

Química Nova



Todo o conteúdo deste periódico, exceto onde está identificado, está licenciado sob uma Licença Creative Commons. Fonte:

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000400002&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 12 jan. 2021.

REFERÊNCIA

CARMO, Mariléia Silva do; BOAVENTURA, Geraldo Resende; OLIVEIRA, Edivan Costa. Geoquímica das águas da bacia hidrográfica do Rio Descoberto, Brasília/DF - Brasil.

Química Nova, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 565-574, jul./ago. 2005. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422005000400002>. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000400002&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 12 jan. 2021.

GEOQUÍMICA DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DESCOBERTO, BRASÍLIA/DF - BRASIL

Marciléia Silva do Carmo*

Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, 1, 66075-950 Belém - PA

Geraldo Resende Boaventura

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

Edivan Costa Oliveira

Coordenação de Química, Centro Federal de Educação Tecnológica do Pará, Av. Almirante Barroso, 1155, 66093-020 Belém - PA

Recebido em 13/10/03; aceito em 25/2/05; publicado na web em 25/5/05

GEOCHEMISTRY OF THE WATERS OF THE DESCOBERTO RIVER HYDROGRAPHIC BASIN, BRASÍLIA/DF – BRAZIL.

The objective of this paper is to investigate the physical and chemical quality of the water of the Descoberto River during the dry and rainy seasons by measuring pH, temperature, electric conductivity, total dissolved solids, turbidity, color, alkalinity and NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NH_4^+ , Cl^- and HCO_3^- , and the elements Sr, Mo, Cd, Y, Ti, Ca, V, Mg, Fe, Si, Ni, Zr, Cu, Al, Cr, Mn, Ba, Co, Zn, P, Na and K. The results showed high concentrations in both seasons, with dilution along the course of the river, minimizing for a while problems that compromise the quality of the water of this source. However, a progressive deterioration can occur due to an increase in the discharge of pollutants, resulting from population growth, agricultural activities and other factors.

Keywords: Descoberto River; Distrito Federal; geochemistry of waters.

INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto (BHRD), localizada entre as latitudes $15^{\circ}36'00''$ S e $16^{\circ}05'00''$ S e as longitudes $48^{\circ}18'00''$ W e $48^{\circ}06'00''$ W, possui uma área de 895,9 km², onde o rio percorre toda a porção oeste do Distrito Federal (DF).

O Rio Descoberto (RD) recebe descargas distintas de poluentes, entre as quais se destacam os efluentes domésticos, o deflúvio superficial urbano e o agrícola.

O principal afluente do RD, o Rio Melchior, recebe sem tratamento as descargas domésticas das cidades-satélites de Taguatinga, Ceilândia, Águas Claras e Samambaia¹. Esta carga de material atinge o RD na porção sul, próximo à cidade de Santo Antônio do Descoberto, divisa com o estado de Goiás.

Vários trabalhos já foram realizados em alguns mananciais do DF, por Boaventura *et al.*²⁻⁶, mostrando, respectivamente, a evolução geoquímica da água na Bacia do Gama, Bananal, Taquara, São Bartolomeu e do Rio Descoberto.

As práticas que comprometem a qualidade da água de bacias hidrográficas, principalmente aquelas destinadas ao abastecimento público, são o uso indiscriminado de fertilizantes, agrotóxicos e pesticidas em áreas de atividade agrícola e o despejo de efluentes domésticos⁷⁻¹¹.

A distribuição e disponibilidade de elementos químicos dependem não só das suas concentrações, mas de suas associações químicas e físicas nos sistemas naturais, influenciados pelas condições ambientais, intemperismo natural e/ou ações antrópicas.

Estudos em sistemas fluviais apontaram como possível fonte dos elementos Ni, Cr, Cu, Fe, Al, Mn, Ca, Mg, K e Zn a ocupação do solo através da urbanização, o mesmo ocorrendo em áreas cultivadas¹²⁻¹⁴. Constataram também que Mn, Zn e Cu são provenientes, principalmente, de fertilizantes¹².

Este estudo tem o objetivo de caracterizar física e quimicamente as águas para uma avaliação das possíveis fontes de conta-

minação e suas conseqüências a médio e longo prazo, visto que o RD é afluente do Rio Corumbá, onde existe um projeto de construção em andamento de uma barragem para futura geração de energia e abastecimento do DF e áreas circunvizinhas.

Localização e caracterização da área

A área da bacia encontra-se situada no DF e no estado de Goiás, entre as coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), norte 8.271.000 e 8.225.000 e leste 791.000 e 814.000 (Figura 1), possui como limite à leste o Lago de Santa Maria, onde está localizado o Parque Nacional de Brasília; a oeste a Bacia do Rio Verde, onde estão os municípios goianos de Santo Antônio do Descoberto e Padre Bernardo; ao norte a Bacia do Rio Maranhão e ao sul a sub-bacia do Rio Melchior.

O RD abastece atualmente 70% da população do DF¹⁵. Nasce a 1.300 m de altitude na região noroeste do Distrito Federal, desenvolvendo-se inicialmente nos contrafortes da Chapada da Veredinha no Planalto Central e segue na direção NW, após a confluência de seus formadores: os córregos Capão da Onça e Bucanhão¹⁶.

O RD flui posteriormente na direção sul, onde entra na região de influência do remanso provocado pelo barramento do Lago Descoberto. Para o Lago contribuem os córregos Pulador e Olaria, que são próximos à cidade de Brazlândia (cidade basicamente agrícola), o Ribeirão Rodeador, o Capão Comprido e o Ribeirão das Pedras. Entre Rodeador e Capão Comprido, localiza-se a Colônia Alexandre Gusmão (INCRA) responsável pela produção de 40% dos produtos hortifrutigranjeiros consumidos no DF¹⁷. A maioria dos produtores rurais que trabalham na colônia, prepara os terrenos para o plantio sem os cuidados necessários, retirando a faixa de vegetação (mata ciliar) dos percursos d'água e usando agrotóxicos no cultivo dos hortifrutigranjeiros várias vezes ao ano¹⁸.

Continuando o percurso na direção sul, o RD recebe contribuição dos Córregos Chapadinha, Bocaina e Dois Irmãos, sendo que nesta área existem muitas chácaras com plantio de hortaliças. Logo adiante encontra-se com seu principal afluente, o Rio Melchior,

