

## ESTUDO DE INDICADORES DA CONTAMINAÇÃO DO RIO MELCHIOR PELA OCUPAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA PELO USO URBANO

*STUDY OF CONTAMINATION INDICATORS IN THE MELCHIOR RIVER BY THE WATERSHED OCCUPATION BY URBAN USE*

**Ana Beatriz de Alcantara ROCHA, Geraldo Resende BOAVENTURA, Myller de Sousa TONHÁ, Vitória Rodrigues Ferreira BARBOSA, Caio Murillo Santana de ALMEIDA, Jeremie GARNIER**

Universidade de Brasília. Instituto de Geociências, Câmpus Universitário Darcy Ribeiro ICC – Ala Central. Brasília – DF.

E-mails: anab.alcantarar@gmail.com; grbunb@unb.br; myllerquimico@gmail.com; vitoriarfb@gmail.com;

caiomurillo99@gmail.com; garnier@unb.br

Introdução  
Metodologia  
  Área de estudo  
  Análise da qualidade da água e dos sedimentos  
  Tratamento estatístico  
    *Análise de Componentes Principais (PCA)*  
    *Índices de Geoacumulação*  
    *Fatores de Enriquecimento*  
Resultados e discussões  
  Análise de água  
    *Análise de Componentes Principais (PCA) em água*  
  Análise de sedimentos  
    *Índices de Geoacumulação*  
    *Fatores de Enriquecimento*  
  Variações espaciais dos parâmetros  
Considerações Finais  
Referências

**RESUMO** - O rio Melchior é o principal afluente do Rio Descoberto e tem problemas recorrentes de contaminação e alteração. Apesar de sua significância, há poucos estudos visando indicadores geoquímicos de contaminação neste rio. Ele é fortemente influenciado por atividades vinculadas à urbanização, uma vez que nesta região não há indústrias, mineração ou outras atividades potencialmente poluentes. O objetivo geral deste estudo é identificar os indicadores de contaminação por ocupação urbana na bacia. Os procedimentos adotados incluem: coleta de amostras de água e sedimentos; medições de condutividade elétrica, temperatura, pH e total de sólidos dissolvidos na água; determinações de elementos químicos (maiores e traços) usando as técnicas analíticas Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma (ICP/OES), Espectrometria de Absorção Atômica (AAS) e cromatografia iônica; tratamento estatístico dos dados por meio de Índices de Geoacumulação e Fatores de Enriquecimento. Os resultados indicaram que a qualidade ambiental da água e dos sedimentos do rio Melchior mostrou-se alterada devido às atividades antrópicas desenvolvidas na bacia. As análises das amostras de água evidenciaram os parâmetros condutividade elétrica, cálcio, sódio, fósforo, amônia, nitrato, cloreto, sulfato e bicarbonato como indicadores de alterações de qualidade da água. As análises por índices de geoacumulação apontaram os parâmetros fósforo, cálcio, cobre, zinco, titânio, estrôncio, sódio e vanádio como indicadores de contaminação em sedimentos. As análises por fatores de enriquecimento evidenciaram os parâmetros fósforo, cobre, zinco, cálcio, sódio, manganês, níquel, estrôncio e zinco como indicadores da alteração da qualidade ambiental dos sedimentos na bacia..

**Palavras-chave:** Ocupação urbana. Qualidade da água. Geoquímica de sedimentos.

**ABSTRACT** - The Melchior River serves as the primary tributary of the Descoberto River and faces recurring contamination and alteration issues. Despite its significance, there have been relatively few studies focusing on geochemical indicators of contamination in this river. Notably, it is strongly influenced by urbanization-related activities, as there are no industries, mining operations, or other potentially polluting activities in the region. The overarching objective of this study is to identify contamination indicators resulting from urban development within the basin. Our methodology comprises several key steps: the collection of water and sediment samples, measurements of parameters such as electrical conductivity, temperature, pH, and total dissolved solids in the water, and the determination of chemical elements (both major and trace) using analytical techniques such as Optical Emission Spectrometry with Plasma (ICP/OES), Atomic Absorption Spectrometry (AAS), and ion chromatography. Subsequently, we apply statistical analyses, including the Geoaccumulation Index and Enrichment Factors, to process the data. The findings from our study reveal that the environmental quality of both water and sediment in the Melchior River has been compromised due to anthropogenic activities in the basin. Specifically, the analysis of water samples has identified the following parameters as indicators of water quality degradation: electrical conductivity, calcium, sodium, phosphorus, ammonia, nitrate, chloride, sulfate, and bicarbonate. Furthermore, our examination using geoaccumulation indices has highlighted the following parameters in sediment as contamination indicators: phosphorus, calcium, copper, zinc, titanium, strontium, sodium, and vanadium. Finally, assessments using enrichment factors indicate that the following parameters suggest an impaired environmental quality of sediments within the basin: phosphorus, copper, zinc, calcium, sodium, manganese, nickel, strontium, and zinc. This study underscores the urgent need for addressing and mitigating the impact of urbanization-related activities on the Melchior River's ecosystem.

**Keywords:** Urban occupation. Water quality. Sediments geochemistry.

### INTRODUÇÃO

Crescimento populacional desordenado e negativos sobre o meio ambiente. Intervenções expansão urbana não planejada geram efeitos antropogênicos estão diretamente relacionadas

aos problemas ambientais ocasionados pelo mau uso dos recursos, afetando os meios físico e biológico em processos com efeitos antrópicos. Por essa razão, é fundamental compreender os impactos gerados nos ciclos naturais, com o objetivo de prever e remediar danos ambientais (Banai & DePriest, 2014).

A urbanização é um processo crescente em todo o mundo. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2019), atualmente 55% da população mundial vive em áreas urbanas, porcentagem contrastante com os 10% em 1900 (Grimm *et al.*, 2008). Esse acelerado crescimento resulta em alterações da qualidade ambiental, tais como: mudanças nos ciclos biogeoquímicos; aumentos nas cargas de nutrientes em rios (quando o tratamento do esgoto é inadequado ou inexistente); aumento na emissão de gases do efeito-estufa, acelerando o processo de alteração climática; diminuição da biodiversidade; erosão dos solos; alteração das características físico-químicas dos corpos d'água e solos locais (Foster & Charlesworth, 1993; Grimm *et al.*, 2008).

A cidade de Brasília (Brasília e cidades satélites) é a 4ª mais populosa do Brasil, superando 3 milhões de habitantes em 2021 (IBGE, 2021). Trata-se de uma região com crescimento urbano acelerado, tendo em vista que é uma cidade jovem e planejada (construída em 1960), com taxa de crescimento de 2,19% ao ano em 2018 (Codeplan, 2018). Das regiões

administrativas do Distrito Federal, destacam-se Ceilândia, Samambaia e Taguatinga, dentre as 5 mais populosas (Codeplan, 2020).

