

IV-040 – DETERMINAÇÃO DE ESPÉCIES METÁLICAS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS DE DIFERENTES ARROIOS QUE DRENAM CAXIAS DO SUL/RS

Maísa Trevisan Antunes⁽¹⁾

Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental da Universidade de Caxias do Sul (UCS).

Robson Marcelo Guadagnin

Acadêmico do curso de Engenharia Ambiental da UCS.

Vania Elisabete Schneider

Professora Doutora do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da UCS.

Marcelo Giovanela

Professor Doutor do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da UCS.

Andreia Neves Fernandes

Professora Doutora do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da UCS.

Endereço⁽¹⁾: Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 - Petrópolis – Caxias do Sul - RS - CEP: 95070-560 - Brasil
- Tel: (54) 3218-2100 - e-mail: mtantune@ucs.br

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo determinar preliminarmente a qualidade de doze amostras de água superficial coletadas em arroios urbanos do município de Caxias do Sul (RS), por meio da determinação das espécies As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sr, V e Zn. Os parâmetros físico-químicos condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH e temperatura também foram quantificados. Nesse contexto, a condutividade elétrica variou de 23,30 a 823,00 $\mu\text{S cm}^{-1}$, enquanto que o oxigênio dissolvido variou de 2,40 a 12,00 mg L^{-1} . O pH, por sua vez, estabeleceu-se entre 6,78 e 7,85. Finalmente, a temperatura variou de 11,70 a 17,20°C. A partir dos resultados obtidos para a determinação dos metais, dentre os arroios analisados que constituem a Bacia Hidrográfica dos Rios Taquari-Antas, o Arroio Tega apresentou concentrações elevadas de Cr, Cu, Ni e Zn. Já em relação aos arroios da Bacia Hidrográfica do Rio Caí, o Arroio Pinhal também apresentou concentrações elevadas de Cu, Ni e Zn, enquanto que elevadas concentrações de Pb foram quantificadas nos Arroios Pena Branca e Belo. Efluentes industriais podem estar influenciando a qualidade dos Arroios Tega e Pinhal, enquanto fertilizantes, pesticidas e emissões veiculares podem estar atrelados à origem antropogênica de contaminantes para os Arroios Pena Branca e Belo.

PALAVRAS-CHAVE: Espécies metálicas, arroios urbanos, ICP-OES.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água é um assunto em destaque na literatura especializada, pois a contaminação de um corpo hídrico afeta não só os organismos aquáticos, mas também a saúde humana¹. Dependendo da concentração dos contaminantes e do tempo de exposição da biota aquática aos mesmos, esses elementos podem apresentar uma determinada toxicidade a esses organismos e persistir ao longo da cadeia trófica. O crescimento populacional e as atividades econômicas, tais como a indústria e a agricultura, têm impactado os mananciais por meio de fontes pontuais e/ou difusas de contaminação, as quais contribuem com a entrada de contaminantes, como compostos orgânicos e espécies metálicas, no meio aquático. No município de Caxias do Sul (RS), segundo pólo metal-mecânico do país, por exemplo, o lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais sem tratamento prévio no Arroio Tega, ocorria até meados de 1996². Esse arroio é um dos afluentes do Rio Tega, que desemboca no Rio das Antas, constituindo parte da Bacia Hidrográfica dos Rios Taquari-Antas.

O município também é drenado pela Bacia Hidrográfica do Rio Caí, contudo apresenta uma área de abrangência no perímetro urbano menor, comparando-se com a primeira bacia citada. Os afluentes do Rio Caí são utilizados como corpo receptor de esgotos domésticos, efluentes industriais do setor metal-mecânico e de elementos, como o cobre, carreados do cultivo de vinhedos até os arroios através da drenagem pluvial³; todas fontes de contaminação providas, provavelmente, do município de Caxias do Sul. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo determinar a concentração de espécies metálicas (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni,

Pb, Sr, V e Zn) em amostras de águas superficiais coletadas em diferentes arroios, que deságuam nos Rios Taquari-Antas ou no Rio Caí, localizados no município de Caxias do Sul (RS).