*e-mail: marcileia@ufpa.br

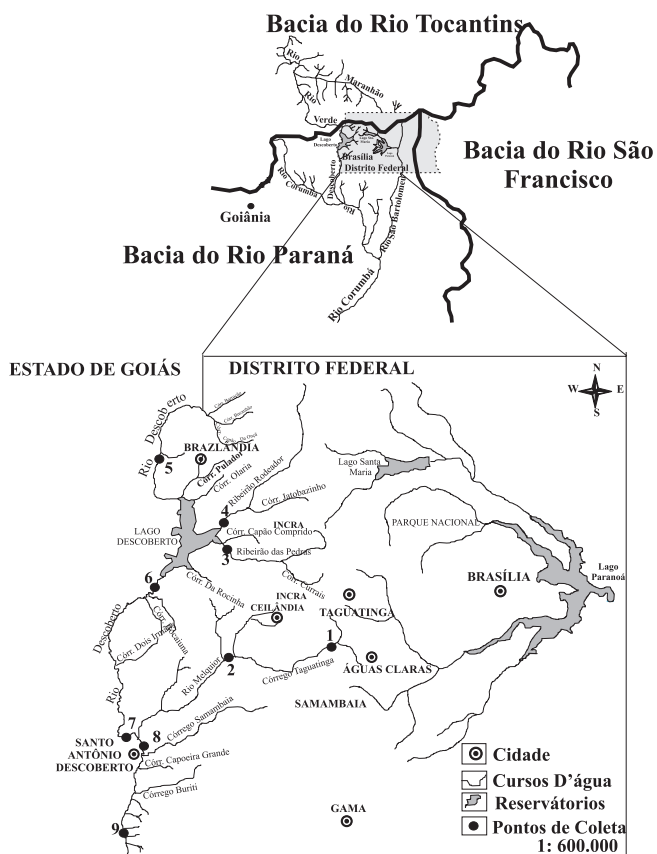


Figura 1. Localização da Bacia do Rio Descoberto e dos pontos de amostragem

que possui no seu mesmo braço formador o Córrego Taguatinga. Este córrego recebe esgoto sem tratamento das cidades-satélites de Taguatinga, Ceilândia, Samambaia e Águas Claras. Mais à frente, o Rio Descoberto encontra-se com o Rio Corumbá.

A Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto formou-se sobre os Grupos Paranoá (Idade Meso/Neoproterozóico) e Araxá (Idade Neoproterozóico), a maior parte da bacia pertence ao Grupo Paranoá, o Grupo Araxá está limitado ao setor sudoeste do DF¹⁸⁻²⁰. Os solos que ocupam grande parte do Distrito Federal são latossolos vermelho-escuro, cambissolos e latossolos vermelho-amarelo, sendo que os latossolos ocupam mais da metade da Bacia do Descoberto^{21,22}.

A cobertura vegetal na Bacia é do tipo campo limpo de cerrado, cerrado, vegetação herbácea (ervas) de zonas úmidas, mata ciliar e reflorestamento^{18,22}, ocupando 33; 20,5; 13,6; 5 e 1,5% da Bacia, respectivamente.

Quanto ao clima, o DF possui duas épocas bem distintas. A época seca, que corresponde também ao período frio, compreende os meses de abril a setembro e acentuadamente junho e julho, onde o índice de precipitação pode ser nulo e as temperaturas variam entre as médias de 16 e 18 °C. A época chuvosa, que corresponde ao período quente do ano com temperatura máxima de 32 °C, prolonga-se de outubro a março, sendo que a maior concentração de chuva é no mês de dezembro e a precipitação média varia de 1.500 a 1.750 mm²³.

PARTE EXPERIMENTAL

Materiais e métodos

Foram selecionados pontos que apresentavam possíveis ações antrópicas, identificados usando-se um GPS modelo Garmin 45XL,

como mostrado na Tabela 1. Em cada ponto coletou-se uma amostra por época do ano: na época seca (outubro/1999) que corresponde aos pontos 1 a 9, e na época chuvosa (março/2000) correspondendo aos mesmos pontos. No total foram coletadas 18 amostras, como mostra a Figura 1 com a localização dos pontos.

Tabela 1. Pontos de coleta de amostras nas duas épocas do ano e suas localizações

Pontos de Coleta	Coordenadas UTM Leste/ Norte
1	813.429 / 8.246.190
2	802.426 / 8.244.827
3	803.550 / 8.256.304
4	803.130 / 8.258.840
5	796.071 / 8.264.797
6	796.243 / 8.252.926
7	791.730 / 8.237.321
8	794.158 / 8.235.499
9	791.735 / 8.225.341

Descrição dos pontos de amostragem

Ponto 1: localizado no Córrego Taguatinga, que passa pela cidade de Taguatinga e próximo às cidades de Ceilândia, Samambaia e Águas Claras. Este ponto está assentado sobre rochas do Grupo Paranoá da unidade metarritmito arenoso. Nas proximidades deste ponto existem chácaras com culturas temporárias (hortigranjeiros), anuais (soja e milho) e permanentes (frutíferas e café). O Córrego Taguatinga possui matas ciliares em quase toda a sua extensão.

Ponto 2: localizado no Rio Melchior, próximo ao ponto 1, onde também se encontram chácaras com plantações. Neste ponto foi observada a exploração de areias, situação que segundo Falcomer¹⁷ vem aumentando nos últimos anos, ocasionando o desmatamento das matas ciliares e aumentando o processo erosivo do solo e o escoamento de resíduos de adubos e defensivos agrícolas para os mananciais próximos.

Ponto 3: localizado no Córrego Ribeirão das Pedras, que segue direção oeste onde conflui com o Lago Descoberto. É uma Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Descoberto e área do INCRA, com plantações de hortaliças, milho, feijão, café, etc.

Ponto 4: situado no Ribeirão Rodeador, próximo à Colônia Alexandre de Gusmão do INCRA, com plantações de hortaliças, etc.

Ponto 5: localizado no alto curso do RD, antes da confluência com o Lago Descoberto, onde pela margem direita está o estado de Goiás tornando, assim, o próprio Rio a divisa oeste do DF, próximo à cidade de Brazlândia e aos Loteamentos Parque das Nações e Parque Colonial, que fazem parte de Goiás.

Ponto 6: localizado no RD em área de Lazer Ecológico, onde há corredeiras e quedas d'água na divisa do DF e Goiás, próximo à barragem do Lago Descoberto. A rocha predominante é do Grupo Paranoá (quartzito e metassiltito).

Ponto 7: localizado no RD, antes da foz do Rio Melchior e próximo à cidade de Santo Antônio do Descoberto/GO. É uma área sem matas ciliares.

Ponto 8: localizado no RD após a foz do Rio Melchior, divisa do DF/GO, na entrada da cidade de Santo Antônio do Descoberto. Está assentado sobre rocha do Grupo Araxá.

Ponto 9: localizado no RD, com muita mata ciliar. Apresenta rochas do tipo quartzito e micaxisto. É o ponto na saída do DF.

Amostragens

Foram realizadas de acordo com Agudo²⁴, utilizando-se garrafas de polietileno de aproximadamente 1000 mL. Foram registrados *in situ* pH, temperatura, condutividade elétrica (CE) e sólidos totais dissolvidos (STD).

As amostras então foram identificadas e transportadas para o laboratório.

Laboratório

A parte experimental foi realizada no Laboratório de Geoquímica do Instituto de Geociências da UnB.

De cada amostra de água retirou-se um volume de aproximadamente 500 mL mediante filtragem em membranas de celulose 0,45 µm²⁵, usando-se equipamento de vácuo marca Millipore modelo Sterifil 500, depois acidificados com HNO₃ 2 mol L⁻¹ até pH < 2 e estocados a 4 °C, para determinação dos elementos Mo, La, Al, Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Si, Ti, V, Zn, Sr, Zr, Co, Y, Na e K. O volume restante (≈ 500 mL) foi submetido à determinação de NO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻, NH₄⁺, NO₂⁻, Cl⁻, HCO₃⁻ e dos parâmetros turbidez, cor e alcalinidade.

Análises químicas

O pH e a temperatura foram determinados através de um medidor de pH marca Schoot Gerate, modelo CG818, previamente calibrado.

A CE e os STD foram determinados utilizando-se condutivímetro marca Hach, modelo 4460, também previamente calibrado.

Os parâmetros turbidez, cor, NO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻, NH₄⁺ e NO₂⁻ foram determinados seguindo os procedimentos do Standard Methods²⁶. O cloreto e a alcalinidade foram determinados pelo método titrimétrico.

