

Indicadores da qualidade dos sedimentos do ribeirão Piancó, Anápolis–Go, e suas implicações ambientais

Indicator of the quality of sediments Piancó river, Anápolis-Go and their environment implications

A. L. F. Santos¹; L. O. S. Borges²; G. R. Boaventura³

¹Núcleo de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Sergipe, 49100-000, São Cristóvão-Se, Brasil

²Unievangélica, 75000-000, Anápolis-Go, Brasil

³Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 70910-900, Brasília-DF, Brasil

antoniolazaros@gmail.com

(Recebido em 11 de junho de 2012; aceito em 15 de outubro de 2012)

Os sedimentos são formados por partículas minerais e matéria orgânica que são transportadas ou depositadas nos corpos d'água. Os processos derivados das atividades antrópicas industriais e urbanas são responsáveis pela entrada de cargas de elementos tóxicos nas águas superficiais das bacias hidrográficas, e podem afetar a qualidade dos sedimentos. Os sedimentos podem estocar espécies químicas ou, então, atuar como uma fonte secundária de poluição, por meio da disponibilidade de contaminantes ao sistema. O presente trabalho, objetiva avaliar a qualidade dos sedimentos da bacia do ribeirão Piancó, GO e suas implicações ao meio ambiente. Neste sentido, determinou-se as concentrações dos constituintes menores Cu, Zn, Co, Ni, Cr que permitiram o cálculo do Fator de Contaminação (FC) e Índice de Geoacumulação (Igeo) do sedimento fluvial. Os resultados obtidos assinalaram que os sedimentos de fundo, possuem indicadores de poluição classificados entre 0 e 2, correspondendo às intensidades, "praticamente não poluído" e "Moderado poluído", respectivamente. Para o fator de contaminação os elementos- traço: Cu, Ni e Cr não apresentaram contrastes tão significativos quando comparados com os valores relativos ao ponto de controle (P01). Os levantamentos dessas informações tornam-se possível a obtenção de ferramentas complementares que permitam o processo de gestão ambiental.

Palavras-chaves: fator de contaminação (FC); índice de geoacumulação (Igeo); qualidade dos sedimentos

The sediments are formed by mineral particles and organic matter that is transported or deposited in water bodies. Processes derived from anthropogenic industrial and urban activities are responsible for input loads of toxic elements in surface waters of watersheds, and can affect the quality of the sediments. The pellets can store chemical species, or else act as a secondary source of pollution, by the availability of contaminants to the system. The present study aims to evaluate the quality of the surface sediments of the Piancó, GO river and its implications for the environment. In this sense, we determined the concentrations of minor constituents Cu, Zn, Co, Ni, Cr that allowed the calculation of the contamination factor (CF) and geoaccumulation index (Igeo) of river sediment. The results indicated that the bottom sediments, pollution indicators are rated between 0 and 2, corresponding to the intensities "practically non-polluted" and "moderate polluted", respectively. For the contamination factor the trace elements Cu, Ni and Cr showed no such significant contrasts when compared with for the control point (P01). The collection of this information becomes possible to obtain complementary tools that allow the process of environmental management.

Keywords: contamination factor (CF); geoaccumulation index (Igeo); quality of the sediments

1. INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Piancó (BHRP), localiza-se na região noroeste do município de Anápolis, entre as latitudes "16°15'00" S e 16°06'00" S e as longitudes 49°03'00" W e 48°52'00" W, possui uma área de 247,17 km². O Ribeirão do Piancó (RP) recebe efluentes provenientes de várias atividades, entre as quais se destacam os domésticos e os associados às práticas agrícolas.

Os principais afluentes do RP, o Córrego Estivas e Bom Jesus dentre outros, recebem sem tratamentos as descargas provenientes de aplicações agroquímicas aos solos e culturas. Esta carga de material em suspensão é transportada e depositada, aliando-se aos sedimentos de fundo do Ribeirão Piancó.

Os sedimentos fluviais resultam dos processos de intemperismo das rochas e erosão dos solos presente em uma determinada Bacia hidrográfica [1].

