

AVALIAÇÃO GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE FUNDO E ÁGUA EM UM TRECHO DO RIACHO DO CAVOCO, RECIFE (PE), E SEU POSSÍVEL IMPACTO NA BIOTA

Adriana Baggio Garlipp¹

Natália Gomes Alves de Souza²

Breno Marinho de Araújo Barbosa³

Doi: 10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v25n2p3-14

¹Departamento de Geologia - UFPE, adriana.baggio@ufpe.br

²Programa de Pós-Graduação em Geociências - UFPE, nataliagas@gmail.com

³PETROBRAS, brenobosa@gmail.com

RESUMO

O riacho do Cavoco localiza-se na cidade de Recife, apresentando sua nascente dentro do Campus Universitário da UFPE. Apesar da existência de sistema de tratamento de resíduos por parte de alguns Departamentos, existem locais nos quais o riacho recebe um grande aporte de carga poluidora (esgoto doméstico, laboratorial e hospitalar). O objetivo deste trabalho foi avaliar as concentrações de elementos maiores e traços no sedimento de fundo do riacho do Cavoco, bem como os parâmetros físico-químicos da água, e discutir seu impacto na biota aquática. Os resultados mostraram uma diminuição dos valores de pH e Eh, bem como concentrações de alguns dos elementos analisados mais elevadas a jusante, sendo provavelmente originárias dos efluentes laboratoriais e hospitalares que são descartados no curso d'água. Tais valores são até dez vezes mais elevados que os limites de toxicidade estabelecidos pelo CONAMA, causando forte impacto no curso d'água.

PALAVRAS-CHAVE: geoquímica, sedimento de fundo, água, parâmetros físico-químicos, riacho do Cavoco.

ABSTRACT

This work was undertaken to evaluate the distribution of metals derived from anthropogenic activities in sediments, associated to the physicochemical parameters of water from Cavoco stream at Recife, Pernambuco State in Brazil, and discuss their impact at the aquatic biota. Its source is located inside the area of the Federal University of Pernambuco, and the stream receives an input of organic and inorganic sewage without treatment. The results show that the metals are present at higher concentrations downstream, and probably are derived from laboratory and hospital activities, together with a decrease of pH and Eh of water. These concentrations of metals are up to ten fold higher than the toxicity limits established by CONAMA, and can be affecting the aquatic species.

KEYWORDS: geochemistry, bottom sediment, water, physicochemical parameters, Cavoco stream.

INTRODUÇÃO

O riacho do Cavoco, localizado na cidade de Recife (PE), atravessa áreas bastante urbanizadas, tendo um sistema de drenagem de água da chuva direcionado para o seu leito e ausência de sistema de esgotamento sanitário, recebendo dessa

forma uma grande contribuição de efluentes domésticos, químicos e hospitalares. Sua nascente localiza-se dentro do Campus da Universidade Federal de Pernambuco (Figura 1) e possui uma extensão de cerca de 5 km, indo desaguar no rio Capibaribe, um dos principais rios do Estado de Pernambuco (Calado et al., 2002)