O bicarbonato foi obtido através da fórmula HCO₃⁻ = Alcalinidade x 1,22, segundo Sawyer²⁷.

Os elementos Mo, La, Al, Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Si, Ti, V, Zn, Sr, Zr, Co e Y foram determinados utilizando-se espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP/OES) da marca Spectro Analytical Instrumental GmbH, modelo Spectroflame FVM03, equipado com monocromador com rede holográfica de 2400 estrias/mm e policromadores no vácuo e no ar. Os elementos Na e K foram determinados por espectrometria de absorção atômica (EAA), marca Perkin Elmer, modelo 603 de duplo feixe.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros físico-químicos

Os resultados dos parâmetros físico-químicos da água da BHRD estão apresentados na Tabela 2, juntamente com os valores permitidos pelo CONAMA²⁸. Nesta tabela estão apresentados os valores “outliers”, que são aqueles considerados acima do intervalo: média +2σ; σ = desvio padrão, e estes se concentram principalmente no ponto 1.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos da água da BHRD com os valores máximos permitidos (VMP)

Pontos	Época	pH	STD mg/L	CE µS/cm	T °C	Cor UH	Turb. UT	NO ₃ ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	PO ₄ ³⁻ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	Alcal. mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L
1	s	6,5	189*	405*	25,5	86*	150*	8*	23*	8	38	43	121	148
2	s	6,0	129	262	25,6	27	73	3	18	2	10	48	110	134
3	s	6,6	9	20,7	27,0	2	9	1	3	<LD	<LD	20	17	20
4	s	5,2	4	9,5	23,0	2	9	1	3	<LD	<LD	13	6	8
5	s	5,2	3	6,4	23,0	3	6	1	3	<LD	<LD	13	3	3
6	s	4,5	8	16,8	25,0	4	7	1	3	<LD	<LD	10	4	5
7	s	6,1	20	43,7	25,0	9	12	1	4	<LD	<LD	8	22	27
8	s	6,8	87	182,5	25,0	15	25	2	7	2	10	23	36	44
9	s	6,2	86	182,7	25,4	20	38	3	8	1	8	23	31	38
Média	s	5,9	59	125,5	24,9	19	37	2	8	3	17	22	39	47
Desvio padrão (σ)	s	1	63	134	1	25	45	2	7	3	12	13	42	52
Média+2σ	s	7	186	392	27	69	127	7	22	9	41	49	124	151
1	c	6,3	41	92,1	25,3	78*	1200*	4	78*	1	3	175*	90*	110*
2	c	4,2	65*	136,6*	23,3	5	27	4	20	1	<LD	33	75	92
3	c	6,3	9	19,1	22,8	0	16	1	16	<LD	<LD	10	13	16
4	c	6,2	4	9,1	24	0	17	1	6	<LD	<LD	10	6	7
5	c	5,8	3	6,6	25	2	7	1	4	<LD	<LD	15	3	4
6	c	4,3	6	13,7	26,4*	31	21	1	20	<LD	<LD	13	4	4
7	c	7,0	10	22,1	24,2	20	45	2	8	<LD	<LD	15	19	23
8	c	6,9	23	47,9	24,5	19	42	2	34	<LD	1	20	25	30
9	c	6,8	10	22	24	23	148	3	17	<LD	1	25	24	29
Média	c	6,0	19	41,0	24,4	20	169	2	23	1	2	35	29	35
Desvio padrão (σ)	c	1	20	42	1	23	367	1	21	0	1	50	30	37
Média+2σ	c	8	59	125	26	66	902	5	65	1	4	135	89	108
VMP/Portaria 1469		6,5-8,5	1000	-	-	15	5	10	250	-	1,5	250	-	-
CONAMA Classe 2		6-9	10	-	-	75	100	10	250	0,025	0,02	250	-	-

s = seca; c = chuva; * valores “outliers”; <LD = menor que o limite de detecção; UH= Unidade Hasen (mg Pt-Co/L); UT= Unidade de Turbidez; Portaria n° 1469³³; CONAMA²⁸.

O pH variou de 4,2 a 7,0, ficando com média 5,9 na época seca e 6,0 na chuvosa, estando dentro da média dos rios do DF (5,6 a 6,85), Tabela 3.

A turbidez apresentou média de 37 e 169 uT nas épocas seca e chuvosa, respectivamente, com tendência a aumentar na época chuvosa. Este comportamento mostra os efeitos do transporte de material sólido para os leitos dos rios.

A alta concentração média de turbidez na época chuvosa foi devida ao valor "outlier" de 1200 uT, registrado no ponto 1 na época chuvosa, que também possui valores "outliers" de cor, SO_4^{2-} e Cl^- , evidenciando a possível influência de esgoto doméstico.

A cor oscilou de 2 a 86 UH na época seca e de 0 a 78 UH na chuvosa. Em alguns pontos (6, 7, 8 e 9) tendeu a aumentar na época chuvosa. O ponto 6 possui corredeiras e quedas d'água que podem proporcionar esse aumento da turbidez na época chuvosa, através do aumento de material em suspensão; os pontos 8 e 9, por receberem rejeitos domésticos "diluídos" do Rio Melchior.

O ponto 1 (épocas seca e chuvosa), com relação à cor, é o único que ultrapassou o limite estabelecido pelo CONAMA (Tabela 2).

A média de STD foi de 59 na época seca e 19 mg L^{-1} na chuvosa e a CE foi de 125 na seca e 41 $\mu\text{S cm}^{-1}$ na chuvosa. Ambos os parâmetros, STD e CE, tendem a diminuir suas concentrações na época chuvosa em todos os pontos. Os valores "outliers" desses parâmetros referem-se ao ponto 1 na época seca e ao ponto 2 na época chuvosa. Entretanto, os valores de STD não ultrapassaram o estabelecido pelo CONAMA (Tabela 2).

Comparando-se com outras bacias hidrográficas dentro do DF (Tabela 3), nota-se que as médias de STD e CE na BHRD, principalmente na época seca, ficaram acima das médias e aproximam-se das medidas das regiões de Mestre D'Armas e Sobradinho. Estas últimas são regiões com bastante influência urbana.

A alcalinidade apresentou valores entre 3 e 121 na época seca e 3 a 90 mg L^{-1} na chuvosa e o HCO_3^- , de 3 a 148 na seca e 4 a 110 mg L^{-1} na chuvosa.

O nitrito (NO_2^-) foi determinado, mas não foi detectado em nenhum ponto, mesmo porque a oxidação do NO_2^- em NO_3^- é bastante rápida, em função das condições oxidantes do meio.

A média de NO_3^- nas épocas seca e chuvosa foi 2 mg L^{-1} . Para o NH_4^+ a média foi de 17 na época seca e 2 mg L^{-1} na chuvosa. Isso demonstra que na época seca a concentração de NH_4^+ é maior que a de NO_3^- .

Os teores de NO_3^- na BHRD não ultrapassaram o limite do CONAMA e nem da Portaria n° 1469 (Tabela 2).

Os parâmetros NO_3^- e NH_4^+ ficaram acima da média de outras regiões dentro do DF (Tabela 3). O ponto que apresenta valores altos para esses parâmetros é o ponto 1 (época seca), reforçando os valores encontrados na literatura.