No Distrito Federal, 87,9% da área possui sistema de esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2021). Na região sudoeste do Distrito Federal, o rio Melchior, localizado entre Ceilândia e Samambaia, recebe efluentes tratados de uma estação de tratamento de esgoto (ETE Melchior). Este rio é o principal afluente do rio Descoberto a jusante da barragem homônima na mesma região, responsável pelo abastecimento de água potável destinada ao consumo da população do Distrito Federal (ANA, 2010).

Trata-se de um corpo d'água com problemas recorrentes de contaminação e alteração com poucos estudos (Carmo *et al.*, 2005). O objetivo deste estudo é avaliar a qualidade ambiental do Rio Melchior usando indicadores geoquímicos de contaminação. Considerou-se que esses indicadores são elementos químicos que estejam presentes em água ou sedimento em quantidades superiores aos naturais. Um aspecto importante é que este curso d'água pode ser considerado um corpo hídrico fortemente afetado por atividades vinculadas à urbanização, uma vez que nesta região não há indústrias, mineração ou outras atividades potencialmente poluentes. Os indicadores obtidos poderão, portanto, ser aplicados em outras áreas com ocupação eminentemente urbana.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

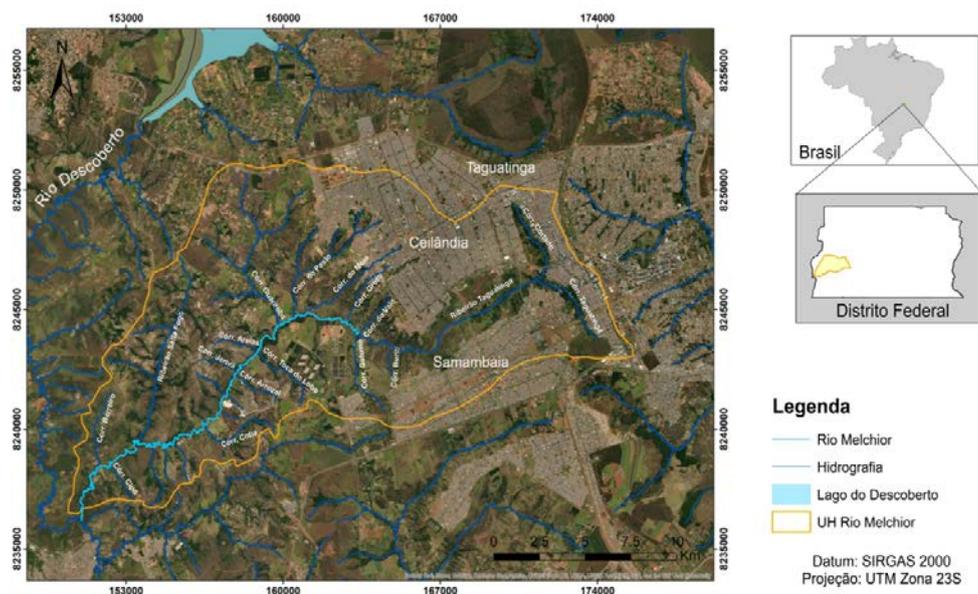
A área de estudo abrange a bacia do Rio Melchior, localizado na porção sudoeste do Distrito Federal. A área da bacia do Rio Melchior corresponde a 20650 hectares e localiza-se nas regiões administrativas de Ceilândia, Taguatinga e Samambaia (Figura 1).

As nascentes do Rio Melchior estão localizadas em Taguatinga e são constituídas pelos Córregos Cortado e Taguatinga (em região com tipo de uso e ocupação do solo predominantemente urbano), que fluem até se encontrarem, formando o Ribeirão Taguatinga. Este ribeirão flui entre as cidades de Ceilândia e Samambaia, até receber as águas do Córrego do Valo, passando a se chamar Rio Melchior (onde o tipo de uso do solo predominante é rural), e percorre cerca de 15 quilômetros até desaguar no Rio Descoberto.

O Rio Melchior é um corpo d'água enquadrado

na Classe 4 da Política Nacional de Recursos Hídricos, sendo destinado a usos mais permisivos e com pequenas exigências de conservação. Por este motivo, recebe atualmente quatro lançamentos licenciados pelo Ibram (Instituto Brasília Ambiental): oriundos de duas ETEs, uma estação de tratamento de aterro sanitário e um abatedouro. Além desses lançamentos, há também fontes de poluição difusa, fossas e lançamentos clandestinos no rio, que comprometem sua qualidade ambiental (Correio Braziliense, 2021).

De acordo com o mapeamento geológico realizado pela CPRM (2008), em escala 1:500.000, a geologia da Unidade Hidrográfica Rio Melchior (UHRM) é constituída por unidades litológicas pertencentes aos grupos Canastra (quartzo-sericita-clorita xistos intercalados com quartzitos micáceos e ortoquartzitos com intercalações de xistos e lentes de quartzitos), e Paranoá (composto por ardósias, quartzitos, con-



**Figura 1** - Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Autor

glomerados, calcários, metassiltitos e metargilitos), além da ocorrência de coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas (Campos *et al.*, 2013).

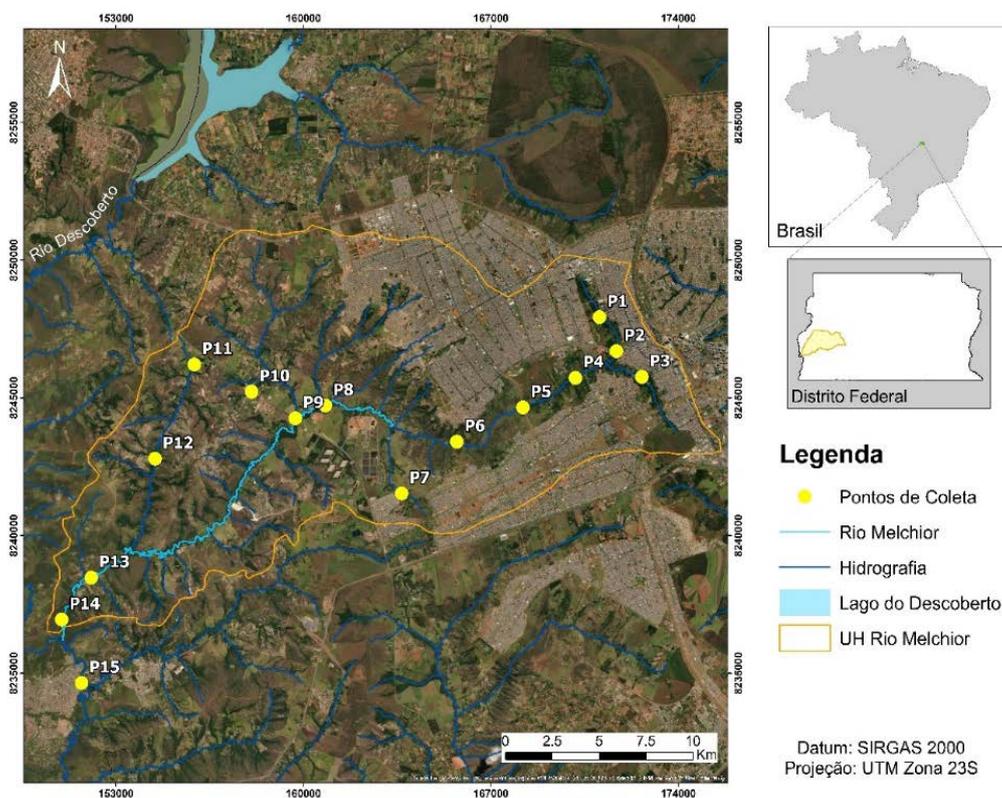
Ocorrem três tipos de solos na área da Unidade Hidrográfica Rio Melchior. Predominam latossolos vermelho-amarelos distróficos, seguidos por cambissolos háplicos distróficos, e com menor representatividade, latossolos vermelhos distróficos (IBGE, 2015).