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Guaíba é subdividida em nove Bacias Hidrográficas localizadas na região centro-nordeste no Estado do Rio Grande do Sul. Dentre tais Bacias, destaca-se a Bacia Hidrográfica dos Rios Taquari-Antas e a do Rio Caí, situadas na região nordeste do Estado. Uma faixa do divisor de águas de ambas as Bacias encontra-se no município de Caxias do Sul. A Tabela 1 sumariza a descrição dos 12 pontos de amostragem e suas respectivas coordenadas geográficas, enquanto que a Figura 1 apresenta um registro fotográfico de cada ponto de amostragem. Deve-se destacar que os Arroios Dal Bó, Tega e Maestra são afluentes do Rio Tega, que desemboca no Rio das Antas, enquanto que os Arroios Espelho, Pena Branca, Pinhal e Belo são afluentes do Rio Piaí, que desemboca no Rio Caí.

Tabela 1: Descrição dos pontos de amostragem.

Ponto de amostragem	Descrição	Coordenadas geográficas
1	Arroio Dal Bó. Ponto próximo a algumas residências e com presença de vegetação ciliar. Água com movimentação bastante lenta.	S 29°08'21,3" / W 51°08'18,0"
2	Arroio Tega. Ponto localizado em uma área industrializada e próximo a um posto de gasolina. Presença de resíduos sólidos objetáveis e pequena quantidade de espumas. Movimentação lenta de suas águas.	S 29°08'57,0" / W 51°11'37,8"
3	Arroio Tega. Área igualmente industrializada, comparando-se com o ponto anterior, adicionada de algumas residências. Presença de resíduos sólidos objetáveis. Movimentação lenta de suas águas.	S 29°09'07,1" / W 51°11'30,0"
4	Arroio Tega. Ponto localizado em uma área densamente urbanizada, próximo a alguns <i>Pinus sp.</i> Presença de resíduos sólidos objetáveis. Movimentação branda de suas águas.	S 29°09'27,7" / W 51°12'33,3"
5	Arroio Maestra. Área pouco urbanizada, com presença de vegetação ciliar. Resíduos sólidos objetáveis presentes. Água com movimentação lenta.	S 29°05'23,0" / W 51°09'02,6"
6	Arroio Maestra. Ponto afastado da área densamente urbanizada, próximo a uma metalúrgica e circundado por vegetação nativa. Movimentação branda de suas águas.	S 29°06'25,3" / W 51°13'03,9"
7	Arroio Espelho. Ponto afastado da área densamente urbanizada, próximo a plantações de agrião, uva e milho. Presença de vegetação ciliar. Movimentação branda de suas águas.	S 29°08'38,8" / W 51°07'16,5"
8	Arroio Pena Branca. Ponto afastado da área densamente urbanizada, próximo a algumas residências. Resíduos sólidos objetáveis e espumas presentes. Movimentação considerável de suas águas.	S 29°11'39,9" / W 51°07'05,3"
9	Arroio Pinhal. Ponto próximo à área densamente urbanizada e a uma associação de reciclagem. Vegetação ciliar presente. Água com cor e odor desagradável. Presença de resíduos sólidos objetáveis e de grande quantidade de espumas. Movimentação considerável de suas águas.	S 29°11'44,7" / W 51°10'31,6"
10	Arroio Pinhal. Ponto próximo ao ponto de amostragem 9 e com vegetação ciliar. Grande quantidade de resíduos sólidos objetáveis e espumas. Movimentação considerável de suas águas.	S 29°11'49,5" / W 51°10'18,8"
11	Arroio Belo. Região pouco afastada da área densamente urbanizada. Ponto com vegetação ciliar, próximo a uma rua asfaltada e a várias araucárias. Água com coloração esverdeada. Movimentação lenta de suas águas.	S 29°13'25,5" / W 51°13'53,1"
12	Arroio Tega. Área afastada da região densamente urbanizada do município. Próximo a plantações de uva e de milho, bem como de algumas residências e de uma rodovia. Movimentação lenta de suas águas.	S 29°09'36,8" / W 51°14'39,7"



Figura 1: registro fotográfico dos pontos de amostragem.