Poluentes com altas concentrações de NO_3^- ao atingirem as águas dos rios têm seus teores diluídos, podendo chegar a concentrações infinitesimais. Vale ressaltar que após um determinado tempo, tais teores começam a aumentar e, em seguida, inicia-se uma regressão às condições similares àquelas ao montante do lançamento, processo este observado durante a realização deste trabalho. No ponto 1 (Córrego Taguatinga), época seca, detectou-se 8 mg L^{-1} de NO_3^- , diminuindo para 3 mg L^{-1} no ponto 2 (Rio Melchior) e, de acordo com a própria diluição do rio, atingindo teor de 2 mg L^{-1} , no ponto 8 (Rio Descoberto). Entretanto, no ponto 9 a concentração aumenta novamente, ficando similar ao ponto 2. Assim, no encontro do Rio Descoberto com o Rio Corumbá a concentração pode estar similar à do ponto 1.

O sulfato e o cloreto encontram-se em maiores concentrações na época chuvosa; o SO_4^{2-} com média de 8,0 na época seca e 23 mg L^{-1} na chuvosa; o Cl^- com 22 na época seca e 35 mg L^{-1} na chuvosa (Tabela 2).

Os valores de SO_4^{2-} e Cl^- não ultrapassaram os limites do CONAMA. Porém, esses parâmetros ultrapassam a média nacional de 4,55 mg L^{-1} de SO_4^{2-} e 3,15 mg L^{-1} de Cl^- , segundo Szikszay^{29,30}. As possíveis fontes de Cl^- são os esgotos domésticos e/ou fertilizantes.

Tabela 3. Valores médios dos parâmetros físico-químicos (mg/L), elementos-traço e maiores ($\mu\text{g L}^{-1}$) em diferentes mananciais do DF. (a) Região Hidrográfica Ribeirão do Gama⁴; (b) Região Hidrográfica Mestre D'Armas^{3,5}; (c) Região Hidrográfica Bananal²; (d) Região Hidrográfica do Lago Descoberto^{3,5}; (e) Região Hidrográfica Sobradinho^{3,5}; (f) Região Hidrográfica Pípiripau^{3,5} e (g) Região Hidrográfica Lago Paranoá^{3,5}

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	BHRD (média)	
								Seca	Chuvosa
pH	6,85	6,00	5,60	5,67	6,00	6,00	5,86	5,9	6,0
T °C	19,56	24,07	23,98	21,76	17,50	17,35	22,31	24,9	24,4
CE ($\mu\text{S/cm}$)	9,08	109,30	36,00	12,60	105,70	20,05	18,46	125,5	41,0
mg L ⁻¹									
Alcalinidade	0,83	0,97	1,86	1,51	7,97	2,80	8,37	39,0	29,0
NO_3^-	0,12	0,15	0,06	0,27	1,47	0,15	0,21	2,0	2,0
PO_4^{3-}	0,12	0,52	0,62	0,13	0,19	0,12	0,70	3,0	1,0
NH_4^+	0,16	0,16	0,02	0,35	1,29	0,11	0,16	17,0	2,0
STD	4,16	54,90	23,12	6,24	52,93	9,90	9,14	59,0	19,0
mg L ⁻¹									
Ca	21800	2620	4880	1070	1810	4200	1550	5370	1410
Mg	120	1240	470	170	780	1520	0480	1760	800
Fe	120	80	340	350	210	420	1440	340	150
Si	1910	2430	3080	3320	1850	2140	3920	3380	2580
Ni	10	40	50	30	20	40	70	40	60
Al	50	100	170	1020	50	80	100	80	110
P	10	480	350	620	250	1010	400	210	50
K	250	630	590	560	10	1180	1130	4090	1300
Na	280	1620	620	2100	10	1650	540	17980	2840

Os valores “outliers” de SO_4^{2-} e Cl^- correspondem ao ponto 1. No caso do SO_4^{2-} , os resultados anômalos estão associados ao intemperismo e ao transporte de materiais para o leito do rio.

O fosfato foi detectado apenas nos pontos 1, 2, 8 e 9, na época seca, e nos pontos 1 e 2 na chuvosa, e apresentou concentrações acima do estabelecido pelo CONAMA, estando também acima das concentrações médias dentro do DF (Tabela 3).

Na maioria dos pontos o PO_4^{3-} não foi detectado. Assim, sugere-se que o PO_4^{3-} pode ter sido adsorvido pelas argilas, visto que esta é a forma mais importante de acesso desta espécie química no ambiente aquático³¹. As possíveis fontes de PO_4^{3-} na área de estudo são, principalmente, esgoto doméstico e fertilizantes agrícolas.

Elementos-traço e maiores

Os elementos podem ser liberados de forma parcial ou total a partir dos sedimentos devido às modificações dos parâmetros físico-químicos, principalmente pH e temperatura do corpo hídrico.

As Tabelas 4 e 5 mostram os resultados dos elementos maiores e traços, respectivamente, nas águas da BHRD (expressos em $\mu\text{g L}^{-1}$) em cada estação climática. Foram destacados os valores “outliers” considerados fora do intervalo (média + 2σ) e retirados os elementos La, Cd, Y, Ti, Ni, Zr, Cu e Co por apresentarem valores abaixo do limite de detecção (<L.D) ou concentrações muito baixas.

Os elementos La, Y e Zr estão associados aos normalizadores geoquímicos e à ausência de situações antrópicas ligadas a eles, ou seja, são elementos tipicamente de origem geológica.

Os elementos presentes na água em concentrações significativas são Ca, Mg, Fe, Si, P, Na e K.

O ferro apresentou valores que ultrapassavam o estabelecido pelo CONAMA, como nos pontos 1, 2, 6, 7 e 8 na época seca. Entretanto, os teores de Fe são compatíveis com os encontrados na região, em função de aspectos geológicos regionais (Tabela 3).

O cálcio está predominantemente associado aos íons carbonato e bicarbonato. Pode ser precipitado ou dissolvido com a variação do pH.

Os elementos La, Cd, Y, Zr, Cu e Co apresentaram valores baixos ou abaixo dos limites de detecção (<L.D), principalmente na época chuvosa devido à própria diluição; portanto, são descartados no tratamento estatístico. Os teores baixos podem indicar a adsorção desses elementos nas partículas finas dos sedimentos. Entretanto, as concentrações desses elementos ultrapassam as médias dos rios do mundo (Tabela 6).

Desta forma, torna-se explícito neste estudo que os elementos La, Cd, Y, Zr, Cu e Co não apresentam contribuição para geoquímica local.

Manganês e bário possuem valores “outliers” no ponto 7, época seca, (Tabela 5), visto que o Mn está acima do valor estabelecido pelo CONAMA.