De acordo com mapeamento disponibilizado pela IDE/DF (2023), a UHRM possui sua área ocupada por alguns tipos de usos do solo, sendo

os principais Formação Campestre (ocupando cerca de 30% da área), Áreas Construídas (ocupando cerca de 24% da área) e Formação Savânica (com cerca de 24% da área).

#### Análise da Qualidade da Água e dos Sedimentos

Para a análise da qualidade da água e sedimentos do Rio Melchior, foram coletadas e analisadas 13 amostras de água e 8 amostras de sedimentos coletadas na estação seca (em agosto de 2021) e 7 amostras de água e sedimentos coletadas na estação chuvosa (em maio de 2022) em 15 pontos distribuídos ao longo da bacia (Figura 2).



**Figura 2** - Mapa de localização dos pontos de coleta.

A partir das análises das amostras de água, determinaram-se as concentrações de metais e ânions e foram medidos parâmetros físico-químicos, como condutividade elétrica, temperatura, pH e total de sólidos dissolvidos na água. As análises das amostras de sedimentos possibilitaram a quantificação de elementos maiores e traços.

As análises foram realizadas no Laboratório de Geoquímica da Universidade de Brasília, utilizando-se as seguintes técnicas analíticas Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma (ICP/OES), Espectrometria de Absorção Atômica (AAS) e cromatografia iônica para as determinações dos elementos presentes na água, seguindo o mesmo protocolo que Tonhá et al. (2021).

Os sedimentos foram coletados nos mesmos pontos onde foram realizadas as coletas de água, e foram secos ao ar livre, peneirados até a granulometria de interesse (<64 µm) e submetidos ao processo de digestão total por fusão com borato de lítio, para serem analisados utilizando as mesmas técnicas analíticas aplicadas às amostras de água (Tonhá et al., 2021).

#### **Tratamento estatístico**

##### **Análise de Componentes Principais (PCA)**

A análise de componentes principais (*Principal Component Analysis*, PCA, em inglês) é uma técnica multivariada que transforma um conjunto original de variáveis em um conjunto consideravelmente menor de variáveis, que contém a maior parte da informação do conjunto original (Hongyu et al., 2016).

Para identificação dos possíveis fatores que alteram a qualidade ambiental do sistema aquático do rio Melchior, foi aplicada a técnica estatística multivariada de Análise de Componentes Principais (PCA), em dados de água. Foi utilizado o software PAST Versão 4.03 (Hammer, 2020).

##### **Índices de Geoacumulação**

O Índice de Geoacumulação ( $I_{geo}$ ) permite a avaliação da intensidade da contaminação do sedimento, e foi proposto por Müller (1979). Este índice relaciona as concentrações de metais encontradas na área de estudo com um valor referencial para metais associados às argilas (Moreira & Boaventura, 2003). A Equação 1 expressa como esse índice pode ser calculado:

$$I_{geo} = \log_2 (C_N/1,5C_B) \quad (1)$$

onde  $C_N$  corresponde à concentração do elemento na fração argila (<0,002mm) do sedimento analisado;  $C_B$  indica a concentração média do

*background* para argilas; 1,5 é o fator de correção para possíveis variações do *background*.

De acordo com Müller (1979), a classificação dos níveis de contaminação dos sedimentos segundo os índices de geoacumulação são: praticamente incontaminado ( $I_{geo}<0$ ); incontaminado a moderado ( $I_{geo}$  entre 0-1); moderado ( $I_{geo}$  entre 1-2); moderado a forte ( $I_{geo}$  entre 2-3); forte ( $I_{geo}$  entre 3-4); forte a muito forte ( $I_{geo}$  entre 4-5) e muito forte ( $I_{geo}>5$ ).

##### **Fatores de Enriquecimento**

Os Fatores de Enriquecimento (FE) representam um método que relaciona a concentração do metal de interesse na área de estudo com a concentração de algum elemento de referência, que funciona como um normalizador (no presente estudo, o Zr). Além disso, estão envolvidas também as concentrações *background*, que podem ser oriundas de algum material de referência (certificado), ou de análises realizadas em locais sem contaminação.

A Equação 2 corresponde a uma fórmula geral que expressa essas relações matematicamente:

$$FE = \frac{[(C_{amostra}/R_{amostra})]}{[C_{background}]/[R_{background}]} \quad (2)$$

onde  $[(C_{amostra}/R_{amostra})]$  corresponde à razão entre a concentração do elemento de interesse (C) e a concentração de um elemento de referência (R) da amostra avaliada, e  $[C_{background}]/[R_{background}]$  corresponde à razão entre a concentração do elemento de interesse (C) e a concentração do elemento de referência (R) no *background* geoquímico (Looi et al., 2019).

Segundo Chen et al. (2007), os sedimentos podem ser classificados de acordo com suas classes de fatores de enriquecimento: nenhum enriquecimento ( $FE<1$ ); enriquecimento baixo ( $FE<3$ ); enriquecimento moderado ( $FE=3-5$ ); enriquecimento moderadamente severo ( $FE=5-10$ ); enriquecimento severo ( $FE=10-25$ ); enriquecimento muito severo ( $FE=25-50$ ) e enriquecimento extremamente severo ( $FE>50$ ).

No presente estudo, tanto para os cálculos de fatores de enriquecimento, quanto para os de índices de geoacumulação, foram realizadas duas análises, uma utilizando valor de *background* da crosta continental (Wedepohl, 1995) e outra utilizando concentrações obtidas em área sem interferência de atividades antrópicas, localizada na bacia do Rio Melchior, ponto P12 de coleta.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Análise de água

A tabela 1 apresenta a estatística descritiva da composição química das amostras de água coletadas na Bacia do Rio Melchior. Os parâmetros que apresentaram maior variação ao longo da

bacia foram: condutividade elétrica, TDS, Na, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Essa variação considerável pode ser explicada pelo maior grau de solubilização em água desses parâmetros em relação aos demais (Souza & Railsback, 2012).