2.2 COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS

Os parâmetros físico-químicos condutividade elétrica (CE), pH e oxigênio dissolvido (OD) foram medidos com condutivímetro e pHmetro da *Digimed* e medidor de OD da *LTLutron*, respectivamente. O condutivímetro também foi utilizado para a medição de temperatura (T) da água. Todos os materiais utilizados neste trabalho foram inicialmente imersos em solução de extran alcalino 15% (v/v) durante 24 horas. Logo após, foram lavados com água corrente e acondicionados em solução de HNO_3 5% (v/v) durante 24 horas. Finalmente, esse material foi lavado com água deionizada.

O processo de amostragem baseou-se no protocolo de técnicas limpas⁴, de modo a preservar as amostras, evitando possíveis contaminações. A coleta das amostras de água superficial foi realizada contra a correnteza e abaixo da lâmina d'água, com potes de polietileno. Após a coleta, as amostras foram transportadas em caixas de isopor até o laboratório, sendo mantidas sob refrigeração a 4°C até o momento das análises.

2.3 DETERMINAÇÃO DE ESPÉCIES METÁLICAS

Para a determinação das espécies metálicas totais, alíquotas de água superficial *in natura* foram acidificadas com solução de HNO₃ 2% (v/v) até pH < 2. Em contrapartida, para a determinação das espécies metálicas no material particulado, outra alíquota das amostras *in natura* foi filtrada em uma membrana de mistura de ésteres de 0,45 µm de porosidade. Em seguida, essa alíquota foi igualmente acidificada até pH < 2. Dessa forma, a concentração dos elementos no material particulado foi obtida pela diferença entre a concentração presente na água *in natura* (fração total) e na filtrada (fração dissolvida). A quantificação dos elementos foi realizada em um espectrofotômetro de emissão ótica com fonte de plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) iCAP 6500 da Thermo Electron Corporation.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medições realizadas *in situ* estão sumarizadas na Tabela 2. Os resultados obtidos para as espécies metálicas totais, na fração dissolvida e no material particulado estão expressos nas Tabelas 3, 4 e 5, respectivamente.

Tabela 2: Medições realizadas *in situ* nos pontos de amostragem.

Ponto	CE (µS cm ⁻¹)	OD (mg L ⁻¹)	pH	T (°C)
1	118,40	5,00	6,78	13,00
2	262,00	4,30	7,43	15,20
3	455,00	2,40	7,61	17,20
4	245,00	8,10	7,66	16,10
5	23,30	11,10	7,48	12,60
6	201,00	12,00	7,74	11,70
7	158,90	7,50	7,35	14,00
8	169,60	10,50	7,47	13,60
9	400,00	11,30	7,85	16,20
10	823,00	5,40	7,51	15,90
11	221,00	10,10	7,32	14,00
12	244,00	10,80	7,25	14,40

Ao observar os resultados obtidos para a temperatura, pode-se sugerir que esse parâmetro sofreu variações conforme o horário do dia; afinal a coleta de todas as amostras foi realizada em um único dia durante 9h30min e 18h. Além disso, as condições de luminosidade proporcionadas pelo ambiente adjacente aos pontos de amostragem também podem interferir na temperatura da água. O vento também poderia ser considerado como um interferente do parâmetro em questão, entretanto o mesmo não era significativo considerando as condições climáticas do dia coleta.

Nesse contexto, a temperatura, aliada à pressão atmosférica, correspondem aos principais fatores que influenciam a solubilidade do gás oxigênio na água; consequentemente, provocam variações no OD⁵. No presente estudo, a pressão atmosférica provavelmente não influenciou na variação de OD, pois a altitude dos pontos de amostragem permaneceu praticamente constante. Sendo assim, sugere-se que a temperatura seja um interferente significativo para o OD (Figura 2), principalmente nos pontos de amostragem 4 a 8 e 10 a 12. Para os demais pontos, tal parâmetro pode estar sendo influenciado por outros fatores de modo mais significativo.