As concentrações de Na e K estão acima da média de sistemas fluviais dentro do DF (Tabela 3), enquanto que para o Brasil e o mundo (Tabela 6) somente a média de K na época chuvosa se aproximou da média dos rios da Bacia do Paraná, da América do Norte e da África. Na época chuvosa, a média de Na também se aproximou

Tabela 4. Concentrações dos elementos maiores ($\mu\text{g L}^{-1}$) nas águas da BHRD

Pontos	Ti	Ca	Mg	Fe	Si	Al	P	Na	K
1s	10	10,7	2470	510	3140	60	2770*	46700	11300
2s	10	10900	2410	750	3590	60	480	47500	10200
3s	10	1910	530	160	2820	80	30	2820	1020
4s	10	570	450	110	2870	60	80	1800	1050
5s	10	270	280	80	2850	40	50	1600	780
6s	10	1490	520	450	2550	80	30	2440	1210
7s	10	4490	3130	370	4140	130	60	2090	1650
8s	20*	9850	2880	400	4360	240*	630	31400	4820
9s	10	8120	3190	230	4090	110	340	25500	4770
Média	11	4179	1762	340	3379	96	497	17983	4089
Desvio padrão (σ)	3	4096	1205	205	640	57	831	18817	3861
Média+ 2σ	17	12372	4171	750	4659	210	2158	55618	11811
1c	40	9950	1280	240	2030	870*	90	6300	3130
2c	< L.D	8720	1770	180	3100	70	190*	29800*	3660
3c	< L.D	1670	400	150	2450	< L.D	50	2680	840
4c	< L.D	400	300	80	2260	< L.D	30	1820	810
5c	< L.D	260	270	100	2050	40	20	1610	860
6c	20	1090	410	350*	2560	70	40	2200	1130
7c	10	1710	1260	220	2880	310	20	2120	1260
8c	< L.D	3350	1460	150	3020	130	20	4480	1870
9c	< L.D	3070	1470	120	3040	110	30	4210	1810
Média	23	3358	958	177	2599	229	54	6136	1708
Desvio padrão (σ)	12	3356	566	79	404	275	52	8493	982
Média+ 2σ	48	10069	2090	334	3406	778	159	23121	3672
Portaria n° 1469 [mg/L]	-	[200]	[150]	300	-	200	-	[200]	-
CONAMA	-	-	-	300	-	100	-	-	-

<L.D = abaixo do Limite de Detecção; s = época seca; c = época chuvosa; *valores “outliers”

Tabela 5. Concentrações dos elementos-traço ($\mu\text{g L}^{-1}$) nas águas da BHRD

Pontos	Sr	Mo	V	Zr	Cr	Mn	Ba	Zn
1s	110	30	10	10	10	20	10	20
2s	170	70	10	10	20	140	20	30
3s	170	80	20	10	20	10	20	20
4s	130	80	20	10	10	10	20	20
5s	100	40	10	10	10	10	20	10
6s	110	70	10	10	10	20	10	10
7s	240	140	30	20	20	800*	300*	20
8s	410*	190*	40*	30*	40*	60	40	20
9s	90	40	10	10	10	30	20	10
Média	170	82	18	13	17	122	51	18
Desvio padrão (σ)	96	49	10	7	9	243	88	6
Média+2 σ	362	180	38	27	36	608	228	30
1c	140	60	10	10	10	10	30	20
2c	130	50	10	10	10	50	30	20
3c	80	40	10	10	10	10	20	20
4c	70	40	10	10	10	10	20	30
5c	70	40	10	10	10	< L.D	70*	110*
6c	80	40	10	10	10	< L.D	10	10
7c	90	50	10	10	10	30	40	10
8c	90	50	10	10	10	30	50	20
9c	90	60	10	10	10	30	20	10
Média	93	48	10	10	10	24	32	28
Desvio padrão (σ)	24	8	0	0	0	14	17	30
Média+2 σ	140	63	10	10	10	52	67	87
Portaria n° 1469 [mg/L]	-	-	-	-	50	100	700	5000
CONAMA	-	-	100	-	50	100	1000	180

<L.D = abaixo do Limite de Detecção; s= época seca; c= época chuvosa; *valores “outliers”

Tabela 6. Concentração média dos elementos-traço e maiores ($\mu\text{g L}^{-1}$) em águas no Brasil e no mundo: (a) rios da América do Norte^{29,34}; (b) média de rios do Mundo²⁹; (c) rio Tietê-SP/Brasil³² e (d) média dos rios da Bacia do Paraná/Brasil³³

Elementos	(a)	(b)	(c)	(d)	BHRD	
					Seca	Chuvosa
					$\mu\text{g L}^{-1}$	
Fe	300	40	150	720	340	150
Zn	0	15	na	na	20	10
Mn	20	4	10	10	40	20
Mo	0	0,5	na	na	70	50
Ni	10	0,3	0	10	40	60
Si	4100	6000	3100	3360	3380	2580
Al	240	300	10	860	80	110
Ba	50	20	na	na	20	30
Sr	60	70	na	na	140	80
Ti	10	3	10	40	10	0
Mg	5000	4100	2800	3400	1760	800
Na	9000	6100	2900	2000	17980	2840
K	1400	2300	2700	1400	4090	1300
Ca	21000	18000	3000	3400	5370	1410
Cr	na	0,7	na	na	20	10
La	na	0,03	na	na	20	10
V	na	0,9	na	na	20	10
Cu	na	3	na	na	10	0
Co	na	0,2	na	na	20	10

na= não analisado

apenas das médias dos rios da Bacia do Paraná e do rio Tietê.

A concentração do K é menor que a do Na nas águas do Rio Descoberto, ao contrário nos sedimentos de corrente, ratificando a maior afinidade do K para ser adsorvido pelas partículas argilosas presentes nos sedimentos. O K é um elemento bastante representativo, devido à sua participação intensa em processos de troca-iônica.

A grande concentração de K em águas de superfície é devida à lixiviação de fertilizantes, principalmente em áreas agrícolas³².

Entre os elementos-traço analisados, o Sr é o único que possui concentrações significativas em todos os pontos (Tabela 5), ficando acima da média de outros rios no Brasil e no mundo (Tabela 6). Além disso, sua concentração média na época chuvosa está um pouco acima da média dos rios mundiais.

Correlações

Realizou-se tratamento estatístico não paramétrico através da correlação de Spearman (R) entre parâmetros físico-químicos e elementos químicos na água da BHRD, como mostram as Tabelas 6 e 7 nas épocas seca e chuvosa, respectivamente.

Fosfato e amônio não foram detectados na maioria das amostras avaliadas durante o período chuvoso. Assim, foram excluídos do tratamento estatístico, nesta época.

O pH não apresentou correlação com nenhum elemento ou demais parâmetros, na época seca, porém na época chuvosa se correlacionou apenas com os elementos Al e Ca, e a condutividade. Isso mostra que a grande quantidade dos elementos ocorre mais na forma solúvel em água ácida que em água neutra.

Tabela 7. Matriz de correlação de Spearman (R) entre parâmetros físico-químicos, elementos-traço e maiores na água da BHRD, na época seca. Apenas as correlações com significância $p < 0,05$ são apresentadas