**Tabela 1** - Estatística descritiva dos parâmetros analisados em água na UHRM, n=18.

Parâmetro	Média	Mínimo	Máximo	STD
pH	6,97	5,91	8,07	0,75
C.E (μS/cm)	171,84	11,46	463,00	131,45
TDS (mg/L)	80,37	5,00	244,67	68,21
Ca (mg/L)	10,59	1,85	14,04	3,61
Mg (mg/L)	1,64	0,32	3,47	0,73
Na (mg/L)	23,36	0,81	50,61	16,56
K (mg/L)	4,65	0,28	11,37	4,11
NH <sub>4</sub> (mg/L)	5,83	<ld	13,25	4,99
Si (mg/L)	3,83	2,15	6,33	1,06
Fe (mg/L)	0,08	<ld	0,20	0,06
Mn (mg/L)	0,02	0,00	0,08	0,02
P (mg/L)	0,23	0,02	0,79	0,23
Sr (mg/L)	0,04	<ld	0,06	0,01
Al (mg/L)	0,04	<ld	0,07	0,01
F <sup>-</sup> (mg/L)	0,18	<ld	0,33	0,08
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	14,28	0,53	60,10	18,47
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	15,22	0,19	50,62	14,33
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	0,77	<ld	2,12	0,47
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	17,40	<ld	86,13	25,77
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	37,10	11,57	83,16	21,13

### Análise de Componentes Principais (PCA) em água

Esta análise foi aplicada a uma matriz de dados que contém todos os pontos de coleta e as variáveis: pH, condutividade elétrica, Ca, Mg, Na, K, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Si, Fe, Mn, Sr, Al, F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> em água da UHRM, com o objetivo de avaliar a correlação dos parâmetros

analisados ao longo da bacia e nos dois períodos analisados.

A PCA explicou 65,29% da variância acumulada nas duas primeiras componentes geradas, sendo que a primeira componente explicou 48,02% da variância e a segunda componente contribuiu com 17,27%, visto na tabela 2.

**Tabela 2** - Autovalores, porcentagem da variância e porcentagem cumulativa da variância para as três primeiras componentes principais dos dados.

Componentes Principais	Autovalor	% Variância	% Cumulativa
PC1	8,28	48,02	48,02
PC2	2,98	17,27	65,29

A tabela 3 apresenta as cargas de cada variável sobre cada componente, indicando o quanto as variáveis analisadas contribuem para a variação dos dados. De acordo com Bernardi et al. (2009), determina-se as variáveis consideradas ativas aquelas que possuem cargas iguais ou superiores a 0,7 e as suplementares as que possuem cargas inferiores a 0,7.

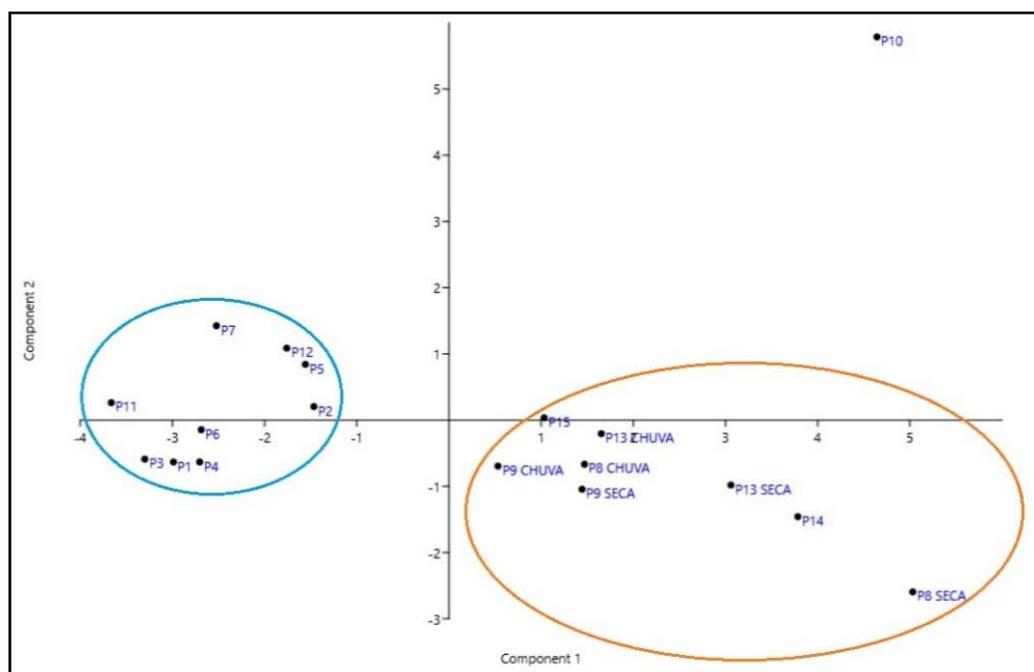
No entanto, todas as variáveis do presente estudo apresentaram cargas inferiores a 0,7.

Assim, a análise foi feita considerando-se como mais significativas as variáveis com as cargas mais elevadas. Como a carga máxima foi de 0,43, considerou-se para a análise as variáveis com cargas superiores a 0,3 (valor que corresponde a 70% da carga máxima). A figura 3 apresenta o resultado da PCA realizada, referente à projeção espacial da ordenação dos vetores dos pontos de coleta nas duas componentes principais.

**Tabela 3** - Cargas das variáveis nas componentes principais.

Variáveis	PC 1	PC 2	PC 3
pH	0,2259	0,1278	0,43454
Condutividade elétrica	0,31006	-0,17851	-0,079059
Ca	0,21399	-0,21534	-0,29921
Mg	0,30496	0,16294	-0,17807
Na	0,30671	-0,20456	-0,1689
K	0,32094	-0,15293	-0,14978
NH <sub>4</sub>	0,2102	0,078512	-0,26806
Si	0,2646	0,25211	-0,036508
Fe	-0,040046	0,33374	0,040871
Mn	0,20287	0,31677	0,018846
Sr	-0,0099664	-0,34332	-0,23203
Al	0,11869	-0,082845	0,13167
F	0,092679	-0,1142	0,31945
Cl	0,30684	0,123	0,21179
NO <sub>3</sub>	0,20628	-0,28851	0,2778
PO <sub>4</sub>	0,064803	0,3913	-0,065845
SO <sub>4</sub>	0,23734	-0,30123	0,29072
HCO <sub>3</sub>	0,2463	0,14906	0,26293

Nota: Valores acima de 0,30 destacados em vermelho.



**Figura 3** - Projeção espacial da ordenação dos vetores nas duas componentes principais.

A ordenação nos dois vetores principais explica 65,29% da variabilidade dos dados. As variáveis mais relevantes, que apresentaram as maiores cargas, foram condutividade elétrica, Mg, Na, K e Cl<sup>-</sup> para a PC1 e Fe, Mn, Sr e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> para a PC2. Nota-se a formação de dois grupos ordenados, sendo um associado aos pontos de nascentes, com melhores condições de preservação ambiental das águas (circundado em azul) e outro associado aos pontos com maior nível de alterações ambientais (circundado em laranja).

Na primeira componente, as principais variáveis foram condutividade elétrica, Mg, Na, K e Cl<sup>-</sup>. A condutividade elétrica tem relação com a presença

de sais dissolvidos na água, podendo configurar-se como uma indicação indireta da concentração de poluentes, e os íons significativos nesta componente também são representativos de atividades antrópicas. Portanto, esta componente está associada à influência da ocupação urbana na bacia, estando principalmente correlacionada com descargas de esgoto doméstico tratado.

