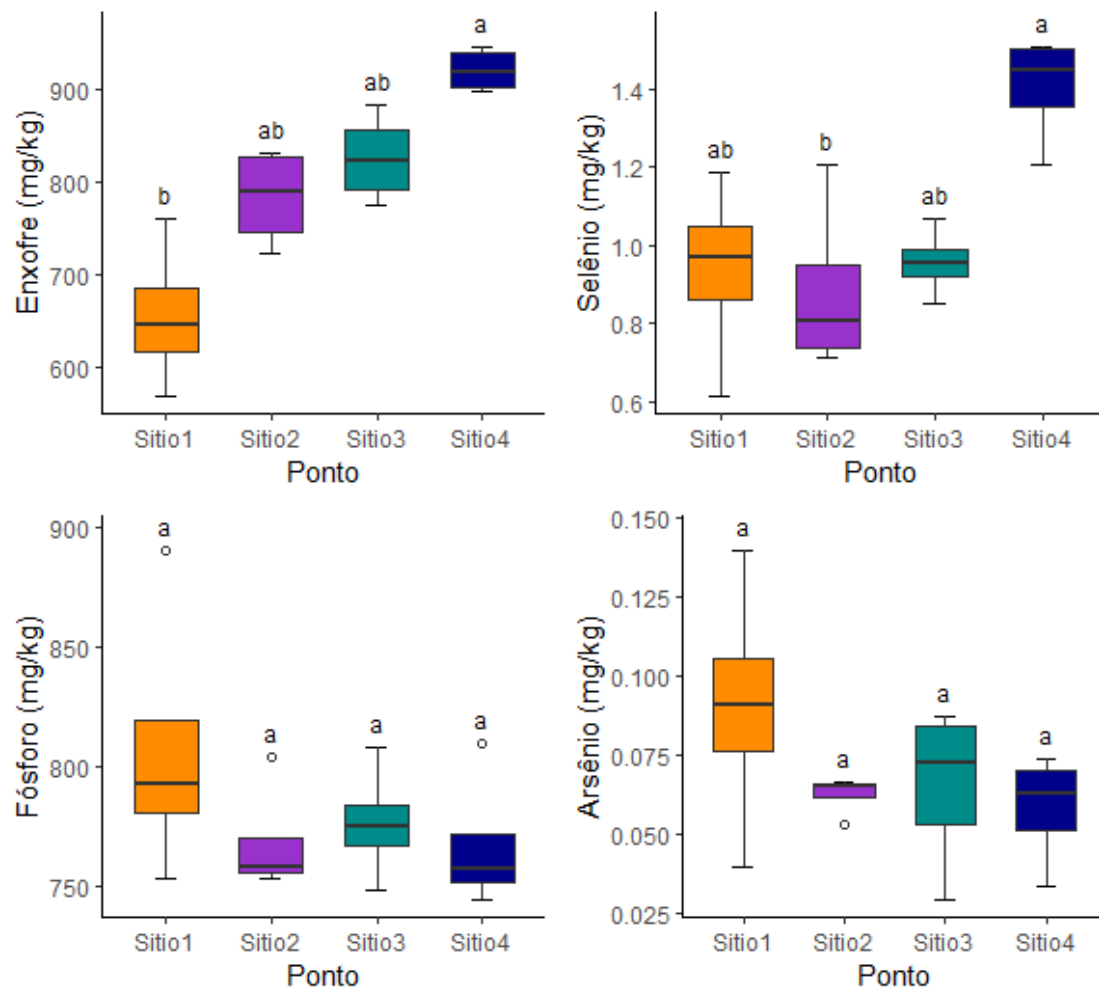
A concentração média de Mg variou de 90,9 a 95,8 mg kg<sup>-1</sup>, sendo que os maiores valores observados foram encontrados no sítio 3 e os menores no sítio 4. No entanto, para o K, Cr e Na as maiores concentrações foram encontradas nos sítios 1, 2 e 4, respectivamente (Figura 4).





**Figura 4:** Variação do Crômio (Cr), Magnésio (Mg), Sódio (Na) e Potássio (K) (mediana  $\pm$  limites) nas amostras dos espécimes de *Orthemis discolor* entre os diferentes sítios amostrados na área urbana dos municípios de Ilhéus e Itabuna-BA. Letras iguais acima das barras de limite superior indicam que não tiveram diferença significativa nas concentrações de Cr, Mg, Na e K entre os sítios.

As concentrações S, Se, P e As nas libélulas variaram entre os sítios com concentração média de 656 para 922  $\text{mg kg}^{-1}$  para o S, 0,883 para 1,4  $\text{mg kg}^{-1}$  para o Se, 767 para 807  $\text{mg kg}^{-1}$  para o P e 0,584 para 0,090  $\text{mg kg}^{-1}$  para o As. As maiores concentrações de S e Se foram observadas no sítio 4, enquanto as maiores concentrações de P e As foram no sítio 1 (Figura 5). As concentrações médias por n amostral dos elementos nas amostras de libélula nos diferentes sítios são apresentadas na Tabela 4 (Material suplementar 3).

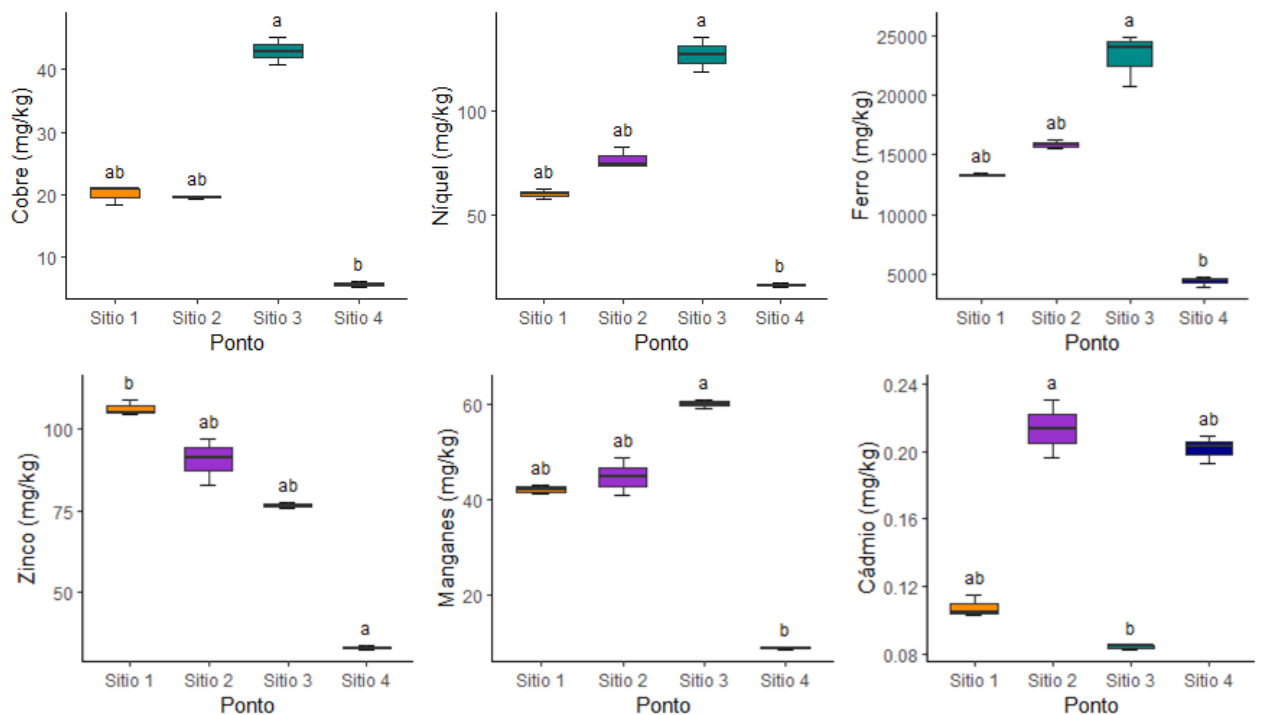


**Figura 5:** Variação do Enxofre (S), Selênio (Se), Fósforo (P) e Arsênio (As) (mediana  $\pm$  limites) nas amostras dos espécimes de *Orthemis discolor* entre os diferentes sítios amostrados na área urbana dos municípios de Ilhéus e Itabuna-BA. Letras iguais acima das barras de limite superior indicam que não tiveram diferença significativa nas concentrações de S, Se, P e As entre os sítios.

As concentrações dos elementos avaliados nos sedimentos entre os diferentes sítios tiveram diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) para todos os elementos avaliados. De acordo com teste de Kruskal-Wallis (Tabela 5), as concentrações de Cu, Ni, Fe, Zn, Mn e Cd nas amostras de sedimento, apresentaram diferença significativa entre os sítios (Figura 6). As concentrações variaram de 5,7 a 42,9 mg kg<sup>-1</sup> para Cu, 15,9 a 127 mg kg<sup>-1</sup> para Ni, 4460 a 23186 mg kg<sup>-1</sup> para Fe, 32,92 a 106 mg kg<sup>-1</sup> Zn, 8,93 a 60,1 mg kg<sup>-1</sup> para Mn e 0,084 a 0,213 mg kg<sup>-1</sup> para o Cd. O Cu, Ni, Fe e Mn variou significativamente entre os sítios 3 e 4, o Zn entre os sítios 1 e 4 e o Cd entre os sítios 2 e 3.