	Sr	Mo	Ti	Ca	Mg	Fe	Si	Ni	Al	Mn	Ba	P	Na	K	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	Alcal.	pH	STD	CE	T °C	
Sr	1																									
Mo	0,83	1																								
Ti	0,96	0,78	1																							
Ca	-	-	-	1																						
Mg	-	-	-	0,68	1																					
Fe	-	-	-	0,82	-	1																				
Si	-	-	-	-	0,78	-	1																			
Ni	-	-	-	-	0,77	-	1,00	1																		
Al	-	-	-	-	0,79	-	-	0,70	1																	
Mn	-	-	-	0,81	0,74	0,79	-	-	-	1																
Ba	-	-	-	-	-	-	-	0,70	-	-	1															
P	-	-	-	-	-	-	0,81	0,71	-	-	-	1														
Na	-	-	-	0,95	-	0,82	-	-	-	0,81	-	-	1													
K	-	-	-	0,93	-	0,85	-	-	-	0,74	-	0,81	0,87	1												
NO ₃ ⁻	-	-	-	0,82	-	-	-	-	-	0,84	-	0,78	0,82	0,82	1											
SO ₄ ²⁻	-	-	-	0,91	0,76	-	0,71	-	-	0,87	-	0,80	0,79	0,91	0,92	1										
PO ₄ ³⁻	-	-	-	0,77	-	-	-	-	-	-	-	0,85	0,77	0,80	0,90	0,81	1									
HCO ₃ ⁻	-	-	-	0,97	0,68	0,72	-	-	-	-	-	0,76	0,90	0,93	0,82	0,91	0,80	1								
NH ₄ ⁺	-	-	-	0,88	-	0,69	-	-	-	-	-	0,87	0,88	0,91	0,93	0,88	0,91	0,91	1							
Cl ⁻	-	-	-	0,77	-	-	-	-	-	-	-	0,86	0,68	0,86	-	0,76	0,78	0,87	1							
Alcal.	-	-	-	0,97	0,68	0,72	-	-	-	-	-	0,76	0,90	0,93	0,82	0,91	0,80	1,00	0,91	0,78	1					
pH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1			
STD	-	-	-	1	0,79	0,74	-	-	-	0,96	0,79	-	0,93	0,93	0,82	0,91	0,79	0,98	0,87	-	0,98	-	1			
CE	-	-	-	0,98	0,83	-	-	-	-	0,93	-	-	0,90	0,90	0,87	0,94	0,76	0,95	0,82	-	0,95	-	0,98	1		
T °C	-	-	-	0,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

- abaixo do nível de significância

Tabela 8. Matriz de correlação de Spearman (R) entre parâmetros físico-químicos, elementos-traço e maiores na água da BHRD, na época chuvosa. Apenas as correlações com significância $p < 0,05$ são apresentadas

	Sr	Mo	Ti	Ca	Mg	Fe	Si	Al	Mn	Ba	P	Na	K	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Alcal.	pH	STD	CE	T °C				
Sr	1																									
Mo	0,83	1,00																								
Ti	-	-	1,00																							
Ca	0,89	0,79	-	1,00																						
Mg	0,98	0,77	-	0,93	1,00																					
Fe	-	-	-	-	-	1,00																				
Si	0,98	-	-	0,93	0,75	-	1,00																			
Al	-	-	-	-	-	-	-	1,00																		
Mn	0,76	-	-	0,86	0,85	-	0,72	-	1,00																	
Ba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00																
P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00															
Na	0,79	0,71	-	0,89	0,81	-	-	-	-	-	-	1,00														
K	0,93	0,93	-	0,82	0,83	-	-	-	-	-	-	0,79	1,00													
NO ₃ ⁻	0,93	0,79	-	0,84	0,87	-	-	-	0,76	-	-	0,74	0,89	1,00												
SO ₄ ²⁻	0,72	-	-	0,75	0,74	-	0,74	-	-	-	-	0,89	-	-	1,00											
HCO ₃ ⁻	0,84	-	-	0,94	0,87	-	0,87	-	0,95	-	-	0,77	-	0,90	-	1,00										
Cl ⁻	0,88	0,80	-	-	0,81	-	0,81	-	-	-	-	-	0,89	0,90	-	0,73	1,00									
Alcal.	0,86	-	-	0,96	0,90	-	0,90	-	0,95	-	-	0,82	-	0,89	0,65	0,99	0,71	1,00								
pH	-	-	-	0,79	-	-	-	0,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00							
STD	0,86	0,78	-	0,99	0,85	-	-	-	0,78	-	-	0,90	0,87	0,88	-	0,93	-	0,95	-	1,00						
CE	0,82	0,74	-	0,96	0,81	0,79	-	0,90	0,79	-	-	0,86	0,86	0,86	-	0,90	-	0,93	0,72	0,99	1,00					
T °C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00

- abaixo do nível de significância

As boas correlações do STD e CE com os elementos Ca, Mg, Mn, K e Na e com os ânions HCO_3^- e NO_3^- , na época seca ($R=0,74$ a $1,00$) e chuvosa ($R=0,78$ a $0,99$) nas águas da BHRD e a correlação ($R=0,87$ a $0,93$) entre NH_4^+ com SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Cl^- , NO_3^- , P, Na, Ca e K, na época seca sugerem a contribuição das atividades domésticas e/ou rurais na bacia.

Fosfato correlaciona-se positivamente com os elementos Ca, Al, Na, P e K na época seca, e com Sr, Ca e K na chuvosa. Isso sugere sua adsorção às argilas, já que na maioria das amostras analisadas não foi detectado esse composto.

Cálcio é o único elemento que possui correlação ($R=0,67$) com a temperatura, na época seca. Os elementos Al e Fe correlacionam-se com a condutividade na época chuvosa, e somente o Al com o pH mostram, desta forma, o intemperismo na área, associado principalmente aos aspectos relacionados com a ocupação humana na área.

Na época seca observa-se mais claramente a boa correlação dos elementos e compostos (P, Na, K, NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , HCO_3^- e NH_4^+) que na época chuvosa. Assim, a influência de áreas urbanas é maior na seca.

Correlacionando-se turbidez e cor com íons em cada época (Tabela 9), verifica-se que existe uma boa correlação entre eles apenas na época seca. Isso mostra a possível contribuição da área urbana para estes parâmetros nesta época.

Avaliação da água na BHRD

Esta avaliação objetiva visualizar mais explicitamente as condições da água na entrada e saída do Rio Descoberto no DF e identificar as possíveis fontes antrópicas.

Tabela 9. Correlação Spearman (R) da turbidez e cor com outros parâmetros nas duas épocas climáticas (correlações $p<0,05$)

		Época seca						
		NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	NH_4^+	Cl^-	PO_4^{3-}	Cor
cor		0,87	0,94	0,85	0,88	0,67	0,77	-
turbidez		0,87	0,94	0,98	0,88	0,77	0,77	0,87
		Época chuvosa						
cor		-	-	-	-	-	-	-
turbidez		0,78	-	-	-	-	-	-

- = abaixo do nível de significância

A Figura 2 mostra os parâmetros cor, turbidez, temperatura, alcalinidade, NH_4^+ e pH e os ânions Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} e NO_3^- . Observa-se que o pH e a temperatura não variam muito ao longo da bacia nas duas épocas, ao contrário da cor, turbidez, alcalinidade, NH_4^+ e dos ânions.

As concentrações elevadas de Cl^- , HCO_3^- , NO_3^- e NH_4^+ , nos pontos 1 e 2, provêm de despejos de esgotos domésticos da cidade de Taguatinga.

Na avaliação dos elementos-traço e maiores na água, ao longo da bacia (Figura 3), os elementos Y, Ti, V, Ni, Zr, Cu, Cr, Ba, Co e Zn foram excluídos nas duas épocas por apresentarem concentrações muito baixas e/ou abaixo do limite de detecção. La, Cd, Al e Mn foram somente considerados na época chuvosa.