A concentração de matéria orgânica dissolvida e/ou particulada também pode interferir na dinâmica do oxigênio, principalmente em ecossistemas aquáticos rasos. Isso ocorre devido a ressuspensão do sedimento ou a partir de águas tributárias e de escoamento superficial⁵. Além disso, ressalta-se que a matéria orgânica depositada no fundo dos meios aquáticos é constantemente degradada por bactérias aeróbias. Sendo assim, nos pontos de amostragem 1, 2, 3 e 9, o oxigênio dissolvido pode estar sendo utilizado por tais microorganismos

para degradar determinada carga orgânica, proveniente de uma possível fonte antropogênica (esgoto doméstico, por exemplo).

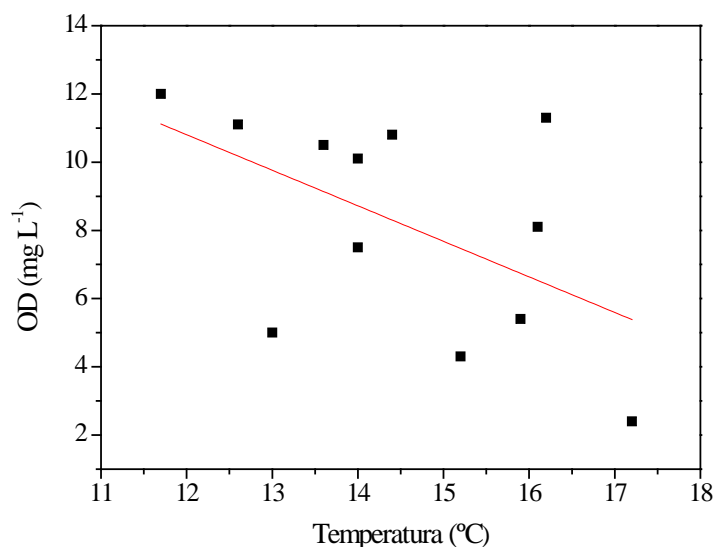


Figura 2: Relação entre os parâmetros OD e temperatura nos pontos de amostragem.

A condutividade elétrica, por sua vez, está relacionada à quantidade de íons dissolvidos os quais conduzem corrente elétrica. Ao avaliar os resultados obtidos para o parâmetro em questão, observa-se que os maiores valores foram quantificados para os pontos 3, 9 e 10. Sendo assim, sugere-se que efluentes industriais e esgotos domésticos sejam possíveis fontes pontuais de contaminação. Afinal, esses pontos estão localizados em uma área densamente urbanizada de Caxias do Sul.

Finalmente, o pH também foi um parâmetro abordado no presente estudo. Ao observar os resultados obtidos, pode-se perceber que tal parâmetro permaneceu praticamente inalterado em todos os pontos de amostragem. Sugere-se, portanto, que esse pH (em torno de 7,45) esteja relacionado com a constituição geológica da área de estudo. Ressalta-se que o município de Caxias do Sul está localizado sobre uma sequência de rochas vulcânicas ácidas e básicas da Formação Serra Geral⁶.

Dentre os parâmetros abordados anteriormente, o pH pode estar diretamente relacionado com a dinâmica de espécies metálicas em corpos hídricos. O pH possivelmente influencia na solubilidade de compostos contendo metais-traço em águas naturais⁷. Destaca-se também que a especiação de metais provavelmente é controlada por processos de precipitação, troca iônica, adsorção, dentre outros⁸. Nesse estudo, assim como realizado por Templeton *et al.*⁹, considerou-se como fração dissolvida toda espécie separada de uma amostra de água *in natura* por meio de filtração em uma membrana de 0,45 µm de porosidade. A espécie associada à fração particulada (que permanece nessa membrana) pode ser encontrada junto a partículas orgânicas e inorgânicas¹⁰.

Avaliando as espécies metálicas quantificadas, deve-se destacar que Ba, Co e Mn são comumente associadas à constituição geológica da área de estudo¹¹. As demais espécies quantificadas podem ter origem natural, contudo, não se pode desconsiderar a possibilidade de influências de atividades antrópicas da região.