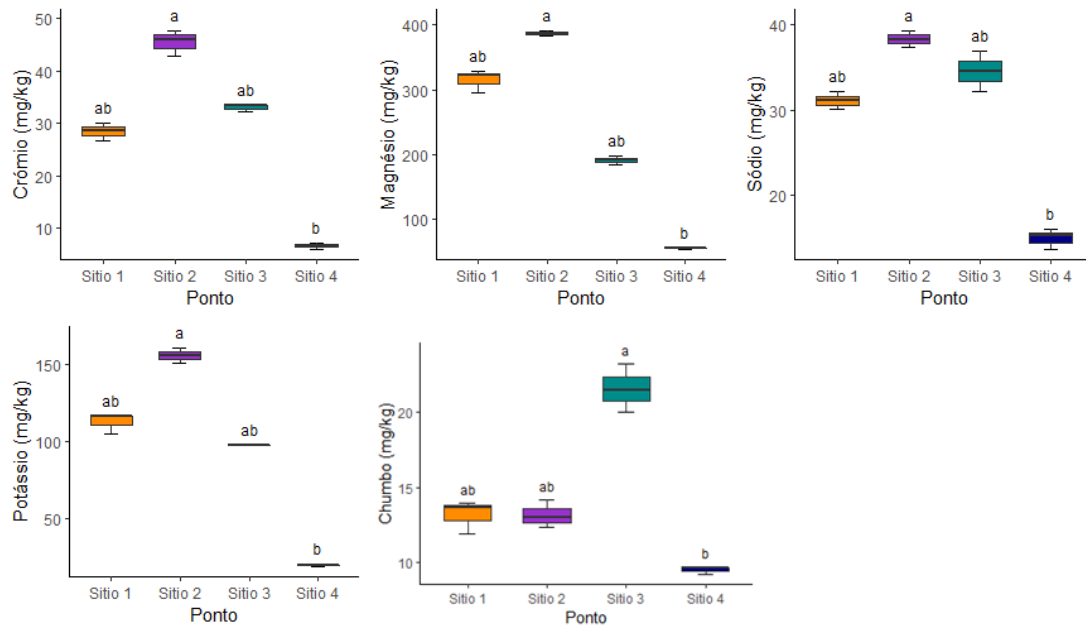
**Tabela 5:** Resultado do teste de Kruskal-Wallis dos elementos avaliados (Cu, S, Ni, Se, Mn, Fe, Zn, Mg, K, P, Na, Cr, As e Cd e Pb) nos sedimentos na área urbana dos municípios de Ilhéus e Itabuna-BA.

Elemento químico	$\chi^2$	valor-p
Cu	9,46	0,02374
S	10,38	0,01556
Ni	10,38	0,01556
Se	10,38	0,01556
Mn	9,46	0,02374
Fe	10,42	0,01531
Zn	10,38	0,01556
Mg	10,38	0,01556
K	10,38	0,01556
P	10,38	0,01556
Na	10,38	0,01556
Cr	10,38	0,01556
As	9,97	0,01879
Cd	9,66	0,02162
Pb	9,35	0,02488



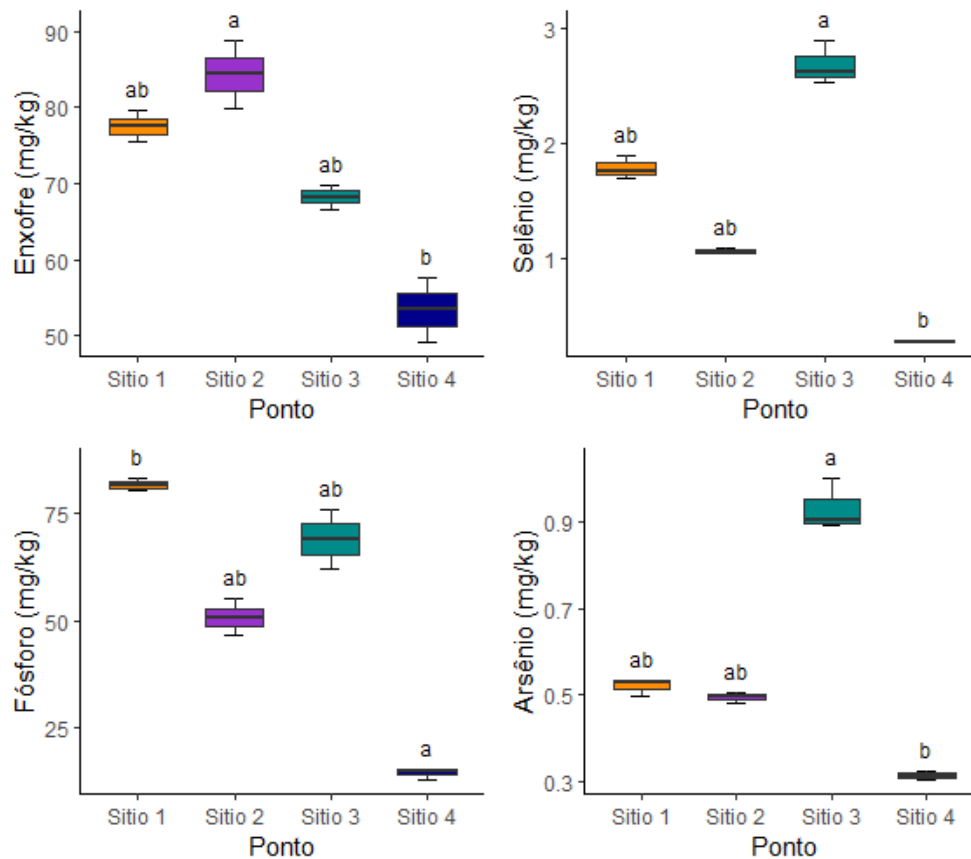
**Figura 6:** Variação do Cobre (Cu), Níquel (Ni), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn) e Cádmio (Cd) (mediana  $\pm$  limites) nos sedimentos entre os diferentes sítios amostrados na área urbana dos municípios de Ilhéus e Itabuna-BA. Letras diferentes (a ou b) acima das barras de limite superior indicam diferença nas concentrações de Cu, Ni, Fe, Zn, Mn e Cd entre os sítios.

A maior concentração de Cr, Mg, K e Na foi encontrada em sedimentos amostrados no sítio 2 e a menor concentração no sítio 4 (Figura 7). No entanto a maior concentração de Pb foi encontrada no sítio 3. As concentrações de Cr, Mg, K, Na e Pb variaram de 6,66 a 45,5 mg kg<sup>-1</sup>, 55,9 a 387 mg kg<sup>-1</sup>, 19,4 para 156 mg kg<sup>-1</sup>, 15,0 para 38,2 mg kg<sup>-1</sup> e 9,52 a 21,6 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente.



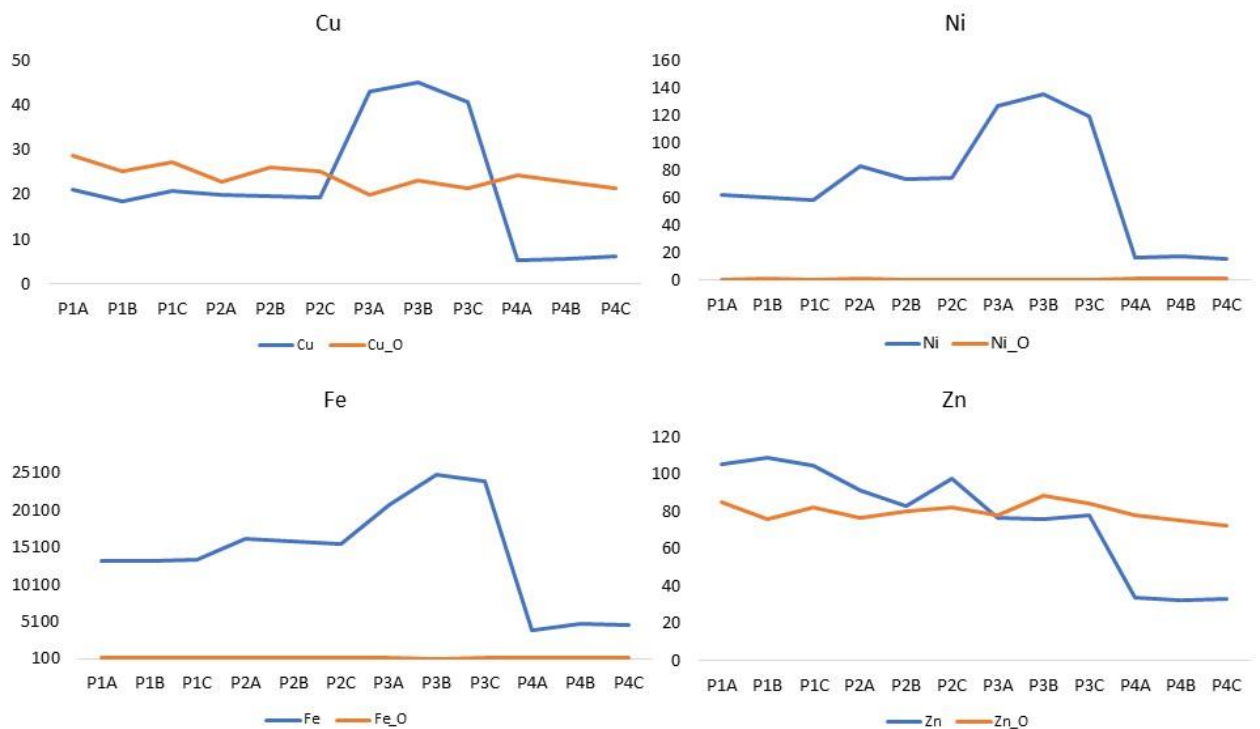
**Figura 7:** Variação do Crômio (Cr), Magnésio (Mg), Sódio (Na), Potássio (K) e Chumbo (Pb) (mediana  $\pm$  limites) nos sedimentos entre os diferentes sítios amostrados na área urbana dos municípios de Ilhéus e Itabuna-BA. Letras iguais acima das barras de limite superior indicam que não tiveram diferença significativa nas concentrações de Cr, Mg, Na, K e Pb entre os sítios.