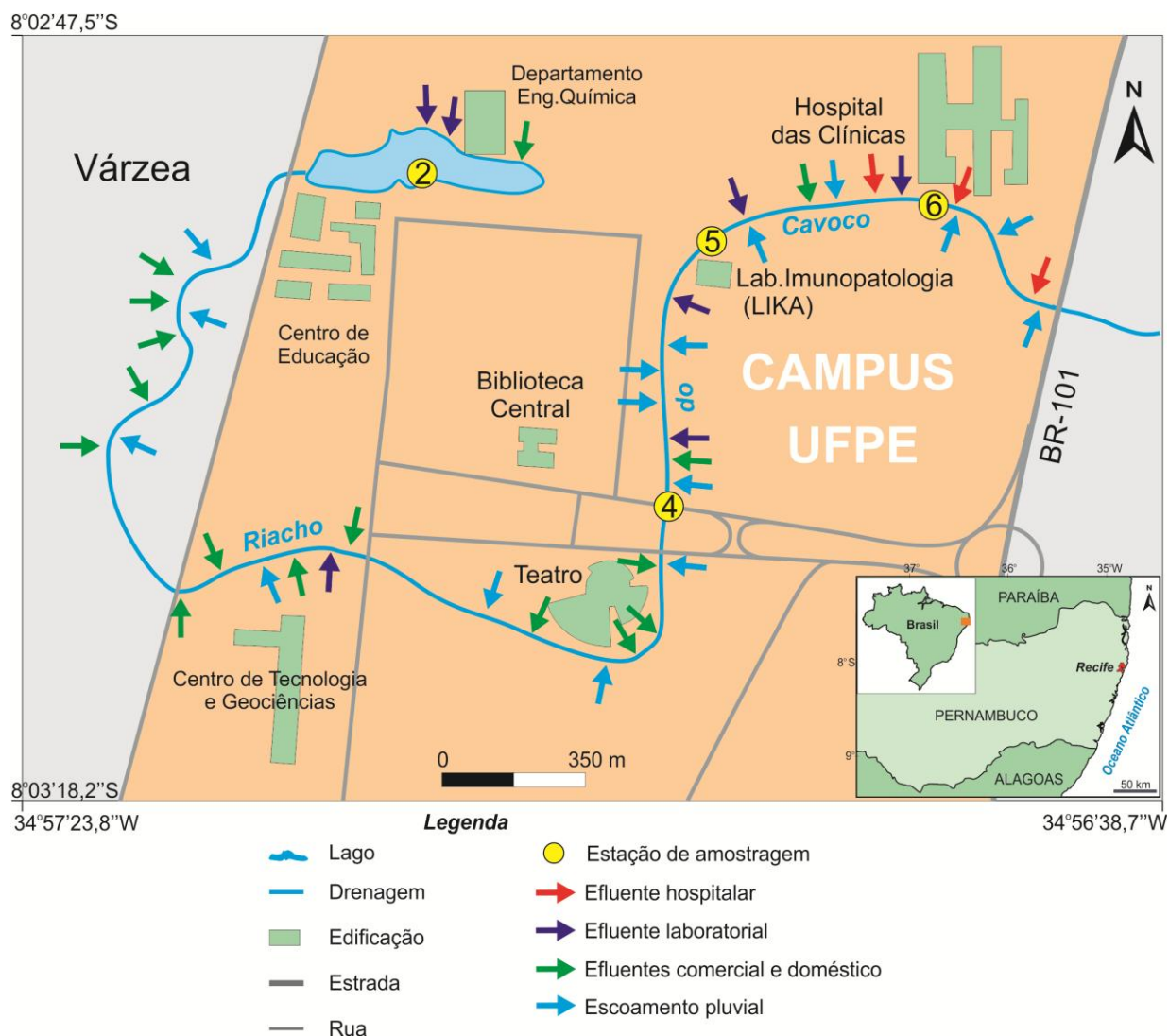


Figura 1. Localização da área de estudo e das estações de amostragem, bem como os pontos de descarte de efluentes despejados no riacho do Cavoco, na cidade de Recife, Estado de Pernambuco (Fonte: Prefeitura do Campus da UFPE). Foram identificadas apenas algumas das edificações com o intuito de melhor localizar os pontos de coleta das amostras.

Dentro do Campus Universitário, apesar da existência de fossas sépticas, o

riacho recebe um grande aporte de carga poluidora de esgoto doméstico e substâncias

tóxicas provenientes dos laboratórios de ensino e pesquisa, além do despejo hospitalar (Calado *et al.*, 2002), como pode ser observado na Figura 1, de acordo com informações obtidas junto à Prefeitura do Campus Universitário. Como já é conhecido, tais efluentes geralmente são enriquecidos em diversos metais como Cd, Cu, Pb e Zn, os quais podem chegar à rede hidrográfica e à biota, causando inúmeros efeitos adversos à mesma (USEPA, 1989; Siegel, 2002; Emmanuel *et al.*, 2009).

Uma das maneiras de se identificar estas contaminações no meio ambiente é através de análises geoquímicas realizadas nos diversos compartimentos ambientais, como água, biota e sedimento. A depender do parâmetro a ser analisado, o sedimento de fundo é considerado o compartimento ideal para a realização de um diagnóstico ambiental eficiente. Isso porque as contaminações de uma grande variedade de substâncias ficam bem registradas nos sedimentos, principalmente devido à presença de matéria orgânica e argilominerais que adsorvem tais compostos. Deste modo, os sedimentos podem fornecer um registro histórico das mais variadas fontes de contaminação no meio ambiente, sejam elas naturais (oriundas do intemperismo das rochas) ou antropogênicas (Salomons *et al.*, 1987). E, além de poder contribuir para se diagnosticar o impacto antrópico no ecossistema, os dados obtidos a partir de um levantamento geoquímico em sedimentos de fundo também podem subsidiar estratégias de remediação do corpo hídrico.

Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi analisar as concentrações totais de 33 elementos maiores e traços no

sedimento de fundo do riacho do Cavoco em seu trecho que percorre o Campus Universitário da UFPE, bem como os parâmetros físico-químicos da água, e deste modo avaliar o possível impacto das concentrações de alguns elementos na biota aquática. Adicionalmente foram obtidas as concentrações de matéria orgânica nos sedimentos de fundo, para uma melhor compreensão do modo como estes elementos químicos ficam retidos no leito do riacho. Com isso, os dados obtidos permitiram uma análise do impacto das atividades realizadas no Campus sobre esse curso d'água.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta e preparação das amostras

A extensão do riacho do Cavoco estudada neste trabalho está compreendida no trecho que corta o Campus da UFPE, com aproximadamente 2,3 km de percurso (Figura 1). Quatro estações de amostragem de sedimento de fundo foram definidas ao longo do riacho, desde sua nascente no lago (estação 2) até a saída do Campus da UFPE (estação 6), com respectivas localizações na Figura 1.