Na segunda componente, as principais variáveis foram Fe e Mn contribuindo positivamente e Sr e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> contribuindo negativamente. Assim, conclui-se que esta componente indica os processos intempéricos das rochas e lixiviação desses elementos na UHRM, de forma que os

pontos que apresentam valores altos estão associados a regiões com maior preservação, e os pontos que apresentam valores baixos em relação a esta componente estão associados a regiões com altos níveis de alteração ambiental.

Os pontos agrupados em azul são: P1 a P7, P11 e P12, que correspondem aos pontos localizados em regiões de nascentes. Esses pontos apresentaram valor negativo em relação à PC1 e valores oscilando entre negativos e positivos em relação à PC2. Os pontos agrupados em laranja são: P8, P9, P13, P14 e P15, localizados na região da ETE Melchior e na região de exutório da bacia, que representam as regiões com maior influência de atividades antrópicas e maior alteração da qualidade ambiental da água.

### Análise de sedimentos

#### Índices de Geoacumulação

Para a avaliação da intensidade da contami-

nação do sedimento, aplicou-se os índices de geoacumulação (Müller, 1979), que correlacionam os teores de metais verificados a partir das análises das amostras de sedimentos e um valor referencial, que pode ser um valor equivalente à média mundial para metais associados às argilas, ou um valor de *background* local. Neste trabalho, para fins de comparação, optou-se por realizar duas análises, uma considerando valores de *background* da crosta continental (Wedepohl, 1995) e outra considerando os valores obtidos a partir da análise da amostra do ponto P12, considerado como o valor de *background* local, por ser o ponto com melhor grau de preservação ambiental.

A tabela 4 apresenta os índices de geoacumulação obtidos para as amostras de sedimentos coletadas ao longo da bacia, nas diferentes estações (seca e chuva), utilizando-se como valores de *background* os valores de Wedepohl (1995).

**Tabela 4** - Classificação das amostras segundo os Índices de Geoacumulação, com valores de *background* da crosta continental de Wedepohl (1995).

Ponto	Índice de Geoacumulação					
	0	1	2	3	4	5
P1	CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, Na <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , Co, Cr, Cu, Mn, Ni, P, Sr, V, Zn	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Pb, Zr	TiO <sub>2</sub>			
P2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, K <sub>2</sub> O, MgO, Na <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , Co, Cr, Mn, Ni, Sr, Zr	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> , Cu, P, Pb, V	Zn			
P3	CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, Na <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , Co, Cr, Mn, Ni, Sr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> , Cu, P, V, Zr	Pb, Zn			
P4	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, K <sub>2</sub> O, MgO, Na <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , Co, Cr, Mn, Ni, Sr, V, Zr	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Cu, P, Pb	Zn			
P5	CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, Na <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , Co, Cr, Cu, Mn, Ni, P, Pb, Sr, V, Zn	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Zr	TiO <sub>2</sub>			
P6	CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, Na <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , Co, Cr, Mn, Ni, P, Sr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> , Cu, Pb, V, Zn, Zr				
P8 chuva	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, K <sub>2</sub> O, MgO, Na <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , Co, Cr, Mn, Ni, Sr, V	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> , Cu, Pb, Zn, Zr	P			
P8 seca	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, Na <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , Co, Cr, Ni, Sr, V, Zr	Mn, Pb	Cu, Zn			P
P9 chuva	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, K <sub>2</sub> O, MgO, Na <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , Co, Cr, Mn, Ni, Sr, V, Zr	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> , Cu, Pb	Zn			P
P9 seca	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, Na <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , Co, Cr, Mn, Ni, Sr, V, Zr	Pb	Cu, Zn			P
P12	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, Na <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , Co, Cr, Cu, Mn, Ni, P, Pb, Sr, V, Zn, Zr					
P13 chuva	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, Na <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , Co, Cr, Mn, Ni, Pb, Sr, V	TiO <sub>2</sub> , Cu, Zn, Zr			P	
P13 seca	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, Na <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , Co, Cr, Mn, Ni, Pb, Sr, V, Zr	Cu	Zn			P
P14	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, Na <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sr, V	Zn, Zr			P	
P15	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, Na <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sr, V	Zn, Zr	P			

Os índices de geoacumulação obtidos variaram entre 0 (praticamente incontaminado) e 5 (grau de contaminação forte a muito forte). A maioria dos parâmetros avaliados foi enquadrada nas classificações “praticamente incontaminado”

e “incontaminado a grau moderado de contaminação” (índices 0 e 1, respectivamente), sendo eles: CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, Na<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub>, Co, Cr, Mn, Ni, Sr, V e Zr. Em razão desse enquadramento, interpreta-se que esses parâmetros

sejam de origem natural, não caracterizando contaminação por ocupação da bacia.

O parâmetro P apresentou os maiores índices de geoacumulação verificados, de 2 (grau de contaminação moderado) a 5 (grau de contaminação forte a muito forte), sendo possível estabelecer uma correlação entre a ocupação da bacia pelo uso urbano com esse indicador de contaminação. Além do P, os parâmetros TiO<sub>2</sub>, Zn, Pb e Cu

também podem indicar contaminação, pois apresentaram índice de geoacumulação 2 (grau de contaminação moderado).

A tabela 5 apresenta os índices de geoacumulação obtidos para as amostras de sedimentos coletadas ao longo da bacia, nas diferentes estações (seca e chuva), utilizando-se como background os valores obtidos a partir das análises da amostra do ponto P12.

**Tabela 5** - Classificação das amostras segundo os Índices de Geoacumulação, com valores de *background* do ponto P12 (*background* local).

Ponto	Índice de Geoacumulação						
	0	1	2	3	4	5	6
P1	CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, Na <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , Mn, Zn	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , As, Co, Ni, P, Sr, V, Zr	TiO <sub>2</sub> , Cr, Cu				
P2	K <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , Zr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO, Na <sub>2</sub> O, As, Co, Cr, Mn, Ni	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> , Cu, Sr, V	CaO, P, Zn			
P3	K <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , Mn	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO, Co, Ni, Zr	TiO <sub>2</sub> , Cr, Cu, P, Sr, V	CaO, Na <sub>2</sub> O, Zn			
P4	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, SiO <sub>2</sub> , Zr	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> , As, Co, Cr, Mn, Ni, V	CaO, Na <sub>2</sub> O, Cu, Sr	P, Zn			
P5	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, Na <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , As, Mn, Sr	CaO, Co, Cr, Cu, Ni, P, V, Zn, Zr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub>				
P6	K <sub>2</sub> O, MgO, SiO <sub>2</sub> , Mn	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> O, As, Co, Cr, Cu, Ni, Sr, Zr	TiO <sub>2</sub> , P, V	Zn			
P8 chuva	K <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , Mn, Zr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO, Na <sub>2</sub> O, TiO <sub>2</sub> , As, Co, Cr, Cu, Ni	CaO, Sr, V	Zn	P		
P8 seca	K <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , Zr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO, TiO <sub>2</sub> , As, Cr, Ni, V	Co, Mn	Na <sub>2</sub> O, Cu, Sr	CaO, Zn		P
P9 chuva	K <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , Zr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO, Na <sub>2</sub> O, TiO <sub>2</sub> , As, Co, Cr, Mn, Ni	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Cu, V	CaO, Sr	Zn		P
P9 seca	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , Zr	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO, TiO <sub>2</sub> , As, Co, Cr, Mn, V	Ni	Na <sub>2</sub> O, Cu, Sr	CaO, Zn		P
P13 chuva	K <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> , As, Mn, Zr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO, Na <sub>2</sub> O, TiO <sub>2</sub> , Co, Cr, Cu, Ni, Sr, V		Zn		P	
P13 seca	K <sub>2</sub> O, MgO, SiO <sub>2</sub> , Mn, Zr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> , As, Co, Cr, Ni, V	CaO, Cu, Sr	Na <sub>2</sub> O	Zn		P
P14	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, SiO <sub>2</sub> , Mn	CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> , As, Co, Cr, Cu, Ni, V, Zr	Na <sub>2</sub> O, Sr, Zn		P		
P15	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, SiO <sub>2</sub> , Mn	CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> , As, Co, Cr, Cu, Ni, Sr, V, Zr	Na <sub>2</sub> O, Zn		P		