Dentre os demais elementos avaliados nos sedimentos, o S variou de 53,4 a 84,3 mg kg<sup>-1</sup>, Se variou 0,274 a 2,68 mg kg<sup>-1</sup>, P variou de 14,5 a 81,7 mg kg<sup>-1</sup> e As variou de 0,314 a 0,932 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 8). As concentrações médias dos elementos nas amostras de sedimento nos diferentes locais são apresentadas na Tabela 6 (Material suplementar 4).



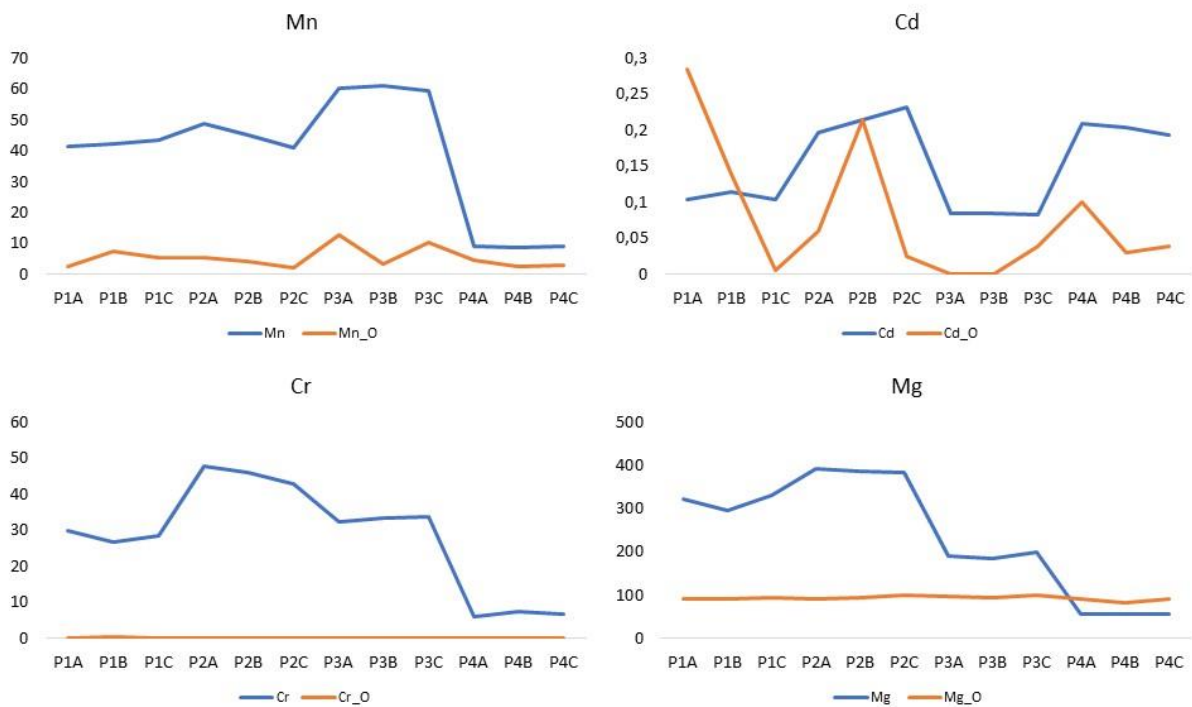
**Figura 8:** Variação do Enxofre (S), Selênio (Se), Fósforo (P) e Arsênio (As) (mediana  $\pm$  limites) nos sedimentos entre os diferentes sítios amostrados na área urbana dos municípios de Ilhéus e Itabuna-BA. Letras iguais acima das barras de limite superior indicam que não tiveram diferença significativa nas concentrações de S, Se, P e As entre os sítios.

A análise de correlação de Spearman foi aplicada para verificar a relação entre a concentração dos elementos encontrados nas amostras de sedimento e das libélulas nas áreas avaliadas. A análise de correlação não mostrou uma correlação para o Cu e Cu\_O (-0,0839,  $p=0,800$ ) e Zn e Zn\_O (0,3287,  $p=0,2974$ ), e evidenciou uma correlação negativa para o Ni e Ni\_O (-0,7832,  $p=0,0041$ ) e Fe e Fe\_O (-0,5569,  $p=0,05$ ). A Figura 9 demonstra que o Cu nos sítios 1, 2 e 4 apresentaram comportamento semelhante para os sedimentos e libélulas. No entanto, para o sítio 3 a concentração de Cu é maior que a encontrada nos espécimes. Para o Zn concentrações elevadas foram observadas no sítio 1, tanto para os espécimes como para o sedimento, já no sítio 3 e 4 a concentração de Zn encontrada nos espécimes foi superior que a encontrada nos sedimentos.



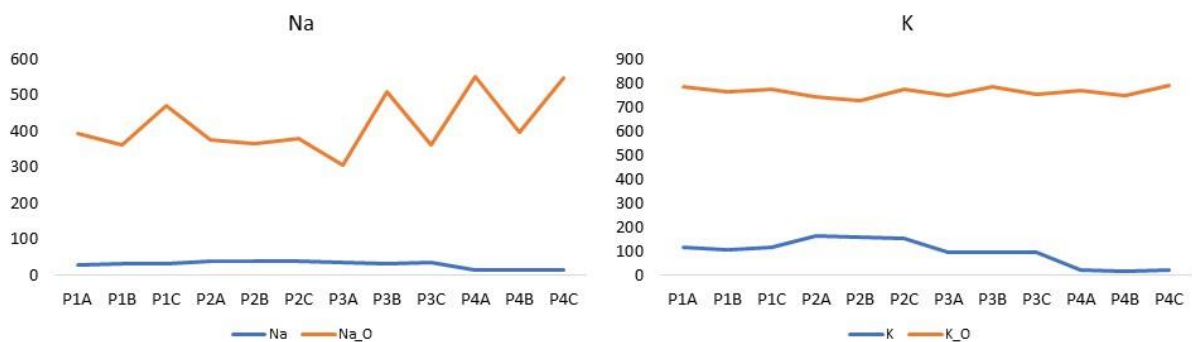
**Figura 9:** Comportamento entre as concentrações dos elementos químicos (Cu, Ni, Fe e Zn), encontrado nas amostras de sedimentos e dos espécimes de Odonata.

A análise de correlação não evidenciou uma correlação para o Cd e Cd<sub>O</sub> (0,3467, p=0,2695), Cr e Cr<sub>O</sub> (0,2517, p=0,4301) e Mg e Mg<sub>O</sub> (0,489, p= 0,1096) e evidenciou uma correlação positiva para o Mn e Mn<sub>O</sub> (0,6084, p= 0,04). Ao analisar o comportamento do Mn entre os sítios, é possível observar que eles apresentam comportamento parecidos, com exceção do sítio 3 que a concentração do Mn ficou quase linear (Figura 10). No entanto para o Mg a curva teve um comportamento próximo a linearidade nas concentrações encontradas nos espécimes, porém o mesmo comportamento não foi observado para o sedimento. Já para o Cd e Cr a concentração encontrada nos espécimes foi notavelmente maior que a encontrada nas amostras de sedimento. A concentração de Cd nas amostras dos espécimes em duas amostras do sítio 3 ficaram abaixo do limite de detecção.