A amostragem de sedimento de fundo foi realizada com o auxílio de recipientes e pás de plástico. Nos locais de difícil acesso a amostragem foi feita com o auxílio de uma draga do tipo Van Veen de aço inox (Figura 2). A coleta de sedimento de fundo foi realizada durante a estação seca (dezembro/2007), favorecendo uma maior concentração de efluentes. As amostras foram secas a temperatura ambiente, e peneiradas com peneiras de nylon para a obtenção da fração < 63 µm.

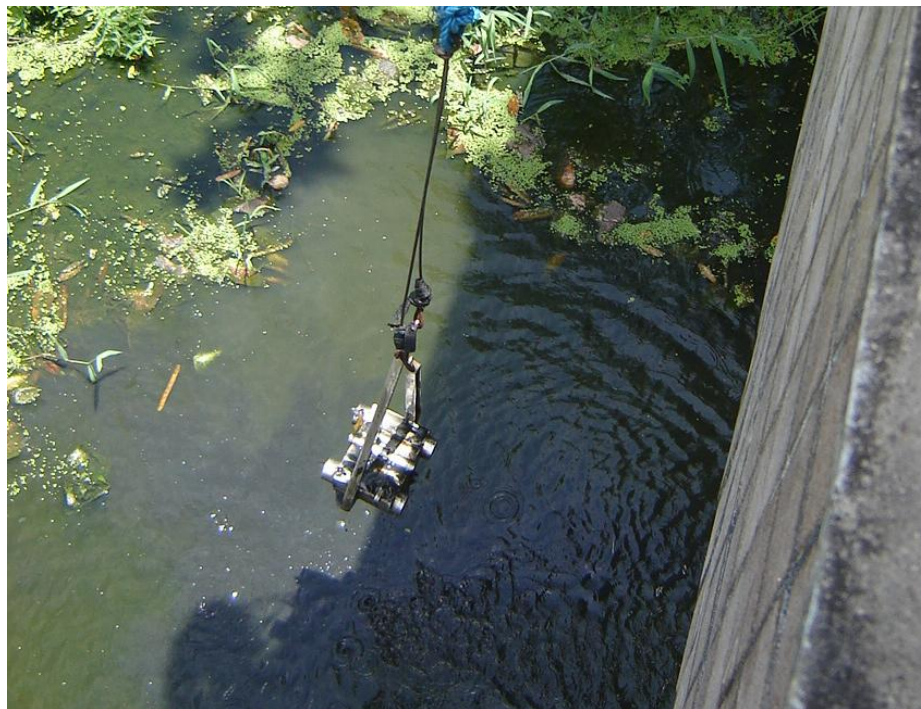


Figura 2. Coleta de sedimento de fundo no riacho do Cavoco com o auxílio de draga Van Veen.

Análises geoquímicas do sedimento de fundo

As análises geoquímicas foram realizadas na fração $< 63 \mu\text{m}$ das amostras de sedimento de fundo. Foram analisados 33 elementos, são eles: Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Sc, Sr, Th, Ti, Tl, U, V, W, Zn. As concentrações totais dos elementos supracitados foram obtidas através de uma digestão multiácida ($\text{HNO}_3\text{-HClO}_4\text{-HF-HCl}$) e leitura em ICP-AES, no laboratório ALSChemex, Canadá.

Adicionalmente, nas mesmas amostras de sedimento de fundo foram feitas análises de matéria orgânica (MO). As concentrações de matéria orgânica foram obtidas por calcinação (Kralik, 1999). Aproximadamente 1,0 g de cada amostra de sedimento já processado (seco e peneirado) foi colocado em cadinho de porcelana previamente pesado. Primeiramente as amostras foram deixadas em estufa a 105°C por 16 horas para a obtenção do peso seco.

Em seguida, os cadinhos foram levados à mufla a 360°C por 2 horas. Após esfriarem em dessecador, os cadinhos contendo as amostras foram novamente pesados, e a diferença de peso obtida foi considerada a quantidade de matéria orgânica calcinada.

A preparação das amostras de sedimento de fundo bem como as análises de matéria orgânica foram realizadas no Laboratório de Geoquímica do Departamento de Geologia na Universidade Federal de Pernambuco, Recife (PE).

Parâmetros físico-químicos da água

Em outubro/2008 foram realizadas medidas dos parâmetros físico-químicos da água *in situ* nos mesmos locais da coleta de sedimento de fundo, com exceção da estação 5. Para tanto foi utilizada uma sonda multiparâmetro portátil marca DIGIMED, com a qual foram analisados os seguintes parâmetros: pH, Eh, condutividade, resistividade e sólidos totais dissolvidos (Figura 3).