### Fatores de Enriquecimento

O elemento selecionado como normalizador foi o Zr e, assim como para os índices de geoacumulação, foram realizadas duas análises, considerando dois valores de background diferentes (valores da crosta continental, de Wedepohl (1995) e valores do *background* local, do ponto P12).

A tabela 6 apresenta os resultados com os fatores de enriquecimento obtidos para as amostras de sedimentos coletadas ao longo da bacia, nas diferentes estações (seca e chuva), utilizando-se como valores de *background* os valores da crosta continental.

O tratamento com fatores de enriquecimento usando valores de *background* da crosta continental forneceu resultados enquadrados majoritariamente nas categorias de nenhum enriquecimento (FE <1) e enriquecimento baixo (FE <3).

Os parâmetros Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, Si, Ti, Co, Cr, Mn, Ni, Pb, Sr e V apresentaram fatores de enriquecimento nessas classes em todos os pontos analisados, evidenciando sua origem geogênica.

Os parâmetros Cu e Zn apresentaram fatores de enriquecimento enquadrados nas classes enriquecimento moderado (FE = 3-5) e enriquecimento moderadamente severo (FE = 5-10) em alguns dos pontos analisados, principalmente na região da ETE Melchior (pontos P8 e P9). Este resultado está de acordo com o estudo realizado nos sedimentos do lago Paranoá em Brasília, com leve ação antrópica para o Zn (Araújo et al., 2020). O parâmetro P foi o único que apresentou fator de enriquecimento severo (FE = 10-25), também na região da ETE e a jusante (pontos P8, P9 e P13).

**Tabela 6** - Valores de Fatores de Enriquecimento das amostras analisadas (*background* da crosta continental).

Metal	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P8 c	P8 s	P9 s	P9 c	P12	P13 c	P13 s	P14	P15
Al	0,7	1,0	0,9	0,9	1,0	0,6	0,8	1,0	1,1	1,0	0,6	0,7	0,9	0,5	0,4
Ca	0,0	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0	0,1	0,5	0,6	0,3	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0
Fe	0,1	1,4	0,7	1,4	0,2	0,5	1,0	1,3	1,4	1,4	0,5	0,8	1,0	0,6	0,6
K	0,1	0,2	0,3	0,6	0,1	0,2	0,4	0,8	0,9	0,4	0,7	0,5	0,9	0,5	0,5
Mg	0,0	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Na	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Si	0,4	0,4	0,3	0,7	0,4	0,3	0,6	0,5	0,6	0,6	1,2	0,6	0,7	0,6	0,6
Ti	1,4	1,5	1,3	1,2	1,5	1,0	1,2	1,3	1,4	1,4	0,6	1,1	1,1	0,8	0,7
Co	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,3	0,5	1,0	0,8	0,6	0,3	0,5	0,5	0,4	0,3
Cr	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,6	0,3	0,4	0,5	0,3	0,3
Cu	1,1	1,4	1,2	1,5	0,4	0,6	1,0	3,2	6,0	2,1	0,5	1,1	2,1	0,7	0,6
Mn	0,0	0,5	0,2	0,6	0,1	0,0	0,2	1,4	0,5	0,6	0,3	0,2	0,4	0,2	0,2
Ni	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,3	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1
P	0,3	1,2	0,8	2,6	0,2	0,4	3,3	22,6	20,4	11,8	0,3	5,0	13,2	3,3	2,8
Pb	1,0	1,4	1,4	1,3	0,4	0,7	1,1	1,9	2,0	1,5	0,0	0,7	1,3	0,6	0,5
Sr	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,3	0,4	0,2	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0
V	0,6	1,2	0,9	1,2	0,4	0,6	0,9	0,9	1,1	1,0	0,4	0,7	0,8	0,5	0,5
Zn	0,2	2,3	1,7	2,8	0,3	0,8	1,6	5,2	5,4	3,5	0,3	1,9	3,8	1,1	0,8

Assim, de maneira geral, os sedimentos da bacia apresentam baixo ou nenhum enriquecimento em metais, quando comparados com os valores globais (Wedepohl, 1995). Os parâmetros que podem ser indicadores de contaminação da bacia por ocupação por uso urbano, de acordo com esta análise, são P, Cu e Zn.

A tabela 7 apresenta os resultados com os fatores de enriquecimento obtidos para as amostras de sedimentos coletadas ao longo da bacia, nas diferentes estações (seca e chuva), utilizando-se como valores de *background* os valores do ponto P12.

O tratamento com fatores de enriquecimento usando valores de *background* local (ponto P12) forneceu resultados enquadrados majoritariamente nas categorias de nenhum enriquecimento ( $FE < 1$ ) e enriquecimento baixo ( $FE < 3$ ). Os parâmetros Al, Fe, K, Mg, Si, Ti, Co, Cr, Mn, Ni, Pb e V apresentaram fatores de enriquecimento nessas classes em praticamente todos os pontos analisados, evidenciando sua origem geogênica. Os parâmetros Ca, Fe, Na, Cu, Mn, Ni, P, Sr e Zn apresentaram fatores de enriquecimento classificados como enriquecimento moderado ( $FE = 3-5$ ) e enriquecimento moderadamente severo ( $FE = 5-10$ ) em pelo menos um ponto de coleta, mas principalmente na região da ETE Melchior e a jusante da mesma. Já os parâmetros enquadrados

em enriquecimento severo ( $FE = 10-25$ ) e muito severo ( $FE = 25-50$ ), foram o Ca, Na, Cu, P, Sr e Zn, principalmente na região da ETE (pontos P8, P9 e a jusante). O único parâmetro enquadrado em enriquecimento extremamente severo ( $FE > 50$ ) foi o P, também na região dos pontos P8 e P9.