Os sedimentos de fundo constituem-se reservatórios de elementos-traço biodisponíveis que ficam aprisionados nos minerais por processos de adsorção, precipitação, oclusão e incorporação [2]. A contaminação com elementos-traço de origem antropogênica continua sendo um problema nas sociedades contemporâneas, pois a maioria desses poluentes não-degradáveis se acumulam em espécies químicas que são, muitas vezes, mais reativas que as formas originais [3].

Estudos em sistemas fluviais apontaram como possível fonte dos elementos: Cu, Fe, Ni, Al, Cr, Mn, Zn e Cd a ocupação do solo por meio da urbanização, o mesmo ocorrendo em áreas cultivadas [4]. Apesar do benefício decorrente da utilização de herbicidas, pesticidas e fertilizantes para o aumento na produtividade agrícola, as implicações ambientais são inúmeras, sobretudo pelas intoxicações por meio da ingestão gradual desses produtos.

Os metais são retidos no compartimento sedimentar por processos de adsorção (sorção física), troca catiônica (sorção química), precipitação, co-precipitação, complexação/floculação ou são incorporados em posições inertes do sedimento [5].

As análises químicas de amostras de sedimentos aquáticos podem indicar as distribuições regionais das concentrações naturais ou antrópicas de certos elementos. As frações mais finas dos sedimentos (<0,2 mm) são particularmente úteis para se estimar o grau de contaminação e distinguir fontes naturais das antrópicas.

As evidências de ocorrências de impactos relacionados à concentração de elementos tóxicos ao meio ambiente e aos organismos se pautaram nos critérios para avaliações da qualidade dos sedimentos estabelecidas pela Resolução CONAMA 344/04. O limite mínimo - TEL (Threshold Effect Level) ou Nível 1 - representa a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos adversos aos organismos. O limite máximo - PEL (Probable Effect Level) ou Nível 2 - representa a concentração acima da qual é frequentemente esperado o citado efeito adverso para os organismos.

Vários pesquisadores realizaram pesquisas na região em torno do município de Anápolis, com intuito de avaliar a qualidade da água sob influência antrópica, relacionadas com as atividades agrícolas e urbanas. No entanto, poucos estudos relacionam a qualidade ambiental dos sedimentos.

Este estudo tem como objetivo, quantificar os elementos Cu, Cr, Ni, Zn e Co, nos sedimentos do Ribeirão Piancó, utilizando-se de fatores de contaminação e índice de geoacumulação, a fim de avaliar a qualidade dos sedimentos, visto que o RP além de ser o principal manancial de água de abastecimento público para a cidade de Anápolis, supre também a demanda de fornecimento de água para a zona rural.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo, com 247,17 Km², encontra-se na localidade do distrito de Interlândia, a noroeste da zona urbana de Anápolis, (Figura 1). Essa região apresenta relevo suavemente ondulado. A bacia de drenagem do Ribeirão Piancó, além de contar com as contribuições dos afluentes principais (Córrego Estivas e Bom Jesus) e pequenos tributários, ainda recebe efluentes provenientes das atividades agrícolas. A geologia na região de Anápolis é representada principalmente, pelas rochas cristalinas gnaisses, xistos e micaxistos, do complexo granulítico Anápolis-Itaçu, seqüência Metavulcanosedimentar de Silvânia, grupo Araxá e por materiais de origem sedimentar mais superficiais, como coberturas detrítico-lateríticas e os depósitos aluvionares, restritos às calhas das drenagens de maior porte [6].