**Figura 10:** Comportamento entre as concentrações dos elementos químicos (Mn, Cd, Cr e Mg), encontrado nas amostras de sedimentos e dos espécimes de Odonata.

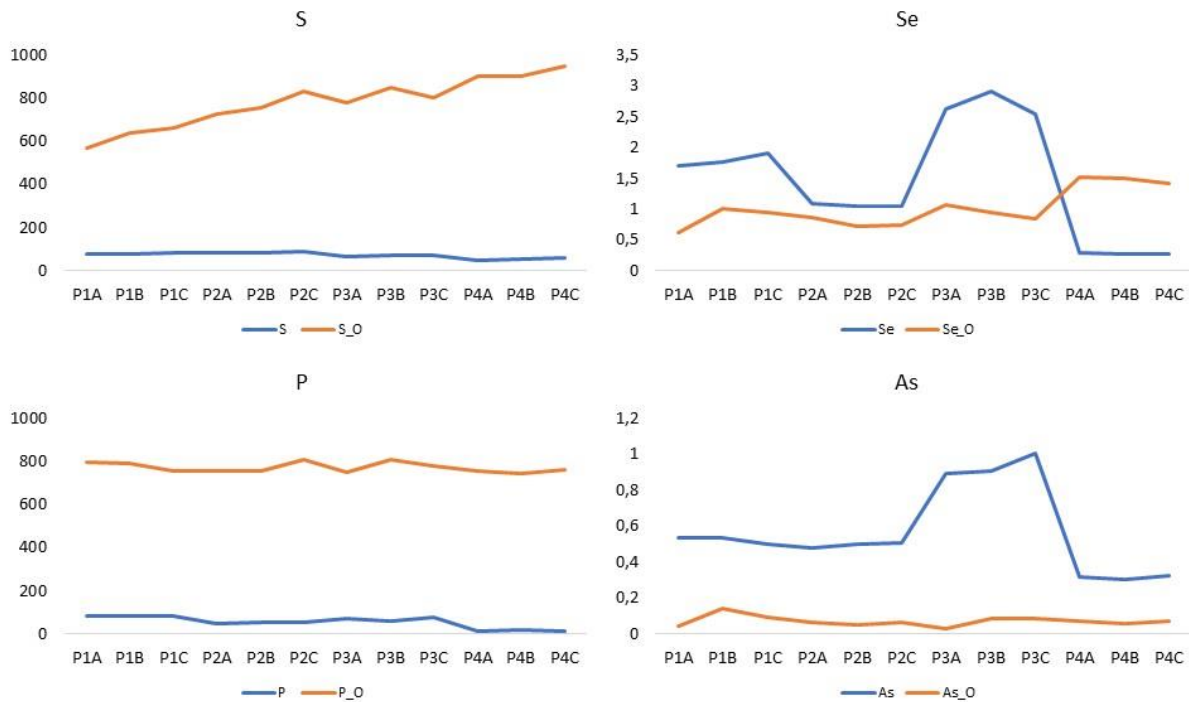
Não foi encontrada correlação para o K e K<sub>2</sub>O (-0,2587, p= 0,417), e evidenciou uma correlação negativa para o Na e Na<sub>2</sub>O (-0,6433, p= 0,0279). As maiores concentrações de Na nos espécimes foram observadas no sítio 4, porém, para o sedimento o sítio 4 foi onde encontrou as menores concentrações. A correlação negativa do Na demonstra que a medida concentração nos espécimes aumentava a concentração no sedimento diminuía (Figura 11).



**Figura 11:** Comportamento entre as concentrações dos elementos químicos (Na e K), encontrado nas amostras de sedimentos e dos espécimes de Odonata.

Não foram encontradas correlações para Se e Se<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (-0,2657, p=0,404), P e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0,238, p= 0,457) e As e As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,1398, p= 0,6672) e evidenciou uma correlação moderada para o S (-

0,6014,  $p=0,0428$ ). Para o P observou que conforme aumentava a concentração no sedimento também aumentava nos espécimes, apresentando assim comportamento semelhante entre eles (Figura 12).



**Figura 12:** Comportamento entre as concentrações dos elementos químicos (S, Se, P e As), encontrado nas amostras de sedimentos e dos espécimes de Odonata.

#### 4 DISCUSSÃO

Em geral, todos os seres vivos precisam de elementos químicos considerados essenciais para manter seu metabolismo em funcionamento (Rosabal et al., 2015; Lima et al., 2019). Dentre eles, o Cu, Mn, Fe e Zn se destacam, pois estão associados a funções importantes dentro dos organismos de grande parte dos seres vivos (Corbi et al., 2018). Em nosso estudo o Cu, S, Ni e Se foram os únicos elementos que apresentaram uma variação na concentração entre os sítios amostrados, tanto nos espécimes de Odonata, quanto no sedimento. Essa diferença na concentração de Cu, S, Ni e Se no sedimento entre os sítios podem estar relacionados com diferentes causas, como, a perda da vegetação ciliar em torno dos canais e a quantidade de contaminação por poluentes químicos que podem ser carreados das áreas adjacentes aos sítios de amostragem. Consequentemente, isso interfere também na concentração encontrada nos espécimes já que as odonatas são organismos anfibióticos, com fase imatura aquática, e o sedimento é considerado um grande sumidouro de elementos químicos. No entanto, não foi observada uma correlação entre a concentração de Cu e Se no sedimento com a dos espécimes



adultos. Estudos anteriores que avaliaram a concentração desse elemento têm demonstrado que o Cu possui altos fatores de acumulação no biossedimento, que é a razão entre as concentrações de metais nos organismos e o sedimento em que vivem (Maar et al., 2018; Firth et al., 2019).

Os espécimes apresentaram concentrações médias de vários elementos potencialmente tóxicos, como o Ni e Se, concentração média de 0,5689 e 1,405 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. No entanto, estudo conduzido com espécimes de Odonata na fase adulta encontraram concentrações superiores a observada em nosso estudo, com concentração média de 1,4 e 2,1 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Lesch; Bouwman, 2018). As concentrações elevadas de Ni e Se são provavelmente causadas por fertilizantes (Dean et al., 1972; Hamilton, 2004), que consequentemente chega nos ecossistemas aquáticos através do processo de lixiviação.

Nos adultos de Odonata, o Mn apresentou concentração máxima de 12,7 mg kg<sup>-1</sup>. Quando comparado com outros estudos, esse valor é considerado baixo. Em espécimes *Gomphus flavipes* (Anisoptera: Gomphidae) na fase imatura, a concentração média encontrada foi de 160 mg kg<sup>-1</sup> (Simon et al., 2017). O Mn é um microelemento importante para processos fisiológicos e desempenham papéis fundamentais no funcionamento biológico dos organismos (Sheikhzadeh; Hamidian, 2021). Embora o Mn seja um dos elementos biologicamente essenciais para o desenvolvimento de organismos aquáticos, esse elemento pode causar toxicidade em concentrações elevadas (Abarshi; Dantala; Mada, 2017).

O Fe foi detectado em altas concentrações tanto nas Odonatas como nos sedimentos. Porém, ele não é considerado tóxico para os organismos e se encontra presente na hemoglobina de alguns animais, incluindo algumas espécies de insetos aquáticos, como é o caso de algumas dípteras do gênero *Chironomus*. (Corbi et al., 2018). Porém ainda não se sabe se as odonatas possuem hemoglobina (Hanrrison et al., 2012) e a importância dele para esses organismos.

Em relação ao Zn, a concentração máxima encontrada foi de 88,1 mg kg<sup>-1</sup>. Estudo realizado em rios poluídos tem detectado concentrações altas desse elemento nas fases imaturas de libélulas da família Gomphidae com cerca de 362 mg kg<sup>-1</sup> (Addo-Bediako; Malakane, 2020). Esse valor é cerca de quatro vezes maior que o encontrado nos adultos em nosso estudo (< 90 mg kg<sup>-1</sup>). Nos invertebrados aquáticos, o Zn e Cu se acumulam nas células, principalmente no citosol, onde podem posteriormente exercer seu efeito tóxico, enquanto metais como Fe e Mn são absorvidos em grandes quantidades pela superfície do corpo e se prendem à cutícula desses invertebrados (Lima et al., 2019). Um estudo conduzido com larvas de Odonata mostrou que alguns gêneros, como *Erythrodiplax*, *Orthemis*, *Tramea*, *Dythemis*, *Phyllocycla*, *Argia* e *Perithemis*, podem ser mais tolerantes à presença de metais, pois foram frequentemente registradas em riachos com altas concentrações de Zn, Mn, Cu e Fe (Bruno et al., 2022).

