



ARTICLES/ARTIGOS/ARTÍCULOS/ARTICLES

**Teores geoquímicos em sedimentos de fundo do rio Jundiáí,
Macaíba/RN**

Mestre Josiel de Alencar Guedes

Curso de Geografia, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Campus de Pau dos Ferros, BR405, Km 155, CEP 59.900-000, Arizona, Pau dos Ferros, Brasil. Email: josielguedes@uern.br

RESUMO

ARTICLE HISTORY

**Received: 15 December 2011
Accepted: 29 June 2012**

PALAVRAS-CHAVE:

*Sedimentos
Metais pesados
Rio Jundiáí*

O trabalho objetivou detectar a presença de metais pesados (alumínio, ferro, bário, cobalto, cobre, cromo, chumbo, manganês, níquel e zinco) nos sedimentos de fundo do rio Jundiáí, na cidade de Macaíba, RN. A partir de amostragem de campo em dois períodos (estação chuvosa e seca), foram analisados os elementos químicos na fração inferior a 0,063 mm, sendo os teores determinados nas respectivas amostras por ICP-AES (Espectrometria de emissão atômica - plasma por acoplamento induzido). Os teores dos elementos foram comparados àqueles encontrados no folheto-padrão, usado na literatura como referência. Para averiguar o nível de poluição dos elementos químicos nos sedimentos foi utilizado o Igeo - Índice de geoacumulação, que classifica o nível de poluição por classes. Os pontos no trecho urbano foram os que apresentaram as maiores concentrações, destacando-se Pb como o elemento que apresentou a maior índice de poluição segundo o Igeo.

KEY-WORDS:

*Sediments
Heavy metals
Jundiáí River*

ABSTRACT – GEOCHEMICAL LEVELS IN BOTTOM SEDIMENTS OF JUNDIÁÍ RIVER, MACAÍBA, RN. This paper aim to detect the presence of some heavy metals (aluminum, barium, iron, cobalt, copper, chromium, lead, manganese, nickel and zinc) in the sediments of the bottom Jundiáí river, in the Macaíba city -RN. From field sampling in two periods (dry and rainy season), and analysed the chemical elements in the fraction 0.063 mm, being the levels determined in the respective samples by ICP-AES (Atomic emission spectrometry by plasma-induced coupling). The contents of the elements were compared to those found in standard shale, used in literature as reference. To determine the level of pollution of the chemical elements in sediments was used

Igeo - Geoacumulação index, which ranks the level of pollution by classes. The points on the urban stretch were the ones that provided the largest concentrations, especially Pb as the element that has the highest rate of pollution.

PALABRAS-CLAVE:

Sedimentos
Metales pesados
Rio Jundiáí

RESUMEN – NIVELES DE FONDO GEOQUÍMICO EN SEDIMENTOS DEL RÍO JUNDIAÍ, MACAÍBA/RN Este trabajo procura detectar la presencia de algunos metales pesados (aluminio, bario, hierro, cobalto, cobre, cromo, plomo, manganeso, níquel y zinc) en los sedimentos del río Jundiáí, en la ciudad de, Macaíba-RN. Del campo de muestreo en dos períodos (temporada seca y lluviosa) y analizó los elementos químicos en la fracción de 0.063 mm, siendo los niveles determinados en las respectivas muestras por ICP-AES (espectrometría de emisión atómica por plasma inducido acoplamiento). El contenido de los elementos se compararon con las que se encuentran en pizarras, utilizado como referencia en la literatura. Para determinar el nivel de contaminación de los elementos químicos en sedimentos fue utilizado Igeo - Geoacumulação index, que sitúa el nivel de contaminación por las clases. Los puntos en el tramo urbano son los que proporcionan las mayores concentraciones, especialmente Pb como elemento que tiene la mayor tasa de contaminación Igeo India.

1. Introdução

Os rios desempenham um importante papel na qualidade de vida dos seres humanos, por serem fontes de alimentos e de água. Entretanto, a má utilização dos recursos hídricos, principalmente em áreas urbanas, quando os dejetos e esgotos são descartados diretamente nos leitos dos rios sem tratamento específico, resulta na má qualidade de suas águas, e naturalmente, ocasiona a poluição tanto da água quanto dos sedimentos. Conhecer a biodisponibilidade dos elementos nos sedimentos tornou-se, portanto, relevante para a determinação quantitativa das espécies químicas e avaliação dos impactos provocados no meio ambiente (SINGH *et al*, 1997).

O levantamento geoquímico de sedimentos de fundo de rios tem recebido atenção nos últimos anos, pois o mesmo tem se mostrado eficiente na avaliação dos padrões de distribuição dos elementos químicos no meio considerado. Os sedimentos de fundo apresentam-se como uma valiosa fonte de informações no que concerne à contaminação de redes de drenagens. Para Forstner (2003) é importante conhecer a geoquímica de sedimentos, pois permite conhecer o grau de impacto antropogênico nos recursos hídricos, especialmente relacionados a metais pesados.