Os pontos de amostragem de 1 a 6 e o ponto 12 correspondem aos arroios constituintes da Bacia Hidrográfica dos Rios Taquari-Antas. Com relação a esses locais de amostragem, o elemento As não foi quantificado apenas no ponto 2. Para o ponto 5, essa espécie tende a permanecer no material particulado, possivelmente em função das condições físico-químicas do meio, tais como pH e reações redox. Em relação ao metal Sr, há um comportamento contrário, ou seja, sua tendência corresponde à permanência na água, para todos os pontos dessa bacia. Por sua vez, a espécie V tende a ser retida pelo material particulado nos pontos de amostragem 4 e 6.

Tabela 3: Concentração (mg L⁻¹) de espécies metálicas na fração total das amostras de água superficial.

Metal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
As	0,004	<LQ	0,002	0,002	0,006	0,002	0,005	<LQ	0,004	0,005	0,005	0,003
Ba	0,092	0,068	0,080	0,066	0,040	0,047	0,075	0,056	0,074	0,094	0,057	0,056
Cd	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002
Co	0,009	0,004	0,003	0,007	0,003	0,002	0,004	0,002	0,004	0,003	0,003	0,003
Cr	0,012	0,820	0,020	0,253	0,012	0,011	0,012	0,070	0,040	0,031	0,012	0,019
Cu	<LQ	0,521	0,017	0,124	0,001	0,001	0,001	0,005	0,158	0,006	0,002	0,004
Mn	1,020	0,482	0,204	0,374	0,202	0,039	0,601	0,138	0,273	0,287	0,156	0,362
Ni	0,002	0,600	0,012	0,110	0,002	0,004	0,021	0,010	0,059	0,007	0,004	0,013
Pb	0,006	0,011	0,012	0,012	0,007	0,013	0,006	0,013	0,007	0,006	0,012	0,005
Sr	0,043	0,054	0,063	0,056	0,012	0,041	0,041	0,043	0,054	0,162	0,044	0,059
V	<LQ	0,006	0,027	0,039	0,019	0,016	0,021	0,037	0,022	0,017	0,009	0,021
Zn	0,025	0,147	0,079	0,596	0,006	0,011	0,052	0,018	0,300	0,183	0,081	0,021

Limite de Quantificação (LQ) = 0,001 mg L⁻¹.

Tabela 4: Concentração (mg L⁻¹) de espécies metálicas na fração dissolvida.

Metal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
As	0,002	<LQ	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	<LQ	0,004	0,005	0,005	0,002
Ba	0,086	0,036	0,043	0,036	0,022	0,032	0,054	0,042	0,043	0,070	0,037	0,032
Cd	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002
Co	0,007	0,003	0,002	0,007	0,002	0,002	0,004	0,002	0,003	0,003	0,002	0,001
Cr	0,010	0,309	0,013	0,135	0,010	0,010	0,011	0,058	0,017	0,016	0,009	0,011
Cu	<LQ	0,216	0,006	0,106	0,001	0,001	0,001	0,004	0,120	0,006	0,002	0,003
Mn	0,943	0,439	0,171	0,337	0,005	0,003	0,541	0,116	0,252	0,276	0,092	0,003
Ni	0,002	0,305	0,011	0,094	0,002	0,004	0,018	0,010	0,055	0,007	0,003	0,013
Pb	0,003	0,006	0,005	0,004	0,007	0,006	0,003	0,004	0,005	0,003	0,004	0,004
Sr	0,043	0,050	0,056	0,051	0,011	0,040	0,038	0,041	0,052	0,158	0,042	0,056
V	<LQ	0,006	0,014	0,003	0,013	0,001	0,005	0,025	0,022	0,017	<LQ	0,010
Zn	0,016	0,068	0,035	0,386	0,006	0,011	0,020	0,011	0,173	0,145	0,030	0,021

Limite de Quantificação (LQ) = 0,001 mg L⁻¹.

Tabela 5: Concentração (mg L⁻¹) de espécies metálicas no material particulado.