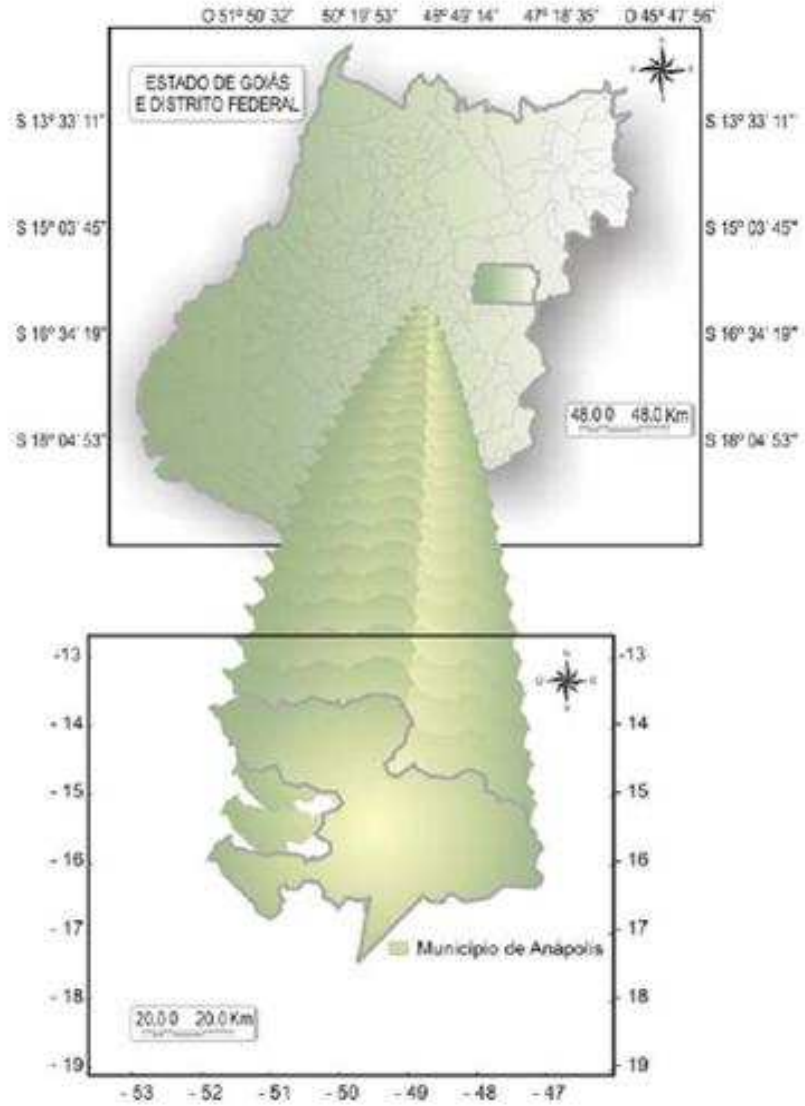


Figura 1: Localização da área de estudo.

Foram escolhidos pontos de amostragem representativos dos diferentes usos do solo da bacia, que permitiram avaliações por meio de índices, que representam a qualidade do sedimento.

Foram selecionadas pontos de coletas, que apresentavam prováveis influências antrópicas, identificadas utilizando-se de um GPS modelo Garmin eTrex H (Tabela 1).

Tabela 1: Pontos de coleta de sedimento e suas localizações.

Pontos de coletas	Latitude (S)	Longitude (W)	Observações
P-01	16° 14' 48,0"	49° 03' 22,4"	Nascente Córrego Piancó
P-02	16° 11' 24,8"	49° 02' 24,6"	Nascente Córrego Estivas
P-03	16° 12' 19,4"	49° 01' 32,1"	Próximo ao Pesque-pague Rios
P-04	16° 12' 26,6"	49° 00' 34,0"	Marginal a Rodovia BR-153
P-05	16° 14' 21,7"	48° 59' 26,1"	Nascente Córrego Sobradinho
P-06	16° 12' 20,0"	48° 58' 53,6"	Lado direito da Ponte Sobradinho
P-07	16° 12' 02,8"	48° 59' 14,7"	Próximo a cultura de Hortaliças
P-08	16° 10' 49,0"	48° 58' 12,8"	Próximo a Granja
P-09	16° 10' 09,4"	48° 59' 46,3"	Próximo a Indaiá
P-10	16° 10' 56,2"	49° 01' 29,6"	Nascente Córrego Bom Jardim
P-11	16° 08' 58,0"	48° 56' 01,9"	Próximo a cultura de laranjas
P-12	16° 08' 30,0"	48° 55' 21,1"	Próximo da Captação SANEAGO

Após a seleção dos 12 pontos de coleta, foram realizadas amostragem dos sedimentos, conforme metodologia adotada pela Cetesb, [7]. Ao longo de um segmento do Piancó (Figura 2) foram amostrados sedimentos recentemente depositados:

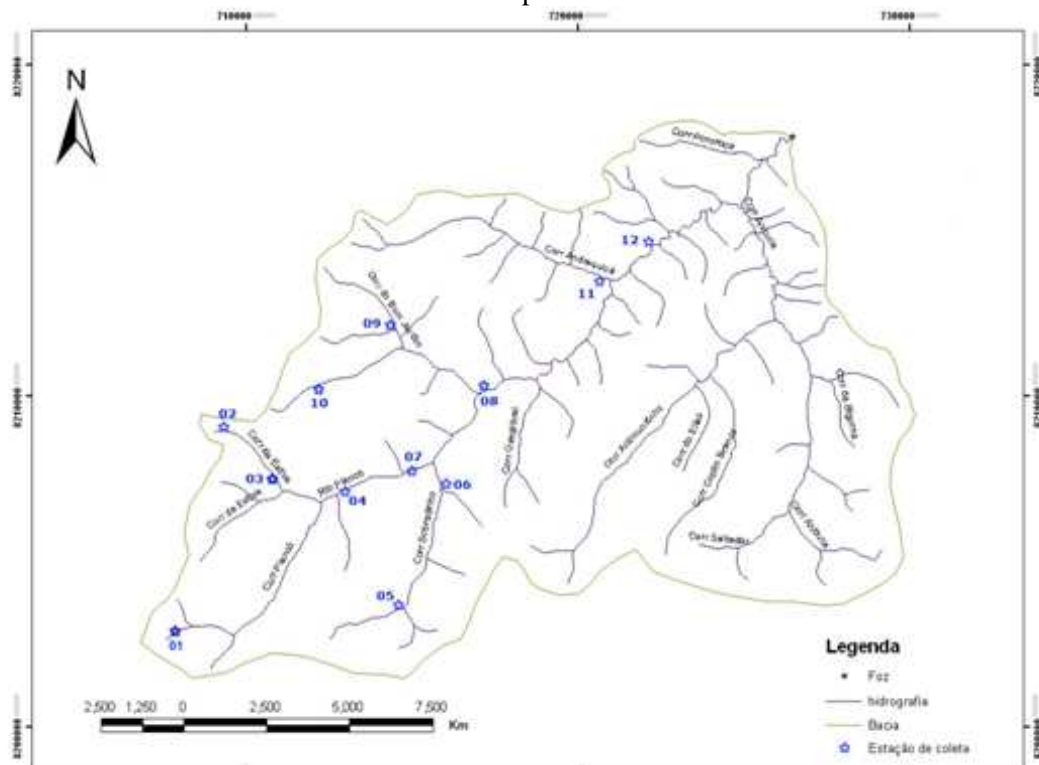


Figura 2: Localizações dos pontos de coleta de sedimento.

(1) localizado na Nascente do Córrego Piancó, próximo ao distrito de Vila. Este ponto está assentado sobre rochas do Complexo Granulítico Anápolis-Ituaçu de idade Meso/Neoproterozóico. Nas proximidades deste ponto, existem chácaras com áreas de APPs em