Trabalhos focando a contaminação de sedimentos no Estado do Rio Grande do Norte a exemplo de Guimarães Segundo (2002), em estudo do rio Pitimbu, Mendes (2002) nas drenagens dos Açudes Gargalheiras, Dourados e Currais Novos, além de Guedes (2003) e Guedes, Lima; Souza (2003) no rio Jundiáí, Araújo (2005) no rio Jacu e Lima (2006) nos rios Trairi, Araraí e da laguna de Nísia Floresta, mostra que o problema abrange boa parte das drenagens do Estado.

Este trabalho objetivou avaliar as concentrações geoquímicas de ocorrências de alguns elementos químicos potencialmente tóxicos nos sedimentos de fundo do Rio Jundiáí, relacionando-os às atividades antrópicas da cidade de Macaíba.

2. Aspectos ambientais da área

A área de estudo encontra-se inserida na Unidade Geomorfológica dos Tabuleiros Terciários, com relevos dissecados, apresentando formas de topo convexas, com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem, separados por vales em "V" e eventualmente vales de fundo plano. Sua cobertura é constituída por sedimentos do Grupo Barreiras. Outra unidade consiste de terrenos cristalinos, caracterizados por uma topografia relativamente plana e dissecada, com altitudes atingindo no máximo 50 m (Oliveira 1968; Prates *et al.* 1981).

O clima da área de estudo é caracterizado como tropical chuvoso com média de 1070,7 sendo de março a julho o período chuvoso. A temperatura média anual é de aproximadamente 27,1 ° C com umidade relativa do ar de 76% (IDEMA, 2008). Os solos nos pontos de montante correspondem aos neossolos flúvicos, enquanto nos trechos de urbano e de jusante a solos de mangue.

A vegetação que se apresenta na área estudada é constituída por dois tipos: 1) uma floresta subcaducifólia, caracterizando-se pela queda das folhas das árvores durante o período seco, encontrada ao longo do rio Jundiá até a ponte na BR-304, havendo ainda presença de espécies da caatinga como Marmeleiro (*Croton sincorensi*), Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) e Facheiro (*Pilosereus piauhyensis*); e outra 2) ao longo do rio e manguezais, a partir da BR-304 indo em direção ao Potengi, cruzando a cidade de Macaíba, representada pelas espécies mais comuns o Mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*) e o Mangue-branco (*Laguncularia racemosa*) (Salgado *et al.* 1981).

Na bacia do rio Jundiá encontram-se cinco classes de solos. No curso superior, apresenta o Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico, com textura moderada e chernozêmico e o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Plintico, caracterizado pela acumulação de argila, apresentando textura variando de arenosa a argilosa. Na área central da bacia predomina o Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, com textura média, e o Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, caracterizado pela acumulação de argila, apresentando textura variando de arenosa a argilosa. No curso inferior encontram-se os Solos Indiscriminado de Mangue, caracterizando-se pela variedade de misturas não tendo por isso uma característica específica que o identifique. Na área amostrada os solos predominantes são Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e o Indiscriminado de Mangue (Souza *et al.* 1981).

Na bacia hidrográfica do Jundiá encontra-se sobre dois conjuntos geológicos: a) os terrenos antigos destacando o embasamento de idade Pré-cambriana (> 2,0 G.a.), denominado Complexo Gnáissico-Migmatítico (Complexos Caicó/São Vicente e Presidente Juscelino), onde estão os pontos de montante. Predominam ortognaisses granodioríticos, tonalíticos e graníticos de textura equigranular ou *augen*, com afinidades de cálcio-alcalina ou subalcalina/monzonítica, além de metamáficas subordinadas. Os ortognaisses são intrusivos e/ou interfoliados com biotita paragnaisses e ortoanfíbolitos, além de raras lentes (enclaves) de quartzito, formação ferrífera, quinzigito, calciossilicática e mármore. O Complexo gnáissico-migmatítico possui migmatização importante, frequentemente polifásica, em geral apresentando suítes plutônicas de diferentes gerações, representando a maior parte da área, onde se destacam áreas de pedreiras para exploração de granitos (MONT'ALVERNE *et al.* 1998); b) Grupo Barreiras aflorante corresponde ao conjunto sedimentar clástico de cor variegada com variações de argilitos a conglomerados, ocorrendo no litoral brasileiro, sobreposto diretamente às rochas cristalinas pré-cambrianas e também sobre os sedimentos clásticos e carbonáticos cretáceos do Grupo Apodi - Bacia Potiguar (MONT'ALVERNE *et al.* 1998). Mabesoone; Campos e Silva; Buerlen (1972), dividiram o Grupo Barreiras em três formações: Formação Serra do Martins, Formação Guararapes e Formação Macaíba. A Formação Serra do Martins compreendendo a unidade inferior caracterizada pela presença de fácies arenosas variando até conglomeráticas. A Formação Guararapes correspondendo à unidade

intermediária, constituída por rochas arenosas a argilosas, de coloração variegada. A unidade da Formação Macaíba corresponde a unidade superior, sendo constituída por sedimentos areno-argilosos, argilo-arenosos e caulíníticos com seixos na base. Os pontos de coleta nos trechos urbano e de jusante assentam-se nessa litologia.