Figura 3. Análise dos parâmetros físico-químicos da água através de sonda multiparâmetro portátil.

Análise estatística

Para a interpretação dos dados obtidos foi realizada uma matriz de correlação entre as variáveis analisadas para as amostras de sedimento de fundo, com a obtenção dos coeficientes de correlação de Pearson (r). O valor de r varia de -1 a $+1$, com $r = 0$ correspondendo à não associação. E, por outro lado, quanto mais próximo de 1 ou -1 estiver o valor de r mais forte será a associação entre as variáveis, positiva ou negativamente (Landim, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das concentrações dos elementos maiores e traços, e matéria orgânica obtidos nos sedimentos de fundo encontram-se na Tabela 1. Pode-se observar que houve uma grande variação no comportamento das concentrações dos elementos analisados ao longo do trecho estudado.

As concentrações dos elementos traços Ag, As, Cr, Mo, Ni, U, V, e Zn aumentaram gradativamente para jusante (da estação 2 para a 6). Esse aumento pode ser

justificado pela entrada de efluentes laboratoriais e hospitalares no canal, sem o devido tratamento prévio, já que estes são elementos comumente encontrados nesse tipo de resíduo (Emmanuel et al., 2009). Os dados também mostraram alta correlação entre esses elementos traços e o alumínio (Tabela 2). Como o Al é um dos principais elementos da estrutura cristalina dos argilominerais, ele é tido como um indicador de argilominerais (Din, 1992). Deste modo, pode-se concluir que esses elementos traços devem estar adsorvidos aos argilominerais. Eles também encontram-se adsorvidos pela matéria orgânica, já que os coeficientes de correlação desses elementos com a matéria orgânica são considerados altos (acima de $0,7$). Essas correlações positivas de alguns metais com Al e MO são comumente encontradas em sedimentos fluviais (Forstner e Wittmann, 1983).

Já os elementos Ba, Ca, K, La, Mn, Na, Sr, Th apresentaram comportamento oposto ao anteriormente descrito, com concentrações mais elevadas a montante (lago - estação 2). Como a amostra do lago apresentou frações mais grossas que as

amostras coletadas a jusante (análise granulométrica obtida apenas por observações visuais e táteis no momento da coleta), acredita-se que essas frações mais grossas sejam predominadas por feldspatos, sendo a possível fonte das concentrações de K e Na na amostra a montante. Também foram observados nos sedimentos coletados

a montante maiores concentrações de Ca, Ba, Sr, La e Th, em relação às amostras coletadas a jusante. Esses elementos são comumente encontrados em calcários (Barber, 1974), e podem ser provenientes da Formação Maria Farinha, que ocorre na porção sul da Bacia Paraíba (Barbosa et al., 2003), na qual a área de estudo está inserida.

Tabela 1. Concentrações de elementos maiores e traços encontrados no sedimentos de fundo, e limites de toxicidade (*effects range low* - ERL e *effects range medium* - ERM) estabelecidos por Long et al. (1995) para alguns elementos.

Elemento	Estação de Amostragem				ERL	ERM
	2	4	5	6		
Ag (ppm)	<0,5	1,3	3,1	10,1	1	3,7
Al (%)	6,94	8,62	9,54	8,77	-	-
As (ppm)	<5	<5	8	<5	-	-
Ba (ppm)	1300	980	950	970	-	-
Be (ppm)	1,8	1,7	1,8	1,8	-	-
Bi (ppm)	<2	<2	<2	<2	-	-
Ca (%)	1,71	1,57	1,23	1,09	-	-
Cd (ppm)	<0,5	1	0,5	0,9	1,2	9,6
Co (ppm)	8	12	10	9	-	-
Cr (ppm)	45	73	81	101	81	370
Cu (ppm)	15	64	52	59	34	270
Fe (%)	1,89	3,36	3,22	3,19	-	-
Ga (ppm)	10	30	10	20	-	-
K (%)	2,12	1,29	1,25	1,41	-	-
La (ppm)	100	50	60	60	-	-
Mg (%)	0,51	0,49	0,47	0,53	-	-
Mn (ppm)	409	378	268	332	-	-
Mo (ppm)	1	2	3	4	-	-
Na (%)	1,67	0,82	0,78	0,9	-	-
Ni (ppm)	15	28	24	28	20,9	51,6
P (ppm)	810	2660	1650	1820	-	-
Pb (ppm)	32	95	64	80	46,7	218
S (%)	0,27	1,36	1,57	0,64	-	-
Sb (ppm)	<5	<5	<5	<5	-	-
Sc (ppm)	9	9	9	9	-	-
Sr (ppm)	424	253	238	253	-	-
Th (ppm)	40	20	20	20	-	-
Ti (%)	0,49	0,42	0,44	0,48	-	-
Tl (ppm)	<10	<10	<10	<10	-	-
U (ppm)	<10	<10	<10	10	-	-
V (ppm)	45	62	69	78	-	-
W (ppm)	<10	<10	<10	<10	-	-
Zn (ppm)	75	310	240	330	150	410
MO (%)	4,80	6,69	6,63	6,11	-	-