bom estado de conservação; (2) situa-se na nascente do Córrego Estivas, a jusante do ponto 1, onde também encontram-se chácaras com APPs conservadas; (3) no Córrego Estivas, que segue direção sudeste, onde conflui com o ribeirão Piancó. O local é destinado ao abastecimento público do distrito de Interlândia, área que já demonstra uma influência antrópica direta, com áreas de pastagem nas cercanias do lago utilizado para captação de água de abastecimento; (4) localizado no alto curso do Ribeirão Piancó, após a confluência do Córrego Estiva com o Córrego Piancó, próximo ao Pesque-pague Rios, apresentando vários lagos para criação de peixes, ocasionando desmatamento das matas ciliares acarretando aceleração dos processos erosivos, com aumento de material em suspensão na água; (5) nascente do Córrego Sobradinho, com presença de mata ciliar em bom estado de conservação; (6) jusante do ponto 5, próximo da Ponte Sobradinho, com presença de algumas áreas com mata Ciliar. A área já demonstra uma influência antrópica direta, com plantações de culturas temporárias (hortigrangeiros); (7) no Ribeirão Piancó, próximo a confluência com o Córrego Sobradinho, com a mata ciliar relativamente conservada; (8) no Ribeirão Piancó, próximo a confluência com o Córrego Bom Jardim, recebendo as influências das águas dos pontos 9 e 10, com a mata ciliar relativamente conservada; (9) Córrego Bom Jardim, próximo a captação de água da empresa Indaiá, apresenta mata ciliar conservada; (10) na nascente do Córrego Bom Jardim, onde encontram-se chácaras com APPs conservadas; (11) no Córrego Andequicá, próximo a confluência com o Ribeirão Piancó, a área recebe influência antrópica direta, com plantação de cultura Permanente de Laranja, aumentando nos últimos anos, ocasionando o escoamento de resíduos de adubos e defensivos agrícolas para os mananciais próximos; (12) no Ribeirão Piancó, próximo a captação de água para abastecimento público da cidade de Anápolis, com a mata ciliar relativamente conservada. A área vem sendo utilizada a décadas para abastecimento, no entanto, possui influência antrópica direta, com indícios de retirada de vegetação nas cercanias do manancial de água.

A falta de trabalhos geoquímicos anteriores na região, que pudessem indicar valores de background para os elementos analisados, nos sedimentos da bacia do Ribeirão Piancó, determinou-se a utilização de parâmetro de referência, para sedimentos desprovidos de influências antropogênicas.

Em relação ao índice de Geoacumulação (IGeo), foi escolhido, por determinar um padrão de intensidade da contaminação do sedimento estabelecendo a relação entre os teores de metais encontrados na região em análise, e um valor referencial, equivalente à média de metais associados a fração pelítica, considerado background, que no presente trabalho foram adotados os valores determinados para o ponto P-01, sendo este, a nascente mais preservada da Bacia, devido à sua distância da área urbana, e pela presença da mata ciliar, relativamente preservada no entorno.

Para a avaliação da intensidade da contaminação do sedimento foi empregado o índice de geoacumulação, é uma medida quantitativa de poluição causada por metais pesados no ambiente aquático [9]. Segundo este autor, o índice estabelece a relação entre os teores de metais encontrados na região em análise e um valor referencial equivalente à média mundial para metais associados às argilas.

Este índice é calculado por meio da fórmula: $IGEO = \log_2 [(C_n / 1,5 \times C_{Bn})]$, onde: C_n = concentração do elemento n na fração argila (<0,002 mm) do sedimento a ser classificado; C_{Bn} = concentração média de “background” para argilas na crosta terrestre (folhelho médio padrão);

1,5 = fator de correção para possíveis variações do “background” causado por diferenças litológicas.

De acordo com os valores obtidos para os índices de geoacumulação, os parâmetros são classificados em 7 classes, relacionadas ao grau de poluição, conforme Quadro 1.

Quadro 1: Classificação dos parâmetros pelo índice de geoacumulação, conforme o grau de poluição [10].

Classificação	Classe do I_{Geo}	IGeo Média “Background”
Extremamente Poluído	6	>5
Fortemente à extremamente Poluído	5	>4 a 5
Fortemente Poluído	4	>3 a 4
Moderadamente à Fortemente Poluído	3	>2 a 3
Moderadamente Poluído	2	>1 a 2
Não Poluído a Moder. Poluído	1	>0 a 1
Praticamente não Poluído	0	<0

Para uma avaliação geral da qualidade dos sedimentos, foi utilizado o fator de contaminação (FC), proposto por Förstner, [10]. que representa a relação entre a concentração do metal no sedimento, em cada estação amostrada, e a sua concentração natural na região, também conhecido como “background”. O fator de contaminação pode ser obtido pela aplicação da equação 1, indicada a seguir:

$$FC = \frac{C_n}{C_B} \quad \text{onde,}$$

FC = Fator de contaminação.

C_n = Concentração do metal “n”;

C_{Bn} = Concentração do metal “n” do background.