3. Materiais e métodos

A área de estudo consiste no trecho compreendendo o baixo curso do rio Jundiá, onde foram escolhidos 10 pontos de amostragem, encontrados à montante e à jusante de forma da cidade de Macaíba, de maneira que fosse possível perceber a influência da área urbana (Figura 01). Esta cidade dista cerca de 22 km de Natal, com população de aproximadamente 63337 habitantes e taxa de crescimento de 2,17% (IDEMA 2008). O acesso à mesma se dá a partir de Natal, capital do Estado do Rio Grande do Norte, pela BR-101, até o trevo de Parnamirim, tomando-se em seguida a BR-304, até o trevo de Macaíba. Outro percurso pode ser realizado pela BR-206 passando por Mangabeira. Desta forma a numeração dos pontos seguiu conforme as coletas, sendo os pontos (coordenadas em UTM) de montante P3 (9349316; 237544), P2 (9350070; 238244) e P1 (9350874; 238570) estando todos localizados em área rural com pastagens nativas. Na área urbana os pontos P4 (9350874; 238946), P5 (9351619; 239209), P10 (9352018; 239673) e P6 (9352136; 240194), cruzam a cidade onde recebem os esgotos domésticos e das ruas. Os pontos de jusante são respectivamente P7 (9352428; 241104), P8 (9352838; 241909) e P9 (9353394; 242442) estão localizados em área predominantemente de mangues.

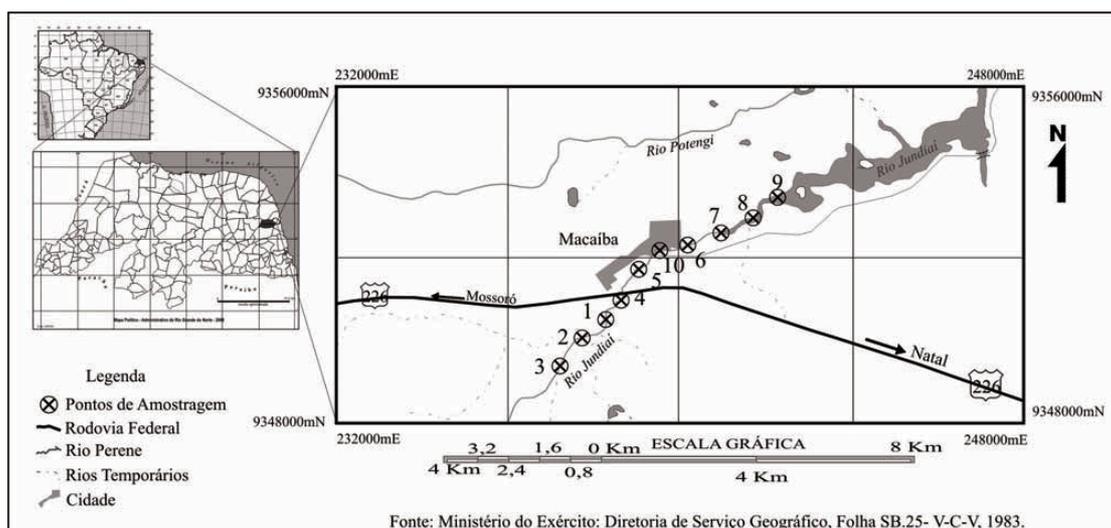


Figura 01: Mapa das estações de amostragem no trecho do Rio Jundiá, próximo à cidade de Macaíba.

As coletas foram realizadas em duas etapas, a Etapa I (período seco entre janeiro e fevereiro) e etapa II (período chuvoso, entre março e junho), sendo recolhida várias amostras para formar uma amostra composta em cada ponto. Nas coletas foram utilizados potes de vidro com capacidade para aproximadamente 3 kg, com tampas de plástico, previamente esterilizados. A coleta foi realizada com utensílios plásticos nos locais de menores profundidades da lâmina d'água e com draga de Van Veen nos trechos mais profundos do rio. Em laboratório, as amostras foram secadas em estufa a 60° C e desagregadas em almofariz de porcelana, sendo posteriormente separadas granulometricamente em peneiras de aço inoxidável de 1 mm e 0,063 mm (63 µm). Da fração passante <0,063 mm, foram separados cerca de 10g por amostra, posteriormente enviadas ao Laboratório Bondar Clegg onde foram realizadas as análises em ICP-AES (Espectrometria de emissão atômica - plasma por acoplamento induzido). No laboratório a abertura química das amostras foi realizada com água régia, pela adição de 1 ml de ácido nítrico (HNO₃) concentrado e 2 ml de ácido

clorídrico (HCl) concentrado a 0,5g de amostra, a qual é digerida preliminarmente a frio por trinta minutos, seguida de digestão a 90° C por duas horas e meia. Após o resfriamento, complementou-se a amostra de 10 ml em volume, com ácido clorídrico a 7,2%.