Alguns dos elementos mostraram um leve aumento na estação 4 em relação às outras estações, foram Cd, Co, Cu, Fe, Ga, P e Pb. Esses elementos possivelmente podem ser provenientes dos efluentes laboratoriais, encanamentos antigos, bem como de substâncias detergentes (W.H.O., 1996). As boas correlações com o Fe (Tabela 2) demonstram que eles devem estar aprisionados a óxidos de ferro (Whitney, 1975).

Para os elementos Be, Mg, Sc e Ti as concentrações permaneceram praticamente constantes nas quatro estações amostradas, e portanto, não devem estar presentes nos efluentes. Provavelmente são provenientes do intemperismo de rochas ígneas do embasamento que ocorrem a montante na bacia hidrográfica do rio Capibaribe.

Alguns dos elementos apresentaram concentrações abaixo do limite de detecção do equipamento analítico em todas as estações de amostragem, sendo eles o Bi, Sb, Tl e W.

Para se avaliar o impacto na biota das concentrações de elementos dos sedimentos, alguns critérios foram estabelecidos pela legislação americana (Long et al., 1995), os quais são adotados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através da resolução 344/04. Os autores definiram dois limites de impacto causado na biota. O primeiro, denominado *effects range-low* (ERL), estabelece valores a partir dos quais os efeitos adversos causados na biota ocorrem ocasionalmente. Já o segundo limite, maior que o primeiro, estabelece valores que, se forem ultrapassados, serão provavelmente tóxicos à biota (*effects range-medium* - ERM). Esses valores foram estabelecidos para sete dos 33 elementos

aqui analisados, são eles Ag, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn (Tabela 1).

Pode-se observar na Figura 4 que, para os elementos que apresentam valores ERL e ERM estabelecidos, apenas as concentrações de Cd encontraram-se abaixo do valor ERL. Para os outros seis elementos, as concentrações encontradas ultrapassaram seus respectivos valores ERL praticamente em todas as 3 estações a jusante, sendo que apenas na estação 2 (lago) esses limites de toxicidade não foram atingidos. A prata foi o elemento com concentrações mais elevadas em relação aos valores de limite de toxicidade (ERL e ERM). Sua concentração, que variou de < 0,5 a 10,1 ppm, atingiu valores até dez vezes mais elevados do que o valor ERL (1 ppm). Na realidade, esse elemento chegou mesmo a ultrapassar o valor ERM, que é estabelecido em 3,7 ppm, ou seja, a biota provavelmente apresenta efeitos adversos advindos das altas concentrações de prata nesse trecho do riacho, próximo ao qual estão instaladas as estruturas hospitalares do campus universitário. Como esse elemento é comumente encontrado nos efluentes hospitalares, esse é um forte indício de que o descarte desse material está sendo feito sem qualquer tratamento. Esse é um dado alarmante, pois sabe-se que os efluentes hospitalares são misturas complexas capazes de gerar problemas ambientais graves, sendo de 5 a 15 vezes mais tóxicos do que os efluentes urbanos comuns (Panouillères et al., 2007; Boillot e Perrodin, 2008). Assim, além de estarem altamente contaminados por metais tóxicos, esses efluentes também são capazes de disseminar doenças altamente contagiosas, tornando a população vulnerável a inúmeros problemas de saúde.