Assim, por meio desta análise, foi possível destacar os parâmetros Ca, Na, Cu, P, Sr e Zn como indicadores da contaminação da bacia pela ocupação por uso urbano. Comparando-se as duas análises, foi evidenciado que a análise feita considerando os valores de *background* locais gerou resultados com fatores de enriquecimento mais elevados, possibilitando caracterizar com maior precisão a contaminação e os parâmetros em termos de seu enriquecimento por atividades antrópicas.

#### Variações Espaciais dos Parâmetros

De forma geral, as concentrações dos parâmetros tendem a aumentar de montante para jusante, e apresentam forte aumento após receberem as descargas de efluentes da ETE Melchior e do Aterro Sanitário do Distrito Federal, localizados na região central da bacia.

As amostras coletadas em regiões de nascentes (principalmente as de áreas rurais) apresentam qualidade ambiental característica, e conforme o rio recebe descargas de poluentes, essa qualidade é alterada.

**Tabela 7** - Valores de Fatores de Enriquecimento das amostras analisadas (*background* do ponto P12).

Metal	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P8 c	P8 s	P9 s	P9 c	P13 c	P13 s	P14	P15
Al	1,18	1,69	1,52	1,43	1,64	0,99	1,32	1,69	1,78	1,64	1,23	1,47	0,80	0,65
Ca	0,57	6,90	4,69	5,58	0,77	0,77	3,35	13,37	17,64	7,25	1,52	5,21	1,62	1,12
Fe	0,15	2,98	1,44	2,96	0,52	1,04	2,09	2,71	2,96	3,07	1,77	2,24	1,24	1,25
K	0,17	0,34	0,49	0,87	0,13	0,22	0,52	1,12	1,26	0,65	0,69	1,26	0,78	0,69
Mg	0,17	1,81	1,26	1,03	0,21	0,32	1,08	2,33	2,14	1,32	1,07	1,45	0,79	0,63
Na	0,13	2,28	3,87	5,27	0,38	0,65	2,03	6,81	10,32	2,34	1,35	6,77	2,33	3,21
Si	0,32	0,31	0,23	0,59	0,34	0,26	0,53	0,43	0,52	0,46	0,54	0,56	0,47	0,46
Ti	2,46	2,64	2,30	2,08	2,58	1,67	2,02	2,20	2,45	2,43	1,87	1,97	1,37	1,16
Co	1,26	1,59	1,46	1,75	1,13	0,96	1,45	3,03	2,42	1,98	1,39	1,58	1,16	1,00
Cr	1,82	2,06	1,88	1,86	1,10	1,27	1,79	2,25	2,88	2,25	1,48	1,80	1,20	1,00
Cu	2,16	2,71	2,38	3,05	0,76	1,17	2,01	6,45	11,91	4,26	2,12	4,22	1,48	1,20
Mn	0,06	1,70	0,74	2,09	0,19	0,17	0,75	5,05	1,85	2,04	0,82	1,41	0,65	0,70
Ni	1,26	1,79	1,48	1,85	0,98	0,97	1,56	2,84	3,99	2,38	1,89	2,14	1,28	0,96
P	1,28	4,71	3,26	10,23	0,78	1,57	12,68	87,73	79,09	45,70	19,42	51,25	12,93	10,81
Pb	1,34	1,75	1,87	1,75	0,47	0,95	1,47	2,42	2,64	1,90	0,95	1,64	0,77	0,70
Sr	0,97	2,92	2,08	4,19	0,68	1,06	2,37	8,83	11,60	5,60	2,08	4,82	2,02	1,44
V	1,42	2,94	2,29	2,97	0,96	1,53	2,15	2,32	2,83	2,52	1,63	1,88	1,36	1,16
Zn	0,75	7,82	5,84	9,70	1,07	2,80	5,61	17,78	18,68	12,13	6,45	13,12	3,64	2,75

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade ambiental da água e dos sedimentos de fundo avaliados nesse estudo mostrou-se alterada devido às atividades antrópicas desenvolvidas na bacia do Rio Melchior, principalmente pela ocupação urbana. Foram detectadas altas concentrações dos parâmetros analisados principalmente nos locais próximos à ETE Melchior e ao Aterro Sanitário do Distrito Federal, localizados na região central da bacia.

As análises das amostras de água evidenciaram os parâmetros condutividade elétrica, Ca, Na,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{HCO}_3^-$  como indicadores de alterações na qualidade ambiental do Rio Melchior. Os pontos que se apresentaram mais alterados e com altas concentrações dos parâmetros avaliados foram os pontos P8, P9, P10, P13 e P14. Na bacia do Rio Melchior, os parâmetros físico-químicos, em geral, apresentaram valores médios acima daqueles observados em estudos prévios realizados na bacia do Rio Descoberto.

A análise de componentes principais com os dados de água resultou em duas componentes: PC1, representada pelos parâmetros condutividade elétrica, Mg, Na, K,  $\text{Cl}^-$  e P, interpretada como relacionada às contribuições de atividades antrópicas desenvolvidas na bacia; e PC2, representada pelos parâmetros Fe e Mn, interpretada como relacionada ao processo de intemperismo

na bacia. Os pontos P1 a P7, P11 e P12 apresentaram valores mais altos em relação à PC2, evidenciando melhor condição de preservação em relação aos demais pontos, que apresentaram valores mais altos em relação à PC1.

Os resultados de sedimentos foram analisados estatisticamente e permitiram o levantamento de uma lista de indicadores da contaminação da área por ocupação por uso urbano, tendo em vista que é a atividade antrópica mais expressiva na bacia. A análise de principais componentes com os dados de sedimentos forneceu duas componentes: PC1, representada por CaO, MgO, Cu, Sr, Zn, Ni e P, que reflete processos de atividades antrópicas e tem valores altos nos pontos P8 e P9 (região da ETE Melchior e Aterro Sanitário); e PC2, caracterizada pelos parâmetros  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ , Cr, V e Zr e tem valores altos nos pontos P1, P5 e P6.

Foram realizadas duas análises distintas utilizando índices de geoacumulação, uma considerando valores de *background* da crosta continental e outra considerando valores do *background* local (obtidos a partir das análises dos sedimentos do ponto P12). A primeira análise evidenciou os parâmetros  $\text{TiO}_2$ , Zn, Pb e Cu, com grau de contaminação moderado; e P com grau de contaminação variando de moderado a muito forte. A segunda evidenciou

os parâmetros CaO, P, Zn, Na<sub>2</sub>O, Cu, Sr, TiO<sub>2</sub> e V, com grau de contaminação moderado a forte; e P, CaO e Zn, com grau de contaminação forte a muito forte.

Para a avaliação estatística utilizando fatores de enriquecimento dos sedimentos, também foram realizadas duas análises, com valores de *background* diferentes. A análise desenvolvida considerando valores de *background* da crosta continental destacou os parâmetros Cu e Zn, com enriquecimento moderado a moderadamente severo, e P com enriquecimento severo. A que considerou valores do *background* local (ponto P12) destacou os parâmetros Ca, Fe, Na, Cu, Mn, Ni, P, Sr e Zn, com enriquecimento moderado a moderadamente severo; e Ca, Na, Cu, P, Sr e Zn com enriquecimento severo a extremamente severo.