4. Resultados e Discussões

Os sedimentos são materiais resultantes de processos erosivos em rochas e solos ou oriundos de decomposição de material orgânico carreados para os cursos d'água. Esses sedimentos têm a característica de registrar o aporte de elementos químicos e indicam a presença de cada elemento químico que pode ficar geodisponível tanto para a biota quanto para o sistema físico-natural. (OWENS, 2005). Desta forma, a composição química dos sedimentos reflete parcialmente a decomposição destes materiais. A tabela 01 sumariza as concentrações encontradas para cada elemento químico, nos sedimentos amostrados nas estações, sendo as mesmas ordenadas no sentido de montante para jusante no Rio Jundiá (P3, P2, P1, P4, P5, P10, P6, P7, P8 e P9). A figura 02 mostra as distribuições das concentrações dos elementos químicos lixiviados da fração passante (0,063 mm) dos sedimentos do rio Jundiá por ataque com água régia. Como forma de análise comparativa de concentrações, foi utilizado como referência global, os teores médios dos respectivos elementos no folhelho (TUREKIAN; WEDEPOHL, 1961).

Tabela 01: Concentrações dos elementos analisados em sedimentos de fundo (<0,63 µm) do rio Jundiá, Macaíba. (As etapas I e II correspondem aos períodos de coleta seco e chuvoso respectivamente; Folhelho padrão - Turekian; Wedepohl, 1961)

Elemento	Etapas	P 3	P 2	P 1	P 4	P 5	P 10	P 6	P 7	P 8	P 9	Folhelho padrão
Al (%)	I	1,49	1,08	1,56	1,61	1,51	1,45	1,24	2,12	1,73	1,71	8
	II	1,91	1,52	0,96	1,52	1,61	1,67	1,76	1,65	1,8	1,69	
Fe (%)	I	2,64	1,5	2,04	2,1	1,9	1,75	2,01	2,53	1,95	1,81	4,72
	II	2,47	1,99	1,42	2,22	1,88	2,69	2,45	1,75	1,94	1,9	
Ba (ppm)	I	539	452	302	436	277	138	118	99	123	100	580
	II	595	510	432	304	357	57	108	123	104	110	
Co (ppm)	I	20	19	22	23	11	5	7	11	9	10	19
	II	19	18	11	17	9	9	10	12	9	8	
Cr (ppm)	I	75	44	63	60	58	37	43	85	63	61	90
	II	82	64	46	70	47	57	54	56	62	61	
Cu (ppm)	I	18	12	26	52	30	43	43	43	24	19	45
	II	20	17	13	25	39	56	61	29	24	19	
Mn (ppm)	I	657	491	412	2117	319	83	123	181	133	118	670
	II	496	188	107	390	290	168	128	105	118	130	
Ni (ppm)	I	44	29	37	113	49	24	33	42	32	28	68
	II	44	35	23	44	49	39	39	40	33	28	
Pb (ppm)	I	42	16	22	91	19	54	33	28	56	21	20
	II	22	26	19	38	22	39	48	36	19	14	
Zn (ppm)	I	41	24	31	63	51	141	88	77	50	41	95
	II	42	33	20	38	98	95	143	58	51	42	

O elemento alumínio apresentou valores abaixo da média do folhelho usado como valor de referência (8,0 %), para ambas as etapas. Na etapa I, o menor valor de concentração corresponde à estação P2 (1,08 %). O valor máximo foi encontrado na estação P7 (2,12 %) e a média foi de 1,55 %. Na etapa II, o menor valor de concentração foi na estação P1 (0,96 %), o maior na estação P3 (1,91 %) e a média resultou em 1,61 %. Nas duas etapas de coleta, pode-se notar a manutenção de uma distribuição heterogênea para este elemento químico com concentrações maiores na etapa II.

As concentrações para o elemento ferro mostram que todos os valores encontrados, em ambas as etapas, ficaram abaixo do valor de referência (4,72 %). Na etapa I a menor concentração encontra-se na estação P2 (1,5 %), a maior na P3 (2,64

%) e uma média de 2,02%. Na etapa II, a menor concentração encontra-se na estação P1 (1,42 %), a maior na estação P10 (2,69 %) e uma média de 2,07%. A figura 02 mostra o comportamento desse metal ao longo das estações, na qual pode-se observar que houve variações significativas na concentração deste elemento entre as duas etapas, com destaque para os pontos P6 e P10 .