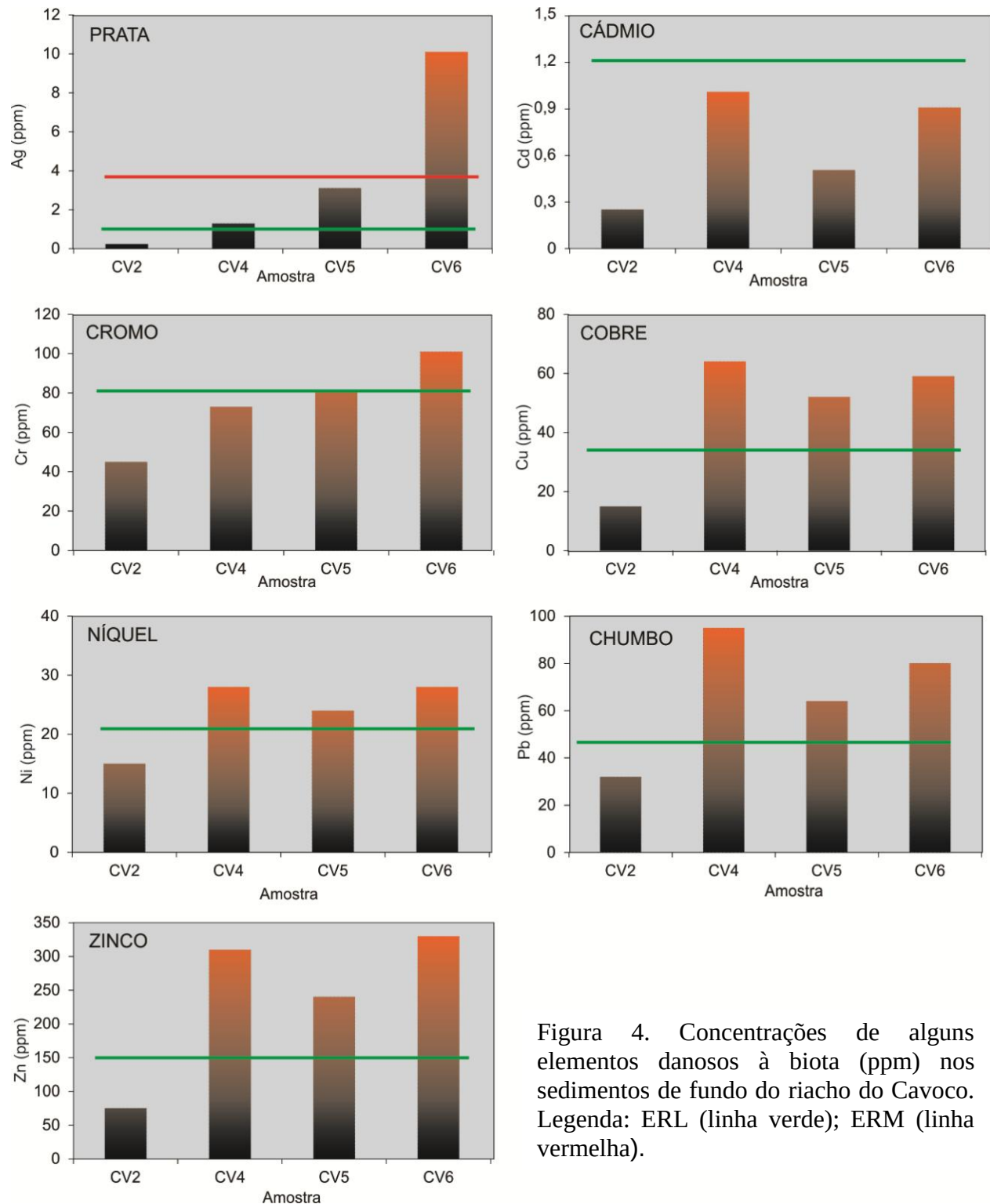


Figura 4. Concentrações de alguns elementos danosos à biota (ppm) nos sedimentos de fundo do riacho do Cavoco. Legenda: ERL (linha verde); ERM (linha vermelha).

AVALIAÇÃO GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE FUNDO E ÁGUA...

Tabela 2. Matriz de correlação entre as variáveis analisadas nos sedimentos de fundo do riacho do Cavoco. Os elementos que apresentaram concentrações abaixo do limite de detecção em todas as estações de amostragem foram omitidos desta matriz de correlação.