Nos espécimes adultos de *O. discolor* as concentrações médias de Cr, As e Cd na amostra foi de 0,1715; 0,0905 e 0,1774 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Em estudo conduzido por Xie et al. (2009), foi demonstrado que a dieta é uma rota significativa de exposição ao Cd. Durante os estágios larvais de crescimento, a exposição a elementos potencialmente tóxicos e outras substâncias poluentes pode prejudicar a metamorfose e o desenvolvimento dos insetos na fase adulta (Cetínico et al., 2021). Além disso, a exposição a contaminantes leva à diminuição de emergência de adultos (Lidman et al., 2020). O que pode ser um problema sério para as espécies em se desenvolverem nesses ambientes com altas concentrações desse elemento.

No sedimento, a concentração máxima de Cu na amostra foi de 42,9 mg kg<sup>-1</sup>. Resultado semelhante ao encontrado em estudo em riachos urbanos no Estado de Minas Gerais, com uma concentração máxima de 43,63 mg kg<sup>-1</sup> (Bruno et al., 2022). O mesmo estudo também detectou concentrações baixas de Cu em áreas preservadas, com valores abaixo do limite de detecção da técnica FAAS para esse metal (Bruno et al., 2022). Ou seja, os impactos causados pela urbanização contribuem para o aumento de Cu nos ambientes aquáticos. Neste estudo, também registramos uma alta concentração de Ni no sítio 3, com 127 mg kg<sup>-1</sup>. A presença de Ni nos sítios de amostragem pode, portanto, ser atribuída à contaminação antrópica (Haus et al. 2007).

A maior concentração de Zn encontrada no sedimento foi 106 mg kg<sup>-1</sup> no ponto P1. Resultados semelhantes foram registrados em rios que estavam adjacentes a estação de tratamento de efluentes no Noroeste da Líbia, que apresentaram uma concentração de 95,6 mg kg<sup>-1</sup> (Nour, 2019). Sendo um indicativo de que a área de estudo está afetada por fontes antrópicas (Anaya-Gregorio et al., 2018), como também pode ser o caso dos nossos sítios de amostragem.

As maiores concentrações de Cd e Cr foram encontradas no sítio 2, com valores de 0,213 mg kg<sup>-1</sup> e 45,5 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. No entanto, uma maior concentração de Pb foi encontrada no sítio 3, com concentração máxima de 21,6 mg kg<sup>-1</sup>. Estudos realizados em sedimentos do rio Ganga na Índia encontraram resultados semelhantes ao do nosso estudo, com concentração máxima de 0,9 mg kg<sup>-1</sup> para Cd, 66,27 mg kg<sup>-1</sup> para Cr e 33,43 mg kg<sup>-1</sup> para Pb (Das et al., 2023). O Pb, Cd, Cr e As é conhecido por ser tóxico para a biota e invertebrados aquáticos. Sabe-se ainda que o Cd causa danos às brânquias dos organismos aquáticos (Schuwerack et al. 2007). No entanto, o Pb tem como característica a alta afinidade por tecido dos animais, onde podem estar concentrados em níveis variados (Martinez et al., 2004), dessa forma, a concentração de Pb bioacumulada nos insetos aquáticos pode ser maior que a

encontrada no sedimento (Anya, et al., 2023), porém em nosso estudo não foi possível detectar concentração de Pb nas libélulas.

Uma correlação positiva moderada, mas significativa, foi observada para Mn, evidenciando que conforme aumenta a concentração de Mn no sedimento também aumenta a concentração de Mn presente nos espécimes. Por outro lado, uma correlação negativa foi observada para o S, Ni, Fe e Na, evidenciando que conforme aumenta a concentração desses elementos no sedimento há uma diminuição da quantidade encontrada nos espécimes adultos. A baixa taxa de correlação positiva encontrada entre a maior parte dos elementos avaliados no sedimento com os espécimes sugere que os espécimes podem ter um controle eficiente de se manterem em áreas com grandes concentrações de elementos químicos sem absorverem ou com mecanismos eficientes de retirada do excesso desses elementos do organismo.

Este estudo mostrou que a detecção de metais e não-metais em adultos *Orthemis discolor* (Odonata) e no sedimento de córregos em áreas urbanas é uma análise útil para a obtenção de informações sobre o estado dos cursos de água doce e da biodiversidade associada a esses ecossistemas. Não foram observadas grandes variações na concentração dos elementos no sedimento dos diferentes sítios avaliados. O que já era esperado, pois todos os pontos na área de estudo estão submetidos a impactos de atividades antrópicas semelhantes. Entre os espécimes, para alguns elementos como o Cu, S, Ni e Se foi evidenciado uma diferença na concentração dos elementos entre os sítios. Dentre todos os elementos avaliados somente o Mn apresentou uma correlação positiva entre a concentração encontrado no sedimento e nos espécimes. Pesquisas com essa abordagem nos permite entender como os impactos ligados a urbanização podem afetar os ecossistemas aquáticos e a biodiversidade. No entanto, é necessário também estudos que considerem o nível de acumulação desses elementos nos espécimes aquáticos associando as fases imaturas com outros compartimentos ambientais, como, por exemplo, a coluna d'água. E o impacto do aumento das concentrações desses elementos oriundos das áreas urbanas e industriais nas teias tróficas, que são cruciais para a manutenção dos ecossistemas aquáticos e terrestres.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarshi, M. M., Dantala, E. O., & Mada, S. B. (2017). Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of croaker fish from oil spilled rivers of Niger Delta region, Nigeria. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7(6), 563–568. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2017.05.008>
- Addo-Bediako, A., & Malakane, K. (2020). Preliminary assessment of chemical elements in sediments and larvae of gomphidae (Odonata) from the blyde river of the olifants river system, South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 1–10. <https://doi.org/10.3390/ijerph17218135>
- Anaya-Gregorio, A., Armstrong-Altrin, J. S., Machain-Castillo, M. L., Montiel-García, P. C., & Ramos-Vázquez, M. A. (2018). Textural and geochemical characteristics of late pleistocene to holocene fine-grained deep-sea sediment cores (GM6 and GM7), recovered from southwestern gulf of Mexico. *Journal of Palaeogeography*, 7(1), 1–19. <https://doi.org/10.1186/s42501-018-0005-3>
- Anya, C.B., Odo, G.E. Heavy Metal Concentration and Pollution Status of Cross River in Afikpo Catchment Area, Ebonyi State, Nigeria. *Chemistry Africa* 6, 2187–2197 (2023). <https://doi-org.ez27.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s42250-023-00648-w>
- Brito, G. B., da Silva Júnior, J. B., Dias, L. C., de Santana Santos, A., Hadlich, G. M., & Ferreira, S. L. C. (2020). Evaluation of the bioavailability of potentially toxic metals in surface sediments collected from a tropical river near an urban area. *Marine Pollution Bulletin*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111215>
- Bruno, C. G. C., Gonçalves, R. C., Dos Santos, A., Facure, K. G., Corbi, J. J., & Jacobucci, G. B. (2022). The relationship between sediment metal concentration and Odonata (Insecta) larvae assemblage structure in Cerrado streams. *Limnetica*, 41(1), 27–41. <https://doi.org/10.23818/limn.41.03>
- Carvalho, M. A. R., Botero, W. G., & de Oliveira, L. C. (2022). Natural and anthropogenic sources of potentially toxic elements to aquatic environment: a systematic literature review. In *Environmental Science and Pollution Research* (Vol. 29, Issue 34, pp. 51318–51338). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20980-x>
- Castro, D. M. P., Callisto, M., Solar, R. R. C., Macedo, D. R., & Fernandes, G. W. (2019). Beta diversity of aquatic invertebrates increases along an altitudinal gradient in a Neotropical mountain. *Biotropica*, 51(3), 399–411. <https://doi.org/10.1111/btp.12660>
- Cetinić, K.A., Previšić, A., Rožman, M., 2021. Holo- and hemimetabolism of aquatic insects: implications for a differential cross-ecosystem flux of metals. *Environ. Pollut.* 277. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116798>.
- Centofanti, T., Chaney, R. L., Beyer, W. N., McConnell, L. L., Davis, A. P., & Jackson, D. (2016). Assessment of Trace Element Accumulation by Earthworms in an Orchard Soil Remediation Study Using Soil Amendments. *Water, Air, and Soil Pollution*, 227(9). <https://doi.org/10.1007/s11270-016-3055-0>