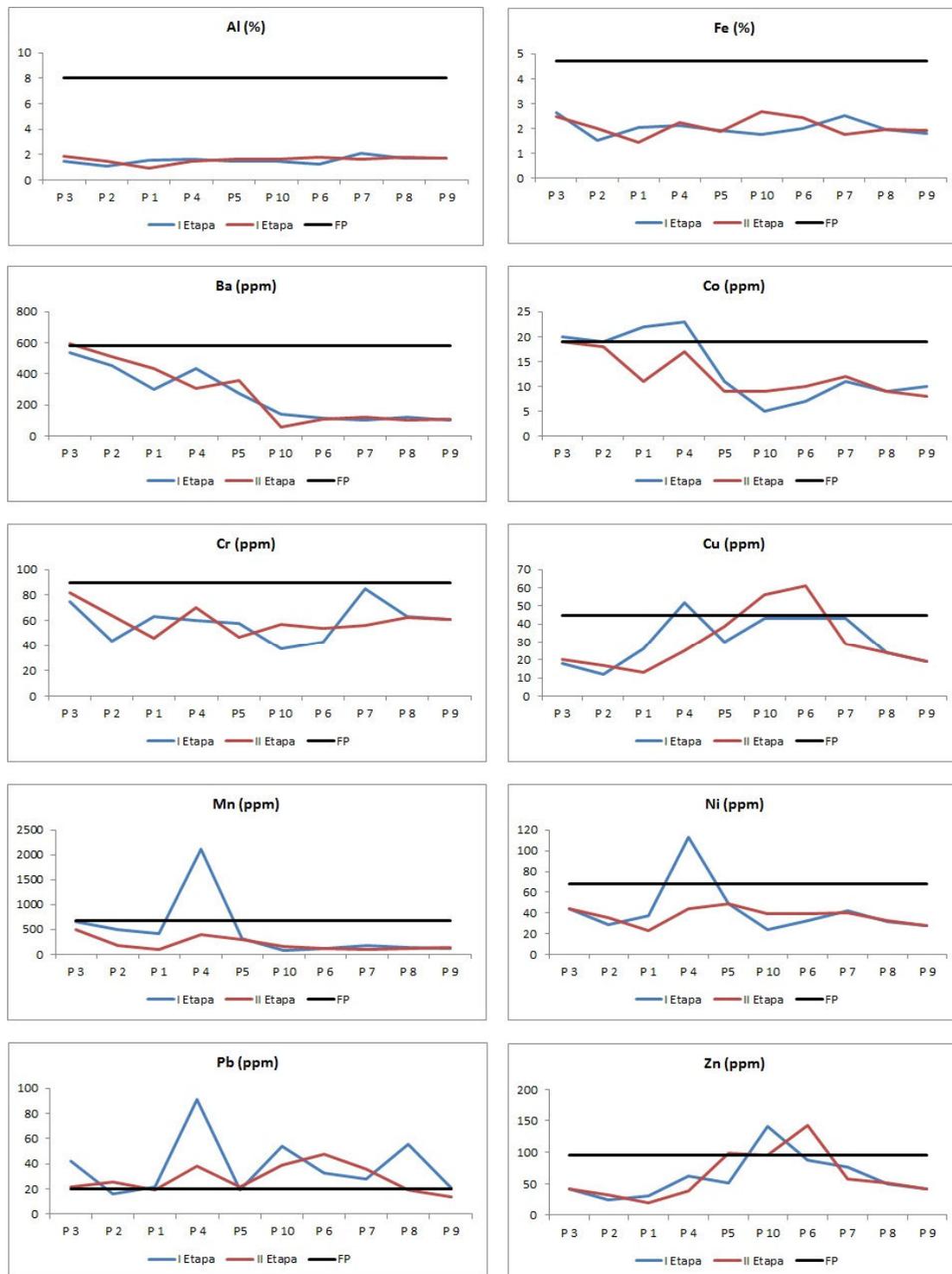


Figura 02: Teores dos elementos nos sedimentos de fundo do rio Jundiá. A linha contínua representa a média do Folhelho-padrão – FP (TUREKIAN; WEDEPOHL, 1961).

O elemento bário, com exceção da estação P3 (595 ppm) na etapa II, todas as demais estações apresentaram concentrações inferiores ao folhelho (580 ppm). Na

etapa I, a menor concentração foi encontrada na estação P7 (99 ppm), a maior na estação P3 (539 ppm) e uma média de 258,4 ppm. Na etapa II, a menor concentração foi registrada na estação P10 (57 ppm), a maior na estação P3 (595 ppm), e a média dos pontos resultou em 270 ppm. Na figura 02 percebe-se que o ponto P3 destaca-se pela maior concentração, considerando que está em uma área sem influência urbana, havendo uma tendência geral de decréscimo acentuado nas concentrações para ambas as etapas, mas com variações entre os pontos .