	Ag	Al	As	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	K	La	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S	Sr	Th	Ti	U	V	Zn	MO
Ag	1,00																												
Al	0,43	1																											
As	-0,09	0,65	1																										
Ba	-0,52	-0,95	-0,40	1																									
Be	0,36	-0,09	0,33	0,28	1																								
Ca	-0,87	-0,76	-0,39	0,74	-0,39	1																							
Cd	0,48	0,50	-0,31	-0,74	-0,64	-0,38	1																						
Co	-0,19	0,54	0,10	-0,65	-0,88	0,02	0,70	1																					
Cr	0,88	0,78	0,17	-0,86	0,06	-0,93	0,69	0,25	1																				
Cu	0,49	0,83	0,14	-0,96	-0,50	-0,60	0,90	0,76	0,82	1																			
Fe	0,44	0,91	0,30	-0,99	-0,43	-0,64	0,82	0,76	0,81	0,99	1																		
Ga	0,13	0,19	-0,52	-0,46	-0,87	0,04	0,91	0,76	0,33	0,70	0,59	1																	
K	-0,38	-0,95	-0,44	0,99	0,37	0,64	-0,72	-0,74	-0,78	-0,95	-0,99	-0,48	1																
La	-0,39	-0,86	-0,23	0,96	0,53	0,56	-0,85	-0,81	-0,76	-0,99	-0,99	-0,67	0,97	1															
Mg	0,58	-0,47	-0,77	0,29	0,26	-0,13	0,17	-0,53	0,18	-0,16	-0,29	0,13	0,42	0,29	1														
Mn	-0,41	-0,89	-0,86	0,73	-0,34	0,80	-0,09	-0,15	-0,65	-0,50	-0,62	0,27	0,71	0,53	0,47	1													
Mo	0,91	0,76	0,26	-0,79	0,26	-0,98	0,54	0,08	0,98	0,70	0,71	0,13	-0,69	-0,64	0,20	-0,72	1												
Na	-0,43	-0,95	-0,42	0,99	0,35	0,67	-0,74	-0,72	-0,81	-0,96	-0,99	-0,49	1,00	0,98	0,37	0,71	-0,72	1											
Ni	0,58	0,77	0,03	-0,93	-0,46	-0,63	0,93	0,69	0,86	0,99	0,96	0,72	-0,90	-0,96	-0,02	-0,44	0,74	-0,92	1										
P	0,16	0,60	-0,07	-0,77	-0,81	-0,22	0,91	0,93	0,52	0,91	0,87	0,89	-0,81	-0,92	-0,23	-0,17	0,34	-0,81	0,89	1									
Pb	0,39	0,66	-0,09	-0,85	-0,67	-0,41	0,97	0,82	0,70	0,96	0,92	0,86	-0,85	-0,95	-0,07	-0,25	0,54	-0,86	0,97	0,97	1								
S	-0,12	0,84	0,67	-0,77	-0,44	-0,29	0,38	0,80	0,36	0,69	0,78	0,27	-0,85	-0,78	-0,82	-0,66	0,28	-0,83	0,58	0,67	0,60	1							
Sr	-0,49	-0,96	-0,41	1,00	0,29	0,73	-0,74	-0,67	-0,85	-0,96	-0,99	-0,46	0,99	0,97	0,32	0,73	-0,77	1,00	-0,92	-0,78	-0,85	-0,79	1						
Th	-0,52	-0,93	-0,33	1,00	0,33	0,72	-0,79	-0,68	-0,86	-0,98	-0,99	-0,52	0,99	0,98	0,26	0,68	-0,77	0,99	-0,95	-0,81	-0,88	-0,76	1,00	1					
Ti	0,30	-0,62	-0,35	0,65	0,76	-0,01	-0,52	-0,96	-0,18	-0,68	-0,72	-0,55	0,75	0,76	0,74	0,31	-0,04	0,72	-0,58	-0,82	-0,69	-0,92	0,67	0,66	1				
U	0,96	0,18	-0,33	-0,32	0,33	-0,72	0,45	-0,29	0,75	0,35	0,27	0,17	-0,18	-0,23	0,77	-0,16	0,77	-0,23	0,46	0,07	0,30	-0,35	-0,29	-0,33	0,45	1			
V	0,84	0,84	0,26	-0,89	0,07	-0,94	0,66	0,27	1,00	0,83	0,83	0,29	-0,81	-0,78	0,09	-0,72	0,98	-0,84	0,85	0,52	0,69	0,43	-0,88	-0,88	-0,23	0,69	1		
Zn	0,63	0,76	0,01	-0,92	-0,41	-0,67	0,93	0,64	0,89	0,98	0,94	0,70	-0,88	-0,94	0,04	-0,44	0,77	-0,90	1,00	0,85	0,95	0,53	-0,91	-0,94	-0,52	0,53	0,88	1	
MO	0,24	0,92	0,44	-0,96	-0,48	-0,52	0,71	0,83	0,68	0,93	0,97	0,52	-0,99	-0,97	-0,51	-0,65	0,57	-0,98	0,87	0,85	0,85	0,91	-0,96	-0,96	-0,84	0,04	0,72	0,84	1

Os dados dos parâmetros físico-químicos da água obtidos *in situ* (Tabela 3) reforçam as observações feitas anteriormente. Os valores de pH, por exemplo, se mostraram mais alcalinos a montante (lago), com aumento da acidez em direção a jusante. Essa alcalinidade nas águas do lago (ponto 2) pode ser devida à presença de calcários, cuja ocorrência foi indicada pelas concentrações mais elevadas de Ca em relação às outras estações. O valor de Eh negativo a jusante mostra que o ambiente se torna redutor neste local,

provavelmente devido ao grande consumo de efluentes orgânicos por parte de microrganismos. Do mesmo modo, a condutividade e os sólidos totais dissolvidos também evidenciam maior concentração de efluentes a jusante, com valores mais elevados em relação àquele observado no lago (estação 2). A resistividade se comportou de maneira oposta, com os maiores valores a montante, como previsto, já que a resistividade é um parâmetro inverso à condutividade.

Tabela 3. Parâmetros físico-químicos da água obtidos *in situ* no riacho do Cavoco em out/2008.