- Corbett, P. S., & May, M. L. (2008). Fliers and perchers among Odonata: dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal. In *International Journal of Odonatology* (Vol. 11, Issue 2).
- Corbi, J. J., Costa, C. G., Gorni, G. R., Colombo, V., & Rios, L. (2018). Environmental diagnosis of metals in streams near sugarcane cultivation areas: Current and historical analysis in the central region of the state of São Paulo. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, *90*(3), 2711–2719. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170808>
- Costa, L. M., Santos, D. C. M. B., Hatje, V., Nóbrega, J. A., & Korn, M. G. A. (2009). Focused-microwave-assisted acid digestion: Evaluation of losses of volatile elements in marine invertebrate samples. *Journal of Food Composition and Analysis*, *22*(3), 238–241. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.017>
- Das, B.K., Kumar, V., Chakraborty, L., Swain, H.S., Ramteke, M.H., Saha, A., Das, A., Bhor, M., Upadhyay, A., Jana, C., Manna, R.K., Samanta, S., Tiwari, N.K., Ray, A., Roy, S., Bayen, Das Gupta, S., 2023. Receptor model-based source apportionment and ecological risk assessment of metals in sediment of river Ganga, India. *Mar. Pollut. Bull.* *195*, 115477
- De Marco, P., Batista, J. D., & Cabette, H. S. R. (2015). Community assembly of adult odonates in tropical streams: An ecophysiological hypothesis. *PLoS ONE*, *10*(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123023>
- Demarco, C. F., Afonso, T. F., Pieniz, S., Selau, F. C., Machado, F. M., & Andrezza, R. (2023). Potential Phytoremediation of Aquatic Macrophyte Species for Heavy Metals in Urban Environments in the Southern Area of Brazil. *Sustainability (Switzerland)*, *15*(1). <https://doi.org/10.3390/su15010419>
- Dean, J.G., Bosqui, F.L., Lanouette, K.H., 1972. Removing metallic elements from waste water. *Environ. Sci. Technol.* *6*, 518e522
- Fan, S., Chen, J., Fan, C., Chen, G., Liu, S., Zhou, H., Liu, R., Zhang, Y., Hu, H., Huang, Z., Qin, Y., & Liang, J. (2021). Fabrication of a CO<sub>2</sub>-responsive chitosan aerogel as an effective adsorbent for the adsorption and desorption of heavy metal ions. *Journal of Hazardous Materials*, *416*. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126225>
- Firth, D. C., Salie, K., O'Neill, B., & Hoffman, L. C. (2019). Monitoring of trace metal accumulation in two South African farmed mussel species, *Mytilus galloprovincialis* and *Choromytilus meridionalis*. *Marine Pollution Bulletin*, *141*, 529–534. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.007>
- Gárriz, Á., del Fresno, P. S., Carriquiriborde, P., & Miranda, L. A. (2019b). Effects of heavy metals identified in Chascomús shallow lake on the endocrine-reproductive axis of pejerrey fish (*Odontesthes bonariensis*). *General and Comparative Endocrinology*, *273*, 152–162. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2018.06.013>

- Gheorghe, S., Stoica, C., Vasile, G. G., Nita-Lazar, M., Stanescu, E., & Lucaciu, I. E. (2017). Metals Toxic Effects in Aquatic Ecosystems: Modulators of Water Quality. In *Water Quality*. InTech. <https://doi.org/10.5772/65744>
- Gładysz, M., Doleżych, B., Cuber, P., Karcz, J., Łaszczyca, P., & Miszta, A. (2016). Mud sediments on anal pyramids of *Libellula quadrimaculata* larvae Mud sediments on anal pyramids of *Libellula quadrimaculata* larvae-accidental phenomenon or bioindicator of heavy metal pollution? (Odonata: Libellulidae). *Odonatologica*, 45(4), 179–189. <https://doi.org/10.5281/zenodo.163445>
- Haldar, S., & Ghosh, A. (2020). Microbial and plant-assisted heavy metal remediation in aquatic ecosystems: a comprehensive review. In *3 Biotech* (Vol. 10, Issue 5). Springer. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02195-4>
- Hamilton, S.J., 2004. Review of selenium toxicity in the aquatic food chain. *Sci. Total Environ.* 326, 1e31
- Haus, N., Zimmermann, S., Wiegand, J., Sures, B., 2007. Occurrence of platinum and additional traffic related heavy metals in sediments and biota. *Chemosphere* 66, 619–629.
- Hinojosa-Garro, D., Osten, J. R. von, & Dzul-Caamal, R. (2020). Banded tetra (*Astyanax aeneus*) as bioindicator of trace metals in aquatic ecosystems of the Yucatan Peninsula, Mexico: Experimental biomarkers validation and wild populations biomonitoring. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 195. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110477>
- Javed, M., & Usmani, N. (2019). An Overview of the Adverse Effects of Heavy Metal Contamination on Fish Health. In *Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B - Biological Sciences* (Vol. 89, Issue 2, pp. 389–403). Springer. <https://doi.org/10.1007/s40011-017-0875-7>
- Jumaat, A. H., & Hamid, S. A. (2023). Monitoring Heavy Metal Bioaccumulation in Rivers Using Damselflies (Insecta: Odonata, Zygoptera) as Biological Indicator. *Sains Malaysiana*, 52(2), 321–331. <https://doi.org/10.17576/jsm-2023-5202-01>
- Knight, T. M., McCoy, M. W., Chase, J. M., McCoy, K. A., & Holt, R. D. (2005). Trophic cascades across ecosystems. *Nature*, 437(7060), 880–883. <https://doi.org/10.1038/nature03962>
- Lesch, V., & Bouwman, H. (2018). Adult dragonflies are indicators of environmental metallic elements. *Chemosphere*, 209, 654–665. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.06.029>
- Lidman, J., Jonsson, M., Berglund, Å.M., 2020. The effect of lead (Pb) and zinc (Zn) contamination on aquatic insect community composition and metamorphosis. *Sci. Total Environ.* 734, 139406. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139406>.
- Lima, J. C. S., Gazonato Neto, A. J., de Pádua Andrade, D., Freitas, E. C., Moreira, R. A., Miguel, M., Daam, M. A., & Rocha, O. (2019). Acute toxicity of four metals to three

- tropical aquatic invertebrates: The dragonfly *Tramea cophysa* and the ostracods *Chlamydotheca* sp. and *Strandesia trispinosa*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 180, 535–541. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.05.018>
- Maar, M., Larsen, M. M., Tørring, D., & Petersen, J. K. (2018). Bioaccumulation of metals (Cd, Cu, Ni, Pb and Zn) in suspended cultures of blue mussels exposed to different environmental conditions. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 201, 185–197. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.10.010>
- Martinez CBR, Nagae MY, Zaia CTU, Zaia DAM (2004) Acute morphological and physiological effects of lead in the neotropical fish, *Prochilodus lineatus*. *Braz J Biol* 64(4):797–807
- Nasirian, H., & Irvine, K. N. (2017). Odonata larvae as a bioindicator of metal contamination in aquatic environments: application to ecologically important wetlands in Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(9). <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6145-6>
- Nguyen, T. Q., Sesin, V., Kisiala, A., & Emery, R. J. N. (2021). Phytohormonal Roles in Plant Responses to Heavy Metal Stress: Implications for Using Macrophytes in Phytoremediation of Aquatic Ecosystems. In *Environmental Toxicology and Chemistry* (Vol. 40, Issue 1, pp. 7–22). Wiley Blackwell. <https://doi.org/10.1002/etc.4909>
- Noor-Ul-Islam, H., Khan, K., Zia, S. A., Naeem, M., & Shams, W. A. (2021). Heavy Metals Accumulation in Dragonflies (Odonata) and Their Habitats in District Swabi, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan: Assessing Dragonfly Bionomics in the Region. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 107(5), 838–847. <https://doi.org/10.1007/s00128-021-03338-w>
- Nour, H. E. S. (2019). Assessment of heavy metals contamination in surface sediments of Sabratha, Northwest Libya. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(6). <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4343-y>
- Oliveira-Junior, J. M. B., & Juen, L. (2019). The Zygoptera/Anisoptera Ratio (Insecta: Odonata): a New Tool for Habitat Alterations Assessment in Amazonian Streams. *Neotropical Entomology*, 48(4), 552–560. <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00672-x>
- Rodrigues, M. E., Roque, F. D. O., Guillermo-Ferreira, R., Saito, V. S., & Samways, M. J. (2019). Egg-laying traits reflect shifts in dragonfly assemblages in response to different amount of tropical forest cover. *Insect Conservation and Diversity*, 12(3), 231–240. <https://doi.org/10.1111/icad.12319>
- Rosabal, M., Pierron, F., Couture, P., Baudrimont, M., Hare, L., & Campbell, P. G. C. (2015). Subcellular partitioning of non-essential trace metals (Ag, As, Cd, Ni, Pb, and Tl) in livers of American (*Anguilla rostrata*) and European (*Anguilla anguilla*) yellow eels. *Aquatic Toxicology*, 160, 128–141. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2015.01.011>