Para o elemento cobalto na etapa I, os pontos P3 (20ppm), P1 (22 ppm) e P4 (23 ppm) tiveram resultados acima do valor de referência (19 ppm), enquanto no ponto P2 (19 ppm) o resultado foi igual à referência. Os demais pontos tiveram seus valores abaixo do encontrado no folheto padrão. O menor valor encontrado foi na estação P10 (5 ppm), o maior na estação P4 (23 ppm), com uma média de 13,7 ppm. Na etapa II, excetuando o ponto P3 (19 ppm), com concentração igual ao valor de referência (19 ppm), todos os demais tiveram suas concentrações abaixo deste valor. A menor concentração encontra-se no ponto P9 (8 ppm), a maior no P3 (19 ppm) e uma média de 12,2 ppm. A figura 02 mostra o gráfico para o cobalto, evidenciando de um modo geral uma tendência de decréscimo nas concentrações ao longo das estações no sentido de montante para jusante.

O cromo apresentou em ambas as etapas todos os valores acima da referência encontrado no folheto (90 ppm). Na etapa I a menor concentração foi no ponto P10 (37 ppm), a maior no ponto P7 (85 ppm), com uma média de 58,9 ppm. Na etapa II, a menor concentração foi no ponto P1 (46 ppm), a maior no P3 (82 ppm), com uma média de 59,9 ppm. Na figura 02 vê-se que não há uma variação acentuada entre as etapas, com valores intercalados de máximos e mínimos entre as mesmas.

Para o elemento cobre, a concentração na etapa I apresentou um valor máximo no ponto P4 (52 ppm), sendo este o único a ultrapassar o valor de referência (45 ppm), ficando as demais com valores abaixo, sendo o ponto P2 (12 ppm) o de menor valor. Na etapa II, as estações P10 (56 ppm) e P6 (61 ppm) ficaram acima do valor de referência, sendo esta última dosagem o valor máximo encontrado, enquanto o ponto P1 (13 ppm) foi o de menor valor. De maneira geral, o gráfico na figura 02 mostra que as concentrações de cobre, a princípio baixas (cerca de 20 ppm) em ambas as etapas, mantêm uma tendência de aumento de teores entre os pontos P4 e P6, para em seguida diminuir acentuadamente nos dois últimos pontos.

Para o manganês, na etapa I, o ponto P4 (2117 ppm) foi o único cuja concentração ultrapassou o valor de referência (670 ppm). O menor valor foi medido no ponto P10 (83 ppm). A média para esta etapa foi de 463,4 ppm. Na etapa II, todos os valores de concentração ficaram abaixo do valor de referência, com máximo no ponto P3 (496 ppm), mínimo no ponto P7 (105 ppm) e média de 212 ppm. O gráfico da figura 02 mostra as baixas concentrações ao longo dos pontos para as duas etapas, com exceção do ponto P4 na etapa I, que se destaca acentuadamente em relação aos demais.

O níquel apresentou todos os valores de concentração abaixo do valor de referência (68 ppm), com exceção, do ponto P4 (113 ppm) na etapa I, que além de apresentar o valor máximo encontrado, foi o único ponto no qual o valor de referência foi ultrapassado. A menor concentração foi observada no ponto P10 (24 ppm), com uma média para esta etapa de 43,1 ppm. Na etapa II, o valor máximo de concentração foi no ponto P5 (49 ppm), a menor no ponto P1 (23 ppm) e a média de 37,4 ppm. A distribuição dos valores, de acordo com o gráfico da figura 02 apresenta semelhança entre as etapas, com exceção do pico máximo da estação P4 na etapa I.

Para o elemento chumbo, na etapa I com exceção dos pontos P2 (16 ppm) e P5 (19 ppm), todos os demais excederam o valor de referência, que corresponde a 20 ppm. A menor concentração foi registrada no ponto P2 (16 ppm), a máxima no ponto P4 (91 ppm), e média de 38,2 ppm. Na etapa II, excetuando as concentrações nos pontos P1 e P8 e P9, todos os demais pontos excederam o valor de referência. A menor concentração foi registrada no ponto P9 (14 ppm), a maior no ponto P6 (48 ppm), e

média de 28,3 ppm. De acordo com a figura 02 nota-se que os pontos em ambas as etapas tiveram concentrações muito diferenciadas, com alternância de máximos e mínimos, destacando um pico máximo na estação P4.

Quanto ao elemento zinco, este apresentou na etapa I um valor máximo de concentração no ponto P10 (141 ppm), sendo esta o único ponto a ultrapassar o valor de referência (95 ppm); a menor concentração foi registrada no ponto P2 (24 ppm) com uma média de 60,7 ppm. Na etapa II, o menor valor dosado foi observado no ponto P1 (20 ppm), o maior no P6 (143 ppm) e média de 62 ppm. Os pontos P5 (98 ppm), P10 (95 ppm) e P6 (143 ppm), foram aqueles nos quais o valor de referência foi ultrapassado. Na figura 02 percebe-se que as concentrações, a princípio baixas, aumentam no sentido de montante para jusante, atingindo máximos nos pontos P10 (etapa I) e P6 (etapa II), em ambiente urbano, decrescendo gradativamente até a estação P9.