Neste trabalho, o cálculo dos índices foi adaptado às concentrações obtidas na fração silte/argila <0,045 mm. Sendo assim, C_n passa a ser a concentração do elemento n na fração silte+argila do sedimento a ser classificado e C_{Bn} , a concentração média de “background” da área de controle.

As análises de metais, foram realizadas no Laboratório de Geoquímica do Instituto de Geociências da UnB.

Para a coleta das amostras dos sedimentos de fundo, foi utilizada uma draga do tipo Eckman, nos pontos amostrados onde a profundidade não permitia a coleta direta do material.

O material foi, então, submetido à secagem, a temperatura ambiente, quarteados, sendo uma parte separada para as análises químicas e granulométricas.

As amostras submetidas às determinações químicas e granulométricas, foram desagregadas e peneiradas em sua fração menor que 2mm (Terra Fina Seca ao Ar –TFSA).

A decomposição total das amostras utilizadas neste trabalho, seguiu o procedimento proposto por Boaventura [8], consistindo na abertura ácida com HF/HNO₃/HClO₄/HCl.

As análises das amostras foram processadas com a utilização do Espectrômetro de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado modelo Spectroflame FVM 03 da “Spectro Analytical Instruments, onde foram determinadas as concentrações dos seguintes elementos: Cu, Zn, Co, Ni e Cr.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises na fração silto-argilosa (silte/argila <0,045 mm) dos elementos: Cu, Cr, Ni, Zn e Co são observados na Tabela 02.

Grande parcela dos constituintes menores está associada a produtos de origem industrial como agrodefensivos em geral e fertilizantes como já teriam demonstrados em vários estudos realizados [4 e 11].

Müller [9]. aplicou esse índice de qualidade para diversos elementos-traço (Cd, Zn, Cu, Cr, Co) dosados nos sedimentos do rio Reno, ao longo de vários segmentos. A comparação dos

valores obtidos no ribeirão do Piancó (tabela 3) (classes de Igeo >0), com àqueles verificados no rio Reno em 1979 mostram que:

Tabela 2: Teores dos elementos na fração pelítica (silte/argila <0,045 mm) dos sedimentos do ribeirão Piancó-Go.

Pontos de Coleta	Elementos (mg/Kg)				
	Cu	Zn	Co	Ni	Cr
P-01	21,00	25,00	11,00	12,00	167,00
P-02	74,00	68,00	33,00	16,00	173,00
P-03	64,00	89,00	65,00	21,00	143,00
P-04	61,00	71,00	58,00	30,00	206,00
P-05	46,00	53,00	39,00	14,00	123,00
P-06	63,00	102,00	47,00	26,00	155,00
P-07	64,00	92,00	83,00	22,00	207,00
P-08	62,00	109,0	88,00	23,00	182,00
P-09	40,00	49,00	23,00	5,00	131,00
P-10	68,00	58,00	51,00	17,00	279,00
P-11	54,00	97,00	70,00	17,00	157,00
P-12	61,00	83,00	44,00	26,00	176,00
Média	64,83	74,67	51,00	19,08	174,92
D.P. (σ)	19,95	25,10	23,19	6,97	41,89

D.P (σ): Desvio padrão

Os índices de geoacumulação de Cu determinados no curso superior são superiores a 1, o que atribuem aos sedimentos desta drenagem um “status” de moderadamente poluído, segundo a classificação proposta na Tabela 1. Acredita-se que apesar desse ponto de amostragem está sob o domínio de área de mata preservada, próximo a região, demonstra-se influência antrópica direta, com áreas de pastagem nas cercanias.

O índice de geoacumulação calculado para o Zn, tomando como base o “background” da área, mostra um leve enriquecimento deste metal (Igeo>1) no curso inferior do ribeirão Piancó (pontos: 3, 6 a 8, 11 e 12), que pode estar refletindo a formação de óxidos e hidróxidos, nesses locais.

Para o Co, apenas o ponto 01, mostrou-se com um Igeo menor que zero, o estoque desse metal nas camadas superficiais do sedimento dos demais pontos, com valores próximos a 2, podem estar relacionados aos uso de fertilizantes e esgotos domésticos. Gimeno-Garcia et al. [12] e Ramalho et al. [13], já identificaram a associação do Co como impurezas de agrodefensivos, freqüentemente utilizados em nossa agricultura.