Na Figura 3 percebe-se, ainda, que os elementos Ca, Mg, P, Na e K, tanto na época seca quanto chuvosa, são provenientes de esgotos já que suas concentrações tendem a aumentar principalmente

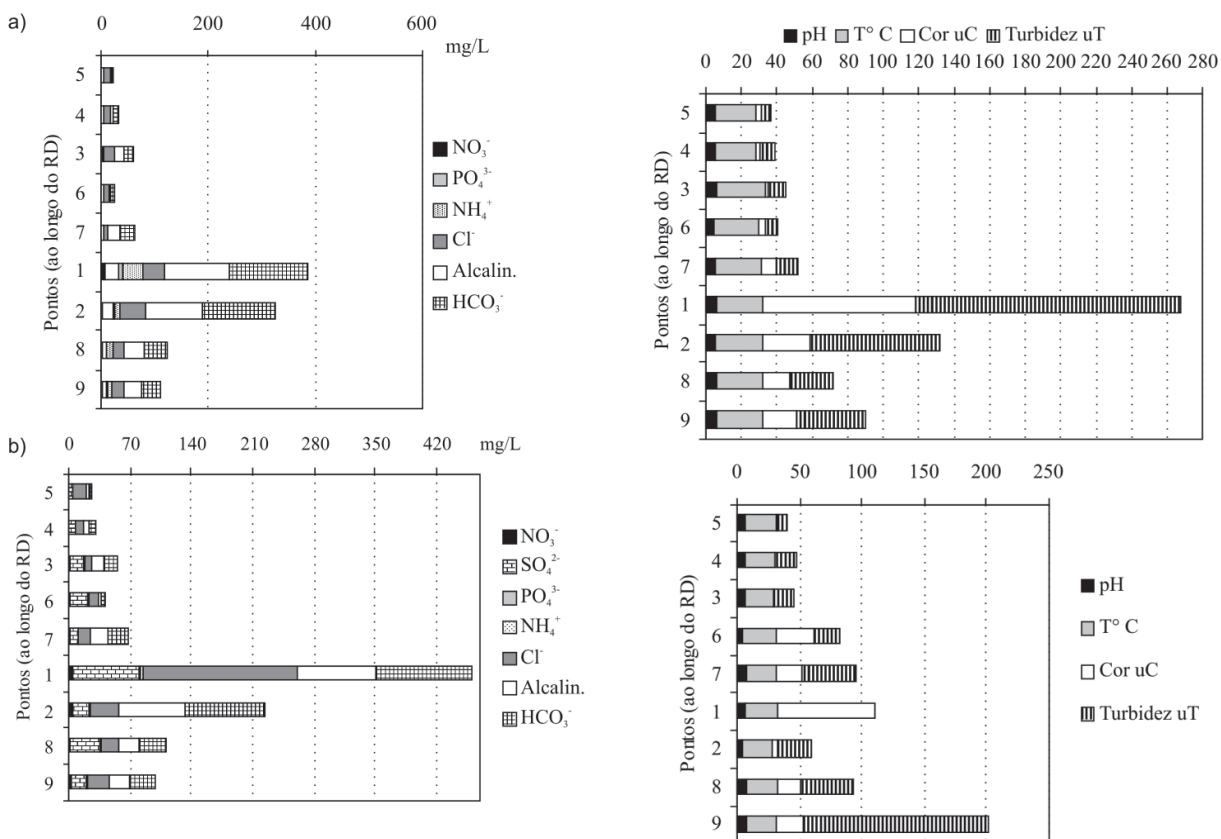


Figura 2. Distribuição dos parâmetros químicos e físico-químicos ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto: a) época seca e b) chuvosa

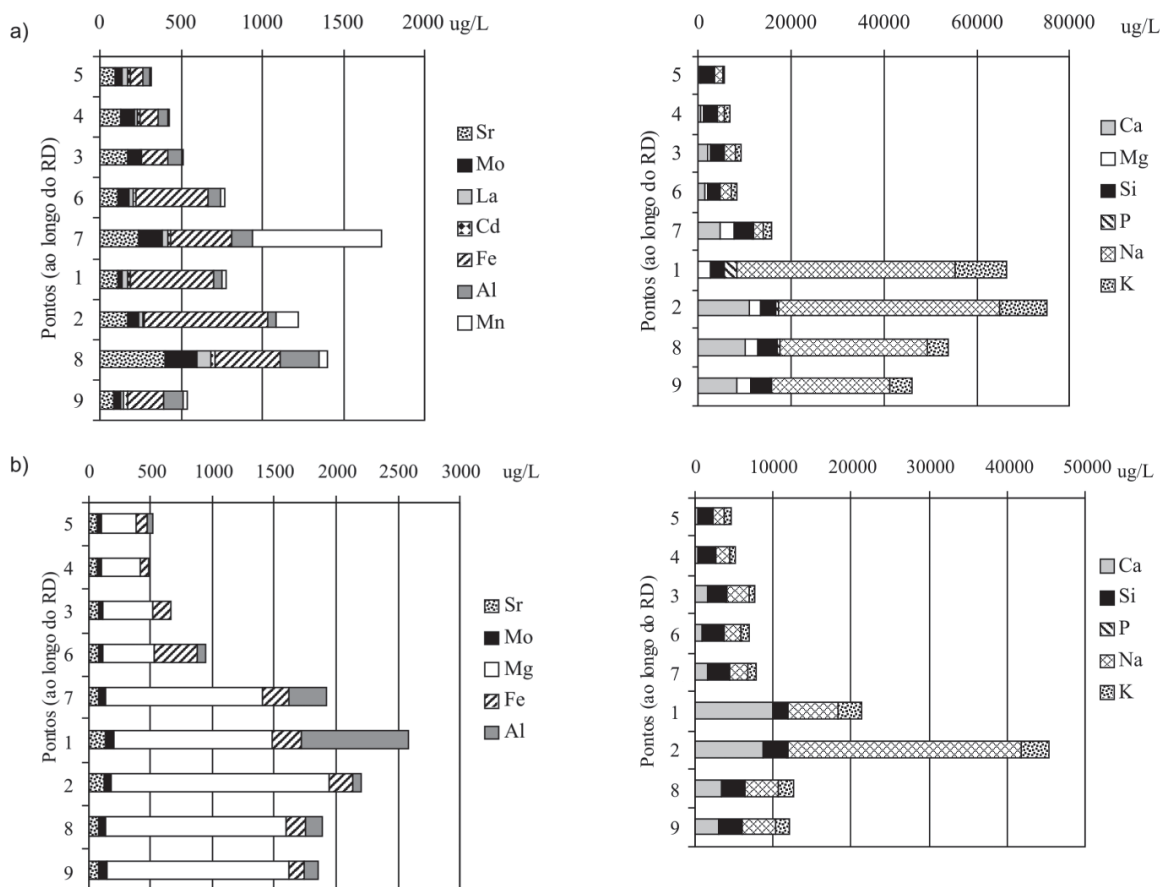


Figura 3. Distribuição dos elementos-traço e maiores ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto: a) época seca e b) chuvosa

no ponto 2 (épocas seca e chuvosa) e, devido à própria diluição, a concentração diminuiu nos pontos 8 e 9, também nas duas épocas.

Quanto ao valor “outlier” de Mn no ponto 7, (época seca - Tabela 5), que pode ser proveniente da cidade de Santo Antônio do Descoberto, influencia os pontos 8 e 9, assim como os resultados de Fe e Al.

Os elementos-traço e maiores (Tabela 3) mostram uma variação significativa ao longo da bacia, principalmente nos pontos 1 e 2 e nos pontos após a foz do Rio Melchior (8 e 9), influenciados pela rápida diluição nos pontos 1 e 2.