Metal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
As	0,002	<LQ	<LQ	<LQ	0,005	0,001	0,003	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,001
Ba	0,006	0,032	0,037	0,030	0,018	0,015	0,021	0,014	0,031	0,024	0,020	0,024
Cd	0,001	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,001	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Co	0,002	0,001	0,001	<LQ	0,001	<LQ	<LQ	<LQ	0,001	<LQ	0,001	0,002
Cr	0,002	0,511	0,007	0,118	0,002	0,001	0,001	0,012	0,023	0,015	0,003	0,008
Cu	<LQ	0,305	0,011	0,018	<LQ	<LQ	<LQ	0,001	0,038	<LQ	<LQ	0,001
Mn	0,077	0,043	0,033	0,037	0,197	0,036	0,060	0,022	0,021	0,011	0,064	0,359
Ni	<LQ	0,295	0,001	0,016	<LQ	<LQ	0,003	<LQ	0,004	<LQ	0,001	<LQ
Pb	0,003	0,005	0,007	0,008	<LQ	0,007	0,003	0,009	0,002	0,003	0,008	0,001
Sr	<LQ	0,004	0,007	0,005	0,001	0,001	0,003	0,002	0,002	0,004	0,002	0,003
V	<LQ	<LQ	0,013	0,036	0,006	0,015	0,016	0,012	<LQ	<LQ	0,009	0,011
Zn	0,009	0,079	0,044	0,210	<LQ	<LQ	0,032	0,007	0,127	0,038	0,051	<LQ

Limite de Quantificação (LQ) = 0,001 mg L⁻¹.

A espécie metálica Cd apresentou concentrações semelhantes entre todas as amostras da Bacia dos Rios Taquari-Antas na fração dissolvida, porém sua concentração ficou abaixo do limite de quantificação do método para todas as amostras de material particulado, exceto no ponto 1. Os elementos Cr, Cu, Ni e Zn tendem ao mesmo comportamento que Sr, permanecendo solubilizados, e apresentaram concentrações maiores nos pontos 2 e 4, comparando-se com os demais pontos dessa bacia. Isso pode estar relacionado aos efluentes industriais de galvanotécnicas presentes na região de estudo¹². O elemento Pb apresentou um comportamento variado,

pois sua disponibilidade parece ser influenciada pelas condições físico-químicas do meio, como afirmado anteriormente. A drenagem pluvial provavelmente pode carrear esse elemento até os pontos de amostragem⁷.

Os pontos de amostragem 7 a 11 correspondem aos arroios pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Caí. Nesse contexto, a concentração de As foi inferior ao limite de quantificação do método no ponto 8. Para os demais pontos, sua maior concentração encontra-se na água, comparando-se ao material particulado. Essa tendência também foi observada para Cd e Sr. As condições físico-químicas dos pontos 7 e 11 podem facilitar a fixação de V no material particulado.

Os elementos Cr, Cu, Ni e Zn seguem o mesmo comportamento, comparando-se com as amostras de ambas as bacias. Deve-se ressaltar que a maior concentração de Cr encontra-se no ponto 8, enquanto que elevadas concentrações de Cu, Ni e Zn foram determinadas no ponto 9, comparando-se com os demais pontos dessa bacia. Efluentes industriais podem influenciar nessas concentrações, principalmente no ponto 9, localizado em uma área densamente urbanizada do município. Nos pontos 8 e 11, o metal Pb tende a permanecer no material particulado, apresentando concentrações maiores em comparação aos demais pontos da mesma bacia. Fertilizantes e pesticidas, bem como emissões veiculares, podem estar relacionadas às fontes antropogênicas do metal em questão nos pontos 8 e 11, respectivamente⁷.

Avaliando a concentração das espécies metálicas em todos os pontos de amostragem, pode-se sugerir que os elementos Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn podem ter origem antropogênica, principalmente nos pontos 2, 4, 8, 9, 10 e 11. Sendo assim, suas concentrações foram comparadas com a Resolução nº 357 (2005) do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)¹³, como pode ser visualizado na Tabela 6.

Tabela 6: Concentrações (mg L⁻¹) de metais de alguns pontos comparadas com a Res. CONAMA.