Os rios que cruzam áreas antropizadas recebem diretamente altas cargas de poluição, tanto de fontes difusas quanto daquelas originadas de fontes pontuais (GUEDES; LIMA; SOUZA, 2005). Para Von Sperling (1995 apud GUEDES 2011), a poluição hídrica pode ser *...de origem natural, esgotos domésticos e industriais, águas de escoamento superficial, de origem agropastoril, águas de drenagem de minas e lixo*. A análise quantitativa do enriquecimento dos elementos nos sedimentos de fundo foi determinada através do índice de geoacumulação (IGeo) para cada ponto de amostragem, tomando como *background* geoquímico de referência o folhelho-padrão. Esse índice foi introduzido por Müller (1979, apud Sing, 1997), sendo muito utilizado para a avaliação das classes de poluição por metais pesados nos sedimentos de fundo. O IGeo é calculado segundo a equação: $Igeo = \log_2 (C_n/1,5 \times B_n)$, onde, $[C_n]$ representa a concentração do metal pesado no sedimento e $[B_n]$ a concentração do metal pesado relativo ao *background* de referência, sendo nesse estudo sido utilizado o folhelho. O IGeo apresenta sete classes de poluição, distribuídos em função dos graus que variam de 0 (não poluído) a 6 (altamente poluído) (Quadro 01).

Quadro 01: Classes do Igeo com relação a qualidade dos sedimentos

Igeo	Qualidade dos sedimentos
0	Não poluído
1	Não poluído a moderadamente poluído
2	Moderadamente poluído
3	Moderado a poluído
4	Muito poluído
5	Alto a altamente poluído
6	Altamente poluído

A tabela 02 mostra o resultado do Igeo para os elementos químicos analisados nos sedimentos do Rio Jundiá, tomando como *background* o folhelho padrão (TUREKIAN; WEDEPOHL 1961), usado mundialmente como referência (HUY et al., 2003; SINGH; MULLER; SINGH, 2003; SOARES et al., 2004).

Tabela 02 - Resultado do Igeo para os elementos analisados nos sedimentos

Elemento	Etapas	P 3	P 2	P 1	P 4	P 5	P 10	P 6	P 7	P 8	P 9
Al	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Co	I	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	II	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr	I	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cu	I	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0
	II	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Mn	I	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ni	I	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pb	I	2	0	1	3	1	2	1	1	2	1
	II	1	1	1	2	1	2	2	1	1	0
V	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Com base na tabela 03 pode-se notar que o Al, Fe, V e Zn apresentam o Igeo 0 (não poluído) em todas as estações de amostragem. Os elementos Ba, Co, Cr, Cu e Zn apresentaram pouca variação, com valores de Igeo 0 (não poluído) e Igeo 1 (não poluído à moderadamente poluído), principalmente no trecho urbano da cidade de Macaíba. Ressalta-se ainda o importante enriquecimento do Pb, o qual atingiu Igeo 3 (moderado a poluído) na zona urbana e 3, 2 e 1 a jusante do perímetro urbano da cidade de Macaíba, são oriundos de atividades antrópicas como oficinas de carros e esgotos *in natura* das ruas com despejos nas imediações por onde o rio cruza a cidade. Esse elemento Pb, se destaca em relação aos demais, por apresentar Igeo acima de 1 em todos os pontos em uma ou outra etapa de amostragem. O Co e o Ba tiveram o Igeo de classe 1 nos, enquanto o Cu apresentou essa mesma nos a partir dos pontos urbanos podendo provavelmente estarem associados a fontes de poluição difusas.

De maneira geral os resultados demonstram a influência urbana no ambiente hídrico, isso porque os elementos que apresentam as concentrações, principalmente a partir das estações localizadas no trecho urbano e a jusante da cidade de Macaíba, reflete a influência dos despejos de esgotos domésticos (detergentes, etc) e industrial (têxtil), lixos e a alta concentração de veículos automotores nessa área (oficinas mecânicas e funilarias). Normalmente os escoamentos superficiais contribuem com a maior carga de poluição em trechos urbanos, conforme reportado por Singh *et al.* (1997) e Walker; McNutt; Maslanka (1999).

5. Conclusões

O Rio Jundiá destaca-se por ser um dos principais afluentes do rio Potengi, importante bacia hidrográfica do Estado do Rio Grande do Norte. Os problemas ambientais desse rio são comuns a rios considerados urbanos, podendo ser destacado as atividades antrópicas ao longo do rio e que contribuem na geração de resíduos para esse manancial. Dos elementos analisados, o Pb foi aquele que se destacou por apresentar teores elevados em todos os pontos, podendo sua origem elevada estar associada a atividades antrópicas, pois a existência de oficinas nos imediações do curso d'água podem contribuir para o elevado teor desse elemento nos sedimentos,

associados ainda a existência de escoamento de esgotos que recebem afluentes oriundos das residências e das ruas, sem tratamento adequado. Dessa forma faz-se necessário um programa de monitoramento de metais pesados nesse curso d'água principalmente por se tratar de um manancial usado por populações ribeirinhas que pescam em suas águas.