Os outros metais analisados (Ni e Cr) possuem valores de Igeo menores que zero, isto é, não apresentam incrementos ou decréscimos significativos nas suas concentrações totais ao longo da bacia analisada, quando comparado com o “background” local.

A utilização do Igeo na determinação do grau de poluição em sedimento, indica que a camada superficial do sedimento do ribeirão Piancó, apresenta-se praticamente não poluída em relação ao Ni e Cr, considerando o Cu, para o médio e baixo curso (ptos de 04 a 12), também mostra-se não poluída.

Tabela 3: Distribuição dos valores dos índices de geoacumulações (Igeo), ao longo da bacia do ribeirão Piancó, em mg/Kg.

Pontos	Cu	Zn	Co	Ni	Cr
P-01	<0	<0	<0	<0	<0
P-02	1,23	<0	1,0	<0	<0
P-03	1,02	1,25	1,98	<0	<0
P-04	<0	<0	1,81	<0	<0
P-05	<0	<0	1,24	<0	<0
P-06	<0	1,44	1,51	<0	<0
P-07	<0	1,29	2,33	<0	<0
P-08	<0	1,54	1,62	<0	<0
P-09	<0	<0	<0	<0	<0
P-10	<0	<0	1,62	<0	<0
P-11	<0	1,37	2,08	<0	<0
P-12	<0	1,15	1,42	<0	<0

No entanto, os valores adquiridos para a Geoacumulação do sedimento na bacia do Piancó no município de Anápolis, variaram entre 0 e 2, correspondendo às intensidades “praticamente não poluídas” e Moderadamente poluídas”, respectivamente.

Os fatores de Contaminação (FC) calculados para cada metal, ao longo da bacia hidrográfica do ribeirão Piancó, encontram-se na tabela 4.

Tabela 4: Distribuição dos valores dos fatores de contaminação, ao longo da bacia do ribeirão Piancó.

Pontos	Cu	Zn	Co	Ni	Cr
P-01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P-02	0,61	2,72	3,00	1,33	1,04
P-03	0,53	3,56	5,91	1,75	0,86
P-04	0,50	2,84	5,27	2,50	1,23
P-05	0,38	2,12	3,55	1,17	0,74
P-06	0,52	4,08	4,27	2,17	0,93
P-07	0,53	3,68	7,55	1,83	1,24
P-08	0,51	4,36	8,00	1,92	1,09
P-09	0,33	1,96	2,09	0,42	0,78
P-10	0,56	2,32	4,64	1,42	1,67
P-11	0,45	3,88	6,36	1,42	0,94
P-12	0,50	3,32	4,00	2,17	1,05

Os elementos traço Cu, Ni e Cr não apresentaram contrastes tão significativos quando comparados com os valores relativos ao ponto de controle (P01), possuindo apenas alguns pontos de pico, principalmente no ponto P-12 que é o ponto mais distante da nascente, próximo à foz da bacia.

As concentrações de Zinco adquiridas variam entre 2 a 4 , sendo o ponto P-08 o de maior concentração, este ponto está situado na região central da bacia do Piancó, onde acumula grande parcela dos hortifrutigrangeiros presentes naquela região. Ramalho et al. [13], encontraram concentrações acumulativas deste elemento para áreas de grande intensidade agrícola com aplicação de agrodefensivos, desta forma, uma das explicações plausíveis para acumulação deste elemento é de carreamento de particulados para o leito do Rio.

O Cobalto apresenta um fator de contaminação elevado quando comparado aos demais elementos, podendo estar relacionados ao uso de fertilizantes e esgotos domésticos.

As evidências de ocorrência de impactos e suas implicações ambientais, relacionados aos teores dos elementos potencialmente tóxicos ao meio ambiente e organismos, pautaram-se nos critérios para avaliação da qualidade dos sedimentos, estabelecidos pela Resolução CONAMA 344/04 [14], (Tab. 05). O cenário revelou concentrações em nível 1, para a maioria dos elementos analisados com exceção para o cromo, cujas concentrações ultrapassam o máximo aceitável (Nível 2). Estes resultados, considerados iniciais, evidenciam a possibilidade de ocorrências de toxidez e efeitos adversos ao ambiente e saúde humana, principalmente para o elemento Cr.