- Roy, A., Sharma, A., Yadav, S., Jule, L. T., & Krishnaraj, R. (2021). Nanomaterials for Remediation of Environmental Pollutants. In *Bioinorganic Chemistry and Applications* (Vol. 2021). Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2021/1764647>
- Šigutová, H., Šipoš, J., & Dolný, A. (2019). A novel approach involving the use of Odonata as indicators of tropical forest degradation: When family matters. *Ecological Indicators*, *104*, 229–236. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.05.001>
- Simon, E., Kis, O., Jakab, T., Kolozsvári, I., Málnás, K., Harangi, S., Baranyai, E., Miskolczi, M., Tóthmérész, B., & Dévai, G. (2017). Assessment of contamination based on trace element concentrations in Gomphus flavipes (Odonata: Insect) larvae of the Upper Tisza Region. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *136*, 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.10.034>
- Schuwerack, P.M.M., Lewis, J.W., Jones, P.W., 2007. Interactive cellular and physiological responses of the freshwater crab Potamonautes warreni to cadmium and microbial gill infestations. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* *67*, 302–310. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2006.08.010>
- Sheikhzadeh, H., & Hamidian, A. H. (2021). Bioaccumulation of heavy metals in fish species of Iran: a review. In *Environmental Geochemistry and Health* (Vol. 43, Issue 10, pp. 3749–3869). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s10653-021-00883-5>
- Valente-Neto, F., De Oliveira Roque, F., Rodrigues, M. E., Juen, L., & Swan, C. M. (2016). Toward a practical use of Neotropical odonates as bioindicators: Testing congruence across taxonomic resolution and life stages. *Ecological Indicators*, *61*, 952–959. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.10.052>
- Vorster, C., Samways, M. J., Simaika, J. P., Kipping, J., Clausnitzer, V., Suhling, F., & Dijkstra, K. D. B. (2020). Development of a new continental-scale index for freshwater assessment based on dragonfly assemblages. *Ecological Indicators*, *109*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105819>
- Wu, X., Cobbina, S. J., Mao, G., Xu, H., Zhang, Z., & Yang, L. (2016). A review of toxicity and mechanisms of individual and mixtures of heavy metals in the environment. *Environmental Science and Pollution Research*, *23*(9), 8244–8259. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6333-x>
- Xie, L., Funk, D.H., Buchwalter, D.B., 2009. Trophic transfer of Cd from natural periphyton to the grazing mayfly Centroptilum triangulifer in a life cycle test. *Environ. Pollut.* *158* (1), 272e277. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.07.010>
- Yuan, W., Zhou, Y., Chen, Y., Liu, X., & Wang, J. (2020). Toxicological effects of microplastics and heavy metals on the Daphnia magna. *Science of the Total Environment*, *746*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141254>
- Zeytin, S., Wagner, G., Mackay-Roberts, N., Gerdtts, G., Schuirmann, E., Klockmann, S., & Slater, M. (2020). Quantifying microplastic translocation from feed to the fillet in



European sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Marine Pollution Bulletin*, 156.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111210>

**MATERIAL SUPLEMENTAR 1**

Parâmetros instrumentais aplicado ao ICP OES.

<b>Parâmetro instrumental</b>	<b>Condição operacional</b>
Potência (kW)	1,30
Vazão do gás do plasma (L min <sup>-1</sup> )	15
Vazão do gás auxiliar (L min <sup>-1</sup> )	1,50
Pressão de nebulização (kPa)	200

Parâmetros instrumentais aplicado ao ICP-MS.

<b>Parâmetro instrumental</b>	<b>Condição operacional</b>
Potência de radiofrequência (W)	1550
Vazão do gás do plasma (L min <sup>-1</sup> )	15,0
Vazão do gás auxiliar (L min <sup>-1</sup> )	1,0
Vazão do gás nebulização (L min <sup>-1</sup> )	1,0
Profundidade de amostragem (mm)	8,0
Vazão de He na célula (mL min <sup>-1</sup> )	4,5

## MATERIAL SUPLEMENTAR 2

**Tabela 2:** Limite de detecção - LD e limite de quantificação – LQ nas amostras dos espécimes de *Orthemis discolor* e sedimento na área urbana dos municípios de Ilhéus e Itabuna-BA.

Libélula			Sedimento		
Elemento	LD (mg kg <sup>-1</sup> )	LQ (mg kg <sup>-1</sup> )	Elemento	LD (mg kg <sup>-1</sup> )	LQ (mg kg <sup>-1</sup> )
<b>Cu</b>	0,34	1,15	<b>Cu</b>	0,55	1,82
<b>Fe</b>	2,4	8,0	<b>Fe</b>	18,37	61,23
<b>Mn</b>	0,50	1,66	<b>Mn</b>	0,048	0,161
<b>Zn</b>	1,53	5,09	<b>Zn</b>	4,20	14,0
<b>Na</b>	0,60	2,02	<b>Na</b>	2,95	9,84
<b>S</b>	0,43	1,43	<b>S</b>	1,11	3,69
<b>P</b>	1,88	6,26	<b>P</b>	1,05	3,49
<b>Mg</b>	0,93	3,09	<b>Mg</b>	3,25	10,85
<b>K</b>	2,39	7,96	<b>K</b>	1,33	4,45
<b>Cr</b>	0,223	0,743	<b>Cr</b>	0,193	0,643
<b>Ni</b>	0,269	0,897	<b>Ni</b>	0,79	2,65
<b>As</b>	0,044	0,145	<b>As</b>	0,572	1,905
<b>Se</b>	0,126	0,419	<b>Se</b>	0,1538	0,5128
<b>Cd</b>	0,107	0,358	<b>Cd</b>	0,0069	0,0229
<b>Pb</b>	2,74	9,13	<b>Pb</b>	0,712	2,373

### MATERIAL SUPLEMENTAR 3

**Tabela 4:** Concentração ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) dos elementos expresso em intervalo de confiança (média  $\pm$  incerteza,  $n=4$ ) em amostras de *Orthemis discolor* em áreas urbanas dos municípios de Ilhéus e Itabuna-BA.

Amostra	Cu		Fe		Mn		Zn	
	$\text{mg kg}^{-1}$	RSD (%)	$\text{mg kg}^{-1}$	RSD (%)	$\text{mg kg}^{-1}$	RSD (%)	$\text{mg kg}^{-1}$	RSD (%)
P1A1	$28,7 \pm 0,3$	1,5	$151 \pm 4$	3,7	$2,65 \pm 0,17$	9,0	$84,8 \pm 5,8$	5,8
P1A2	$25,0 \pm 0,5$	3,0	$156 \pm 5$	4,2	$7,21 \pm 0,29$	5,6	$76,1 \pm 2,7$	2,7
P1A3	$27,2 \pm 0,1$	0,6	$149 \pm 1$	1,1	$5,19 \pm 0,29$	7,7	$82,1 \pm 2,9$	2,9
P1A4	$28,2 \pm 1,4$	6,9	$147 \pm 5$	5,0	$5,01 \pm 0,26$	7,2	$83,3 \pm 5,8$	5,8
P2A1	$22,9 \pm 0,1$	0,9	$138 \pm 3$	2,6	$5,53 \pm 0,15$	3,7	$76,5 \pm 1,6$	1,6
P2A2	$26,1 \pm 0,4$	2,2	$133 \pm 1$	1,4	$4,27 \pm 0,16$	5,4	$79,8 \pm 1,4$	1,4
P2A3	$25,3 \pm 0,4$	1,9	$158 \pm 2$	1,5	$2,08 \pm 0,07$	5,0	$82,4 \pm 0,6$	0,6
P2A4	$27,2 \pm 1,7$	8,9	$134 \pm 7$	7,3	$11,7 \pm 0,3$	3,0	$76,3 \pm 0,3$	0,6
P3A1	$19,9 \pm 0,2$	1,4	$140 \pm 1$	0,6	$12,7 \pm 0,2$	2,4	$77,6 \pm 1,5$	2,6
P3A2	$23,2 \pm 0,3$	1,8	$127 \pm 3$	3,0	$3,42 \pm 0,10$	4,1	$88,1 \pm 2,1$	3,3
P3A3	$21,3 \pm 0,8$	5,4	$134 \pm 4$	4,1	$10,5 \pm 0,3$	3,4	$83,8 \pm 2,7$	4,5
P3A4	$23,5 \pm 0,3$	1,8	$130 \pm 3$	2,7	$5,99 \pm 0,36$	8,4	$80,9 \pm 4,4$	7,5
P4A1	$24,3 \pm 0,2$	1,2	$175 \pm 2$	1,4	$4,37 \pm 0,23$	7,4	$77,9 \pm 3,9$	7,1
P4A2	$22,8 \pm 0,2$	1,3	$130 \pm 1$	1,2	$2,40 \pm 0,02$	1,0	$75,3 \pm 1,8$	3,3
P4A3	$21,5 \pm 0,7$	4,8	$144 \pm 3$	2,7	$2,74 \pm 0,17$	8,5	$72,6 \pm 3,2$	6,1
P4A4	$23,0 \pm 0,5$	3,1	$139 \pm 1$	1,2	$9,44 \pm 0,40$	5,6	$80,2 \pm 0,5$	0,9