Parâmetros físico-químicos	Estação de Amostragem			
	2	4	5	6
pH	10,1	8,4	----	7,7
Eh (mV)	130	159	----	-256
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	388	884	----	1047
Resistividade ($\text{k}\Omega$)	2,60	1,14	----	0,95
Sólidos Totais Dissolvidos (ppm)	270	627	----	749

CONCLUSÕES

As análises geoquímicas realizadas nos sedimentos de fundo e na água do riacho do Cavoco mostraram que esse corpo hídrico tem sido fortemente impactado pelas atividades realizadas dentro do Campus Universitário da UFPE.

Dos 33 elementos analisados observou-se que em 16 deles ocorreu aumento das concentrações a jusante. Os elementos que mais se destacaram foram Ag, Cr, Ni, Cu, Pb e Zn, sendo que estes são comumente encontrados em efluentes diversos. Verificou-se que as concentrações destes seis elementos chegaram a ultrapassar os limites de toxicidade estabelecidos pelo CONAMA, o que indica que as espécies aquáticas já podem estar sofrendo efeitos adversos. A prata foi o elemento que apresentou os valores mais elevados em relação aos limites de tolerância da biota,

sendo os efluentes hospitalares sua provável fonte, pois as maiores concentrações ocorrem justamente no trecho do rio que recebe esse tipo de resíduo.

Os parâmetros físico-químicos identificaram uma grande alteração da qualidade da água ao longo do percurso do riacho do Cavoco. Identificou-se aumento da acidez, bem como um ambiente mais redutor a jusante, indicando o aporte de efluentes orgânicos, e consequentemente forte impacto na biota pela consequente diminuição de oxigênio na água.

Com isso conclui-se que as atividades realizadas na Universidade, além de estarem afetando a vida aquática, estão também contribuindo para a disseminação de doenças graves na população, já que esses efluentes são descartados *in natura* no riacho.

Agradecimentos

Aos alunos da disciplina "Geoquímica Ambiental" do curso de graduação em Geologia da UFPE, pelo empenho e dedicação durante as atividades de campo e laboratoriais, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro para a realização das análises geoquímicas.

REFERÊNCIAS

- Barber, C. 1974. Major and trace element associations in limestones and dolomites. *Chemical Geology*, 14(4): 273-280.
- Barbosa, J.A.; Souza, E.M.; Lima Filho, M.F.; Neumann, V.H. 2003. A estratigrafia da Bacia Paraíba: uma reconsideração. *Estudos Geológicos*, 13: 89-108.
- Boillot, C., Perrodin, Y.. 2008. Joint-action ecotoxicity of binary mixtures of glutaraldehyde and surfactants used in hospitals: use of the toxicity index model and isoblogram representation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 71(1):252–259.
- Calado, S.; Silva, P.T.S.; Silva, V.L.; Silva, A.M.R.B.; 1999. Aplicação do Índice de Qualidade da Água em um Trecho do Riacho Cavoco no Campus da UFPE. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol I, 58 p.
- Din, Z.B. 1992. Use of aluminium to normalize heavy-metal data from estuarine and coastal sediments of Straits of Melaka. *Marine Pollution Bulletin*, 24(10): 484-491.
- Emmanuel, E.; Pierre, M.G.; Perrodin, Y. 2009. Groundwater contamination by microbiological and chemical substances released from hospital wastewater: Health risk assessment for drinking water consumers. *Environment International* 35(4): 718–726.
- Forstner, U.; Wittmann, G.T.W. 1983. Metal pollution in the Aquatic Environment. Springer-Verlag, 486 p.
- Kralik, M. 1999. A rapid procedure for environmental sampling and evaluation of polluted sediments. *Applied Geochemistry*, 14: 807-816.
- Landim, P.M.B. 2010. Introdução à análise estatística de dados geológicos multivariados. Editora UNESP. 229 p.
- Long, E.R.; MacDonald, D.D.; Smith, S.L.; Calder, F.D. 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management*, 19(1): 81-97.
- Panouillères, M.; Boillot, C.; Perrodin, Y. 2007. Study of the combined effects of a paracetic acidbased disinfectant and surfactants contained in hospital effluents on *Daphnia magna*. *Ecotoxicology*, 16: 327–40.
- Salomons, W.; De Rooij, N.M.; Derdijk, H.; Bril, J. 1987. Sediments as a source for contaminants. *Hydrobiologia*, 149: 13-30.
- Siegel, F.R. 2002. Environmental Geochemistry of Potentially Toxic Metals. Springer-Verlag, Berlin. 218 p.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1989. Preliminary data summary for the hospitals point source category. Office of water regulations and standards. Washington, D.C.: Office of water, United States Environmental Protection Agency; 76 pp. (EPA 440/1-89/060-n).
- Whitney, P.R. 1975. Relationship of manganese-iron oxides and associated heavy metals heavy metals to grain size in stream sediments. *Journal of Geochemical Exploration*, 4: 251-263.

WHO (World Health Organization). 1996.
Guidelines for drinking-water quality.
Health criteria and other supporting
information. 2^a ed., Vol. 2. World
Health Organization, Geneva.