Tabela 5: Tabela com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 344/04 e valores calculados para os cursos superior, médio e inferior do ribeirão Piancó-Go.

Elementos	Valores ¹ Orientadores (mg/Kg)		Valores médios determinados ² (mg/Kg)		
	TEL	PEL	Curso	Curso	Curso
			Superior	Médio	Inferior
Cu	35,7	197,0	62,0	57,0	57,5
Zn	123,0	315,0	79,0	72,0	90,0
Ni	18,0	35,9	22,0	22,5	21,5
Cr	37,3	90,0	168,0	166,5	166,5

¹CONAMA (2004); ²ribeirão Piancó; P=ponto, Curso Superior (P02,P03,P04,P05,P06 e P07); Curso Médio (P08,P09,P10); Curso Inferior (P11,P12).

5. CONCLUSÃO

As concentrações dos elementos-traço Cd, Cu, Cr, Ni, Zn e Co indicaram um Igeo para o sedimento, de “moderadamente a fortemente poluídos” ($0 < I_{geo} < 2$). O cenário revelou concentrações em nível 1, para a maioria dos elementos analisados, com exceção para o cromo, cujas concentrações ultrapassam o máximo aceitável (Nível 2). Estes resultados, considerados iniciais, evidenciam implicações ambientais, possibilitando ocorrências de toxidez e efeitos adversos ao ambiente e a saúde humana.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Geoquímica da UnB, pelas análises realizadas e a Universidade Estadual de Goiás pela logística.

1. BOAVENTURA, G.R & MOREIRA, R.C.A. Referência geoquímica regional para a interpretação das concentrações de elementos químicos nos sedimentos da bacia do lago Paranoá – DF. *Química Nova*. 26:812-820 (2003).
2. AHLF, W & FÖRSTNER, U. Managing contaminated sediments. Part I: Improving chemical and biological criteria. *Journal Soil & Sediments*. 2:30-36 (2001).
3. ADRIANO, D.C.; WENZEL, W.W.; VANGRONVELD, J.; BOLAN, N.S. Role of assistend natural remediation in environmental cleanup. *Geoderma*. 122:121-142.
4. SALOMONS, W. & FÖRSTNER, U. Metals in the hidrocycle. Berlin, Springer-Verlag, 349p (1984).
5. PEREIRA, H. J.; CUNHA, M. A. S. de. Diagnóstico da bacia hidrográfica do Ribeirão Piancó” in Anais do III Simpósio de Recursos hídricos do Centro-Oeste, Goiânia, **Anais...** 2004 p. 3-9.
6. CETESB, Guia de coleta e preservação de amostras de água. São Paulo, CETESB, 123p (1987).

7. BOAVENTURA, G.R.; MARTINS, E.S.; PEREIRA, F.J. BRITO, V.E.B.; BISPO, R.S. Caracterização por Análise de Grupo de assinaturas geoquímicas naturais de águas superficiais da Bacia de Taquara, DF. *Rev. Escola de Minas*. 51: 47-50 (1998).
8. MÜLLER, G. Schwermetalle in den sedimenten des Rheins, Veränderrungen seit, Umschau, 79p (1979).
9. FÖRSTNER U. Geochemical techniques on contaminated sediments – river basin view. Part I: Integrated water quality management: river basin approach. *Environ. Sci. & Pollut. Res.*, 10: 58-62. (2003).
10. SANTANA, G. P.; BARRONCAS, P. S. R. Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn), na bacia do Tarumã-Açu Manaus – (AM). *Acta Amazônica*. 37: 111-118 (2007).
11. GIMENO-GARCIA, E. Heavy Metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to Rice farming soil. *Environmental Pollution*. 92:19-25 (1996).
12. RAMALHO, J. F. G. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. *Pesq. Agropec. bras*. 35:1289-1303 (2000).
13. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 08/03/2011.