Referências

- ARAÚJO, R. M. **Análise de risco ambiental baseado em espécies químicas nos sedimentos de fundo da bacia hidrográfica do rio Jacu/RN**. 2005. 81 p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal.
- FERREIRA, A.; INÁCIO, M. M.; MORGADO, P.; BATISTA, M. J.; FERREIRA, L. Low-density geochemical mapping in Portugal. **Applied Geochemistry**, v.16, p.1323-1331, 2001.
- GUEDES, J. A. **Diagnóstico geoquímico-ambiental de água e sedimento de fundo do rio Jundiá, nas imediações da cidade de Macaíba/RN**. 2003. 130 p Dissertação de Mestrado em Geociências, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal.
- GUEDES, J. A.; LIMA, R.F. S.; SOUZA, L. C. Metais pesados em água do rio Jundiá, Macaíba/RN. **Revista de Geologia**. Fortaleza, v.18, n.2, p.131-142, 2005.
- GUEDES, J. A.; LIMA, R.F. S.; SOUZA, L. C. Variação sazonal da geoquímica de água e sedimentos de fundo em um trecho do rio Jundiá, cruzando a cidade de Macaíba, RN. In: IX Congresso Brasileiro de Geoquímica, 2003, Belém. **Livro de Resumos Expandidos**, 2003. p. 301-303.
- GUEDES, J. A. Poluição de rios em áreas urbanas. **Ateliê Geográfico**. Goiânia, v.5, n.4, p.212-226, ago. 2011.
- GUIMARÃES SEGUNDO, J. E. A. **Diagnóstico geoquímico ambiental de água e sedimento de fundo do rio Pitumbu, região sul da grande Natal**. 2002. 196 p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- FÖRSTNER, U. Geochemical techniques on contaminated sediments - river basin view. Part I: Integrated water quality management: river basin approach. **Environmental Science & Pollution Research**, v.10, n.1, p.58-62, 2003.
- HUY, N. Q.; LUYEN, T. V.; PHE, T. M.; MAI, N. V. Toxic elements and heavy metals in sediments in Tham Luong Canal, Ho Chi Minh City, Vietnam. **Environmental Geology**, v.43, p.836-841, 2003.
- IDEMA. **Macaíba**: Informe municipal. Natal, 2008. 16 p.
- LIMA, L. F. **Geoquímica de sedimentos de fundo dos rios Trairí, Araraí e laguna de Nísia Floresta/RN**. 2006. 75 p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal.
- LINS, C. A. Mapeamento geoquímico no Nordeste Oriental: sumário estatístico dos dados históricos da CPRM. In: Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, 5; Congresso Brasileiro de Geoquímica, 7, Porto Seguro. **Anais...** p. 647-650. 1999.
- MABESONE J. M.; CAMPOS E SILVA A; BUERLEN, K. Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geociências**, v.2, p.173-188, 1972.
- MENDES, F. S. **Diagnóstico geoquímico ambiental de atividades urbanas, rurais e mineiras nos municípios de Currais Novos e Acari (RN): implicações na qualidade das águas dos açudes Gargalheiras Dourado e Currais Novos**. 2002. Dissertação de Mestrado em Geociências, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal.
- MONT'ALVERNE, A. A. F.; JARDIM DE SÁ, E. F.; DERZE, G. R.; DANTAS, J. S. A.; VENTURA, P. E. D. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte**. Natal: DNPM: UFRN: PETROBRÁS: CRPM. 1998.
- OWENS, P.N. Conceptual models and budgets for sediment management at the River Basin Scale. **Journal of Soils & Sediments**, v, 5, n.4, p.201-212, 2005.
- SINGH, M., ANSARI, A. A., MULLER, G.; SINGH, I. B. Heavy metal in freshly deposited sediments of the Gomati River (a tributary of Ganga River): the effect of human activities. **Environmental Geology**, v.29, p.246-252, 1997.
- SINGH, M.; MULLER, G.; SINGH, I. B. Geogenic distribution and baseline concentration of heavy metals in sediments of the Ganges River, India. **Journal of Geochemical Exploration**, v.80, p.1-17, 2003.
- SOARES, M. C. C.; MIZUSAKI, A. M. P.; GUERRA, T.; VIGNOL, M. L. Análise geoquímica dos sedimentos de fundo do Arroio do Salso, Porto Alegre – RS – Brasil. **Pesquisa em Geociências**, v.31, p.39-50, 2004.
- TUREKIAN, K. K.; WEDEPOHL, K. H. Distribution of the elements in some majors units of the Earth's crust. **Geological Society of America Bulletin**, v.72, p.175-192, 1961.
- WALKER, W. J.; McNUTT, R. P.; MASLANKA, C. K. The potential contribution of urban runoff to surface sediments of the Passaic River: sources and chemical characteristics. **Chemosphere**, v.38, p.363-377, 1999.