Na direção do fluxo do Rio Descoberto (N-S), percebe-se que na entrada do DF as concentrações dos elementos Sr, Mo, La, Cd, Fe, Al, Mn, Mg, Si, Ca, P, K e Na são baixas, tendendo a aumentar nos pontos localizados na entrada do lago (3 e 4), área do INCRA. Após o lago, o teor de alguns elementos e compostos aumenta bastante, principalmente nos pontos localizados próximos de áreas urbanas e/ou agrícolas (1, 2 e 7). Na saída do DF (pontos 8 e 9), a própria diluição do rio faz com que as concentrações tendam a diminuir, ou seja, a qualidade da água é influenciada nos pontos específicos.

CONCLUSÕES

Esta pesquisa, desenvolvida na extensão da Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto nas épocas seca e chuvosa, mostrou primeiramente que estas águas se enquadram, segundo o CONAMA, na classe 4 destinada à navegação, por apresentarem teores de níquel maiores que $25 \mu\text{g L}^{-1}$. Verificou-se também que existe uma variação na concentração de alguns parâmetros físico-químicos, ele-

mentos-traço e maiores com a mudança climática. As elevadas concentrações (localizadas principalmente em áreas agrícolas e urbanas) registradas, como alcalinidade, turbidez, cor, PO_4^{3-} , NO_3^- , NH_4^+ , Cl e SO_4^{2-} e dos elementos P, Mn, Ba, Na, K, Ni e Sr, são diluídas ao longo do percurso até a foz no rio. Isso minimiza, por enquanto, a possibilidade de ocorrerem problemas que venham a comprometer a qualidade da água deste manancial. Os resultados obtidos nas análises de alcalinidade, fosfato e amônia nas épocas estudadas apresentaram-se acima da média de outros estudos no DF, indicando a influência de efluentes domésticos e explícita o possível comprometimento da qualidade do manancial, embora o pH não sofra grandes variações.

As altas concentrações de Ca podem estar relacionadas a lentes calcárias do Grupo Paranoá juntamente com a influência antrópica, principalmente associada à atividade agrícola, visto que o Ca se correlaciona com a maioria dos elementos e ânions.

A análise de correlação não paramétrica de Spearman permitiu visualizar a correlação entre espécies químicas e parâmetros físico-químicos determinados nas águas da BHRD com indicação de origem semelhante – produto da urbanização desordenada e utilização indiscriminada de fertilizantes em áreas de agricultura.

Assim, é necessário o monitoramento desses parâmetros e espécies químicas, a fim de controlar os valores reais com os valores estabelecidos pelo CONAMA, além da instalação de uma estação de tratamento de efluentes domésticos nas cidades de Taguatinga, Samambaia e Ceilândia, pois este manancial responde por grande percentual de atendimento no abastecimento público do DF.

AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão de bolsa de mestrado no período de 09/1999 à 09/2001, e ao CNPq- Processo 300295/96-0.

REFERÊNCIAS

1. Ribeiro, M. O.; Koide, S.; Souza, M. A. A.; *Resumos do 1º Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-Oeste*, Brasília, Brasil, 2000.
2. Boaventura, G. R.; Souza, R. S.; Pontes, C. H. C.; Pinelli, M. P.; *Resumos Expandidos do 7º Congresso Brasileiro Geoquímico e 5º Congresso Geoquímico dos Países de Língua Portuguesa*, Porto Seguro, Brasil, 1999.
3. Boaventura, G. R.; Brito, V. E. B.; Bispo, R. S.; *Revista da Escola de Minas* **1998**, *51*, 57.
4. Carvalho Jr., O. A. C.; Boaventura, G. R.; Martins, E. S.; Pereira, F. J.; Brito, V. E. B.; Bispo, R. S.; *Revista da Escola de Minas* **1998**, *51*, 47.
5. Boaventura, G. R.; *Relatório Final FAPDF/FINATEC*, 1997.
6. Boaventura, G. R.; *Relatório Final WWF/FINATEC*, 1997.
7. Skinner, J. A.; Lewia, K. A.; Bardon, K. S.; Tucker, P.; Catt, J. A.; Chamber, B. J.; *J. Environ. Manag.* **1997**, *50*, 111.
8. Bahri, A.; *Water Res.* **1998**, *32*, 3484.
9. Freitas, M. I. C.; Silva, R. N. M.; Rodrigues, E. E.; Filho, O. C.; Pereira, J.; Gedeon, A. D.; Mendes, J. L. P.; Fernandes, J. R. R.; *Resumos do 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio Grande do Sul, Brasil, 1999.
10. Carvalho, A. R.; Schlittler, F. H. M.; Tornisielo, V. L.; *Quim. Nova* **2000**, *23*, 618.
11. Dores, E. F. G. C.; De-Lamonica-Freire, E. M.; *Quim. Nova* **2001**, *24*, 27.
12. Tarvainen, T.; Lahermo, P.; Mannio, J.; *Water, Air, Soil Pollut.* **1997**, *94*, 1.
13. Yabe, M. J. S.; Oliveira, E.; *Quim. Nova* **1998**, *21*, 551.
14. Souza, A. D. G.; Tundisi, J. G.; *Rev. Bras. Biol.* **2000**, *60*, 563.
15. CAESB- Companhia de Água e Esgoto de Brasília; *Relatório Interno*, Brasília, 1999.
16. Brito, F. A.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade de Brasília, Brasil, 1999.
17. Falcomer, J.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade de Brasília, Brasil, 1994.
18. Rêgo, M. C. A. M.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade de Brasília, Brasil, 1997.
19. Campos, J. G. E.; Freitas, F. H. S.; *Inventário Hidrológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. Relatório Técnico, Hidrogeologia do Distrito Federal*, IEMA/ UnB: Brasília, 1998, vol. IV.
20. Andrade, F. S.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade de Brasília, Brasil, 1999.
21. Embrapa; *Levantamento de Reconhecimento dos solos do Distrito Federal*. Boletim técnico, nº 53, SNLCS: Rio de Janeiro 1978.
22. CAESB; *Relatório Interno Plano de Proteção do Lago Descoberto*, 1985.
23. Pinto, M. N.; Neves, R. R.; *Geociências* **1985**, *4*, 127.
24. Agudo, E. G.; *Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água*, CETESB: São Paulo, 1987.
25. Förstner, U.; Salomons, W.; *Environ. Technol. Lett.* **1980**, *1*, 494.
26. APHA; AWWA; WPCF; *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*; Clescerl, L. S.; Greenberg, A. E.; Eaton, A. D., eds.; 20ª ed., American Public Health Association: Washington, 1999.
27. Sawyer, C. N.; Mccarty, P. L.; Parkin, G. N.; *Chemistry for Environmental Engineering*, 4ª ed., McGraw-Hill: Cingapura, 1994.
28. Conama; *Resolução CONAMA nº 20 de junho de 1986*.
29. Szikszay, M. L. S.; *Min. Met.* **1969**, *297*, 133.
30. Szikszay, M. L. S.; *Boletim IG- USP* **1973**, *4*, 97.
31. Esteves, F. D. A.; *Fundamentos de Limnologia*, FINEP: Rio de Janeiro, 1988.
32. Rocha, J. C.; Hirche, R. N.; *Eclética Química* **1994**, *19*, 105.
33. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 1469 de 29 de dezembro de 2000; *Normas de Qualidade da Água para Consumo Humano*. Republicada no DO nº 1-E de 02/01/2001e no DO nº 7-E de 10/01/2000.
34. Durum, W H.; Haffty, J.; *Geochim. Cosmochim. Acta* **1963**, *27*, 1.