Continuação da tabela 04

Amostra	Na		S		P		Mg		K	
	mg kg <sup>-1</sup>	RSD (%)	mg kg <sup>-1</sup>	RSD (%)	mg kg <sup>-1</sup>	RSD (%)	mg kg <sup>-1</sup>	RSD (%)	mg kg <sup>-1</sup>	RSD (%)
P1A1	394 ± 12	4,3	569 ± 11	2,7	796 ± 28	4,9	91,6 ± 2,5	3,9	785 ± 23	4,1
P1A2	361 ± 8	3,0	635 ± 5	1,0	790 ± 16	2,8	92,2 ± 2,2	3,4	765 ± 19	3,4
P1A3	471 ± 5	1,3	660 ± 6	1,3	753 ± 46	8,5	93,2 ± 0,7	1,0	771 ± 9	1,7
P1A4	525 ± 4	1,0	762 ± 22	4,1	891 ± 12	1,9	102 ± 3	3,7	850 ± 28	4,7
P2A1	375 ± 13	4,7	724 ± 12	2,2	753 ± 13	2,5	92,0 ± 1,8	2,7	744 ± 25	4,7
P2A2	364 ± 22	8,4	755 ± 29	5,4	757 ± 21	3,9	95,1 ± 5,9	8,6	728 ± 29	5,5
P2A3	377 ± 17	6,4	832 ± 23	3,9	804 ± 26	4,5	101 ± 3	3,5	775 ± 26	4,6
P2A4	310 ± 17	7,4	826 ± 15	2,6	759 ± 44	8,2	93,1 ± 5,7	8,5	725 ± 42	8,1
P3A1	306 ± 3	1,3	777 ± 8	1,4	748 ± 4	0,7	95,5 ± 2,8	4,0	746 ± 4	0,8
P3A2	510 ± 14	3,8	847 ± 37	6,1	808 ± 32	5,6	94,9 ± 4,0	5,9	783 ± 18	3,2
P3A3	361 ± 0,4	0,2	798 ± 52	9,1	776 ± 45	8,1	100 ± 4	5,5	752 ± 44	8,3
P3A4	407 ± 11	3,7	884 ± 13	2,1	774 ± 10	1,9	92,7 ± 1,3	1,9	731 ± 12	2,4
P4A1	550 ± 14	3,4	903 ± 19	3,0	755 ± 14	2,5	91,6 ± 2,3	3,5	767 ± 22	4,0
P4A2	395 ± 6	2,0	899 ± 10	1,5	744 ± 4	0,7	83,3 ± 0,9	1,5	745 ± 3	0,5
P4A3	546 ± 12	3,1	947 ± 11	1,6	760 ± 5	1,0	91,1 ± 1,6	2,5	787 ± 13	2,3
P4A4	497 ± 19	5,3	938 ± 33	4,9	810 ± 26	4,5	97,8 ± 4,2	6,0	765 ± 25	4,6

Continuação da tabela 04

Amostra	Cr		Ni		As		Se		Cd	
	mg kg <sup>-1</sup>	RSD (%)	mg kg <sup>-1</sup>	RSD (%)	mg kg <sup>-1</sup>	RSD (%)	mg kg <sup>-1</sup>	RSD (%)	mg kg <sup>-1</sup>	RSD (%)
P1A1	0,124 ± 0,020	7	0,360 ± 0,036	4	0,040 ± 0,006	6	0,613 ± 0,042	3	0,285 ± 0,055	8
P1A2	0,269 ± 0,042	6	0,423 ± 0,061	6	0,140 ± 0,030	9	1,001 ± 0,108	4	0,139 ± 0,027	8
P1A3	0,070 ± 0,005	3	0,334 ± 0,030	4	0,094 ± 0,020	9	0,941 ± 0,137	6	0,005 ± 0,001	4
P1A4	0,160 ± 0,016	4	0,406 ± 0,078	8	0,088 ± 0,015	7	1,185 ± 0,269	9	0,095 ± 0,011	5
P2A1	0,178 ± 0,021	5	0,388 ± 0,076	8	0,065 ± 0,011	7	0,868 ± 0,147	7	0,060 ± 0,005	3
P2A2	0,150 ± 0,014	4	0,352 ± 0,009	1	0,053 ± 0,005	4	0,713 ± 0,131	7	0,214 ± 0,049	9
P2A3	0,190 ± 0,031	7	0,345 ± 0,014	2	0,066 ± 0,013	8	0,746 ± 0,162	9	0,025 ± 0,002	4
P2A4	0,168 ± 0,008	2	0,328 ± 0,027	3	0,067 ± 0,010	6	1,205 ± 0,194	6	0,100 ± 0,010	4
P3A1	0,080 ± 0,012	6	0,315 ± 0,015	2	0,029 ± 0,005	6	1,068 ± 0,224	8	< LD	< LD
P3A2	0,041 ± 0,007	6	0,332 ± 0,042	5	0,087 ± 0,005	3	0,943 ± 0,157	7	< LD	< LD
P3A3	0,104 ± 0,003	1	0,336 ± 0,047	6	0,084 ± 0,003	1	0,850 ± 0,137	6	0,039 ± 0,007	7
P3A4	0,174 ± 0,031	7	0,329 ± 0,069	8	0,061 ± 0,007	5	0,963 ± 0,231	10	0,014 ± 0,003	8
P4A1	0,163 ± 0,014	4	1,004 ± 0,167	7	0,069 ± 0,015	9	1,508 ± 0,285	8	0,100 ± 0,021	9
P4A2	0,040 ± 0,006	6	0,396 ± 0,086	9	0,058 ± 0,003	2	1,499 ± 0,085	2	0,029 ± 0,005	6
P4A3	0,101 ± 0,016	7	0,443 ± 0,082	7	0,074 ± 0,004	2	1,403 ± 0,136	4	0,038 ± 0,005	5
P4A4	0,040 ± 0,007	7	0,432 ± 0,048	5	0,034 ± 0,006	7	1,208 ± 0,288	10	0,542 ± 0,038	3

## MATERIAL SUPLEMENTAR 4

**Tabela 6:** Concentração ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) dos elementos expresso em intervalo de confiança (média  $\pm$  incerteza) em amostras de sedimento em córregos urbanos dos municípios de Ilhéus e Itabuna-BA.

Elemento	P1		P2		P3		P4	
	$\text{mg kg}^{-1}$	RSD (%)	$\text{mg kg}^{-1}$	RSD (%)	$\text{mg kg}^{-1}$	RSD (%)	$\text{mg kg}^{-1}$	RSD (%)
<b>Cu</b>	$20,0 \pm 1,0$	7,2	$19,6 \pm 0,2$	1,2	$42,9 \pm 1,6$	5,1	$5,70 \pm 0,31$	7,5
<b>Fe</b>	$13333 \pm 58$	0,6	$15871 \pm 270$	2,4	$23186 \pm 1545$	9,3	$4460 \pm 306$	9,6
<b>Mn</b>	$42,2 \pm 0,7$	2,4	$44,8 \pm 2,8$	8,6	$60,1 \pm 0,6$	1,4	$8,93 \pm 0,19$	3,0
<b>Zn</b>	$106 \pm 2$	2,3	$90,4 \pm 5,2$	8,0	$76,6 \pm 0,7$	1,3	$32,9 \pm 0,5$	2,1
<b>Na</b>	$31,1 \pm 0,7$	3,2	$38,2 \pm 0,7$	2,5	$34,5 \pm 1,7$	6,8	$15,0 \pm 0,8$	7,7
<b>S</b>	$77,5 \pm 1,5$	2,6	$84,3 \pm 3,2$	5,3	$68,2 \pm 1,2$	2,4	$53,4 \pm 3,0$	7,9
<b>P</b>	$81,7 \pm 1,1$	1,8	$50,8 \pm 3,1$	8,4	$69,0 \pm 5,1$	10,3	$14,5 \pm 1,0$	9,2
<b>Mg</b>	$316 \pm 12$	5,4	$387 \pm 3$	1,1	$192 \pm 5$	3,5	$55,9 \pm 1$	2,0
<b>K</b>	$113 \pm 4$	5,6	$156 \pm 4$	3,2	$97,6 \pm 0,1$	0,2	$19,4 \pm 0,5$	3,4
<b>Cr</b>	$28,4 \pm 4,1$	5,8	$45,5 \pm 6,1$	5,4	$33,1 \pm 1,8$	2,2	$6,66 \pm 1,4$	8,7
<b>Ni</b>	$59,9 \pm 5,3$	3,6	$76,7 \pm 13,3$	7,0	$127 \pm 21$	6,5	$15,9 \pm 2,8$	7,1
<b>As</b>	$0,521 \pm 0,050$	3,9	$0,494 \pm 0,032$	2,6	$0,932 \pm 0,151$	6,5	$0,314 \pm 0,023$	2,9
<b>Se</b>	$1,78 \pm 0,27$	6,0	$1,06 \pm 0,06$	2,4	$2,68 \pm 0,47$	7,1	$0,274 \pm 0,022$	3,2
<b>Cd</b>	$0,107 \pm 0,016$	5,8	$0,213 \pm 0,043$	8,0	$0,084 \pm 0,003$	1,5	$0,202 \pm 0,020$	4,0
<b>Pb</b>	$13,2 \pm 2,7$	8,3	$13,2 \pm 2,4$	7,2	$21,6 \pm 4,0$	7,5	$9,52 \pm 0,66$	2,8