Comparando-se as duas análises realizadas, nota-se que utilizando-se os valores do ponto P12 como valores de *background*, os resultados obtidos foram de maior quantidade de parâmetros com

índices de geoacumulação e fatores de enriquecimento mais altos, ou seja, com possibilidade de caracterizar melhor a contaminação na bacia, uma vez que a comparação é realizada com valores de *background* locais, considerando a natureza geoquímica da bacia. A utilização dos valores de referência da crosta continental é interessante a título de uma noção mais generalizada da contaminação, observando-se os valores médios globais, mas não considera o arcabouço geológico local e sua influência na geoquímica dos sedimentos da bacia.

O rio Melchior é um importante afluente do rio Descoberto, responsável pelo abastecimento de boa parte da população do Distrito Federal. Recomenda-se que seja reforçado o processo de monitoramento da qualidade ambiental do rio, principalmente em relação aos elementos destacados como indicadores da contaminação, objetivando caracterizar os processos de contaminação que ocorrem na bacia e subsidiar medidas de prevenção e mitigação.

## REFERÊNCIAS

- ANA, Qualidade para a água do DF. Disp. em: <<https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/qualidade-para-a-agua-do-df>>. 2010. 2019-03-15.3733070691>. Acessado em 19/04/2021.
- ARAÚJO, D.F.; BOAVENTURA, G.R.; MULHOLLAND, D.S.; GARNIER, J.; MACHADO, W.; BABINSKI, M.; DANTAS, E.L. Determining sediment material sources in a Brazilian urban lake using Zn stable isotope compositions of bottom sediments: a preliminary study. **Geochemica Brasiliensis**, v.34, n.2, p.130-137. 2020.
- BANAI, R. & DEPRIEST, T. Urban sprawl: Definitions, data, methods of measurement, and environmental consequences. **Journal of Sustainability Education**, v. 7, n. 2, p. 1-15 (2014).
- BERNARDI, J.V.E.; L.D. DÓREA; J.G. LACERDA; P.M.B. LANDIM; J.P.O. GOMES; R. ALMEIDA; A.G. MANZATTO; W.R. BASTOS. Aplicação Da Análise Dos Componentes Principais Na Ordenação Dos Parâmetros Físico-Químicos No Alto Rio Madeira e Afluentes, Amazônia Ocidental. **Geochemica Brasiliensis**, v. 23, n.1, p. 79–90, 2009.
- CAMPOS, J.E.G.; DARDENNE, M.A.; FREITAS-SILVA, F.H.; MARTINS-FERREIRA, M.A. C. Geologia do Grupo Paranoá na porção externa da Faixa Brasília. **Brazilian Journal of Geology**, v. 43, n. 3, p. 461-476, 2013.
- CARMO, M.S.; BOAVENTURA, G.R.; OLIVEIRA, E.C. Geoquímica das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto, Brasília/DF- Brasil. **Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 565-574, 2005.
- CHEN, C.W.; KAO, C.M.; CHEN, C.F.; DONG, C.D. Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Kaohsiung Harbor, Taiwan. **Chemosphere**, v. 66, n. 8, p. 1431-1440, 2007.
- CODEPLAN. **O aglomerado metropolitano de Brasília nos indicadores do IBGE (Nota técnica)**. Brasília, julho de 2018.
- CORREIO BRASILIENSE - Entre Samambaia e Ceilândia, população cobra preservação da água do rio Melchior. Brasília. 14/05/2021. Disp. em: <<https://www.correiobrasiliense.com.br/cidades-df/2021/05/4924656-entre-samambaia-e-ceilandia-populacao-cobra-preservacao-da-agua-do-rio-melchior.html>>
- CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Geologia do estado de Goiás e Distrito Federal: texto explicativo do mapa geológico do estado de Goiás e Distrito Federal**. Goiânia: CPRM; SIC – FUNMINERAL, 2008. Escala 1:500.000. Programa Geologia do Brasil (PGB); Programa Geologia e Mineração do Estado de Goiás.
- FOSTER, I.D.L. & CHARLESWORTH, S.M. Heavy metals in the hydrological cycle: Trends and explanation. **Hydrological Processes**, v. 11, p. 227-261, 1996.
- GRIMM, N.B.; FOSTER, D.; GROFFMAN, P.; GROVE, J.M.; HOPKINSON, C.S.; NADELHOFFER, K.J.; PATAKI, D.E.; PETERS, D.P.C. The changing landscape: ecosystem responses to urbanization and pollution across climatic and societal gradients. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 6, p. 264-272, 2008.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1: 9 p. Version 4.03, 2001.
- HONGYU, K.; SANDANIELO, V.L. M.; DE OLIVEIRA JUNIOR, G.J. Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S Engineering and science**, v. 5, n. 1, p. 83-90, 2016.
- IBGE, 2015. **Mapeamento de Recursos Naturais do Brasil**, Escala 1:250.000.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Disp. em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/df/brasilia/panorama>>. Acesso em: 08 de outubro de 2021.
- Looi, L.J.; Aris, A.Z.; Yusoff, F.M.; Isa, N.M.; Haris, H. Application of enrichment factor, geoaccumulation index, and ecological risk index in assessing the elemental pollution status of surface sediments. **Environmental Geochemistry and Health**, 41, 27–42. 2019.
- MOREIRA, R.C.A. & BOAVENTURA, G.R. Referência Geoquímica regional para a interpretação das concentrações de elementos químicos nos sedimentos da Bacia do Lago Paranoá – DF. **Química Nova**, v.26, n.6, p. 812-820, 2003.
- MÜLLER, G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins—Veränderungen seit 1971. **Umschau**, 24, 778–783, 1979.

ONU - prevê que cidades abriguem 70% da população mundial até 2050. ONU News, Brasil, 19 de fevereiro de 2019. Disp. em: < <https://news.un.org/pt/story/2019/02/1660701>>. Acesso em: 10 de outubro de 2021.

SOUZA, R.F. & RAILSBACK, B. Uma tabela periódica dos elementos e seus íons para cientistas da terra. **Terrae Didactica**, Campinas, SP, v. 8, n. 2, p. 73–82, 2015.

TONHÁ, M.S.; ARAÚJO, D.F.; ARAÚJO, R.; CUNHA, B.C.A.; MACHADO, W.; PORTELA, J.F.; SOUZA, J.P.R.;

CARVALHO, H.K.; DANTAS, E.L.; ROIG, H.L.; SEYLER, P.; GARNIER, J. Trace metal dynamics in an industrialized Brazilian river: A combined application of Zn isotopes, geochemical partitioning, and multivariate statistics. **Journal of Environmental Sciences**, v.101, p. 313-325, 2021.

WEDEPOHL, K.H. The composition of the continental crust. **Geochimica et cosmochimica Acta**, v. 59, n. 7, p. 1217-1232, 1995.

*Submetido em 12 de junho de 2023*

*Aceito para publicação em 31 de julho de 2023*