Metal	Ponto 2	Ponto 4	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10	Ponto 11	Classe 1	Classe 3
Cd	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	0,010
Cr	0,820	0,253	0,070	0,040	0,031	0,012	0,050	0,050
Cu	0,216	0,106	0,004	0,120	0,006	0,002	0,009	0,013
Ni	0,600	0,110	0,010	0,059	0,007	0,004	0,025	0,025
Pb	0,011	0,012	0,013	0,007	0,006	0,012	0,010	0,033
Zn	0,147	0,596	0,018	0,300	0,183	0,081	0,180	5,000

Ao observar tal comparação, pode-se perceber que os Arroios Tega e Pinhal (pontos 2, 4 e 9, respectivamente) podem ser classificados como Classe 4, considerando a maioria das espécies metálicas abordadas. Já os Arroios Pena Branca, Pinhal e Belo (pontos 8, 10 e 11, respectivamente) poderiam se enquadrar na Classe 1. Sugere-se, portanto, que os arroios relacionados aos pontos 2, 4 e 9 têm a qualidade de suas águas bastante comprometida devido, provavelmente, às atividades antrópicas realizadas na área densamente urbanizada de Caxias do Sul.

CONCLUSÕES

A determinação de algumas espécies metálicas em amostras de água superficial auxiliou em uma avaliação preliminar de suas concentrações em alguns arroios que drenam o município de Caxias do Sul. Dentre os arroios analisados que constituem a Bacia Hidrográfica dos Rios Taquari-Antas, o Arroio Tega apresentou concentrações elevadas de Cr, Cu, Ni e Zn. Já em relação aos arroios da Bacia Hidrográfica do Rio Caí, o Arroio Pinhal também apresentou concentrações elevadas de Cu, Ni e Zn, enquanto que elevadas concentrações de Pb foram quantificadas nos Arroios Pena Branca e Belo. Efluentes industriais podem estar influenciando a qualidade dos Arroios Tega e Pinhal, enquanto fertilizantes, pesticidas e emissões veiculares podem estar atrelados à origem antropogênica de contaminantes para os Arroios Pena Branca e Belo. Portanto, esse estudo permitiu um levantamento prévio das possíveis fontes de espécies metálicas carregadas aos arroios constituintes das duas Bacias Hidrográficas que drenam Caxias do Sul. Além disso, a abordagem de parâmetros físico-químicos auxiliou o estudo, principalmente, no que diz respeito a sua influência sobre o comportamento das espécies metálicas supracitadas. Finalmente, a comparação realizada com os dados fornecidos pela Resolução nº 357 do CONAMA sugeriu um comprometimento significativo da qualidade das águas dos Arroios Tega e Pinhal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAIN, M.B.; KAZI, T.G.; JAMALI, M.K.; JALBANI, N.; AFRIDI, H.I.; SHAH, A. Total dissolved and bioavailable elements in water and sediment samples and their accumulation in *Oreochromis mossambicus* of polluted Manchar Lake. *Chemosphere*, 70. p. 1845-1856, 2008.
2. FRIZZO, E.E.; EKMAN, M. do C.S. Plano Diretor de Esgotamento Sanitário de Caxias do Sul. 2002. Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br/Documentos/ASSEMAE/Trab_101.pdf>. Acesso em: 4 mai. 2011.
3. RODRIGUES, M.L.K. Diagnóstico da poluição por elementos-traço no sedimento da Bacia Hidrográfica do Rio Caí (RS). Dissertação (Mestrado). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 124 p., 1997.
4. CAMPOS, M.L.A.M.; BENDO, A.; VIEL, F.C. Métodos de baixo custo para purificação de reagentes e controle da contaminação para a determinação de metais traços em águas naturais. *Química Nova*, 25 (5). p. 808-813, 2002.
5. ESTEVES, F. De A. Fundamentos de Limnologia. ed. 2. Rio de Janeiro: Interciência. 602 p., 1998.
6. ARGENTA, G.; KORMANN, T.C.; ROBAINA, L.E. de S. Levantamento da ocorrência de desastres naturais no município de Caxias do Sul – RS. In: *Anais Eletrônicos do XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. Viçosa: UFV, 11 p., 2009.
7. FONTENELE, A.P.G.; PEDROTTI, J.J.; FORNARO, A. Avaliação de metais traços e íons majoritários em águas de chuva na cidade de São Paulo. *Química Nova*, 32 (4), p. 839-844, 2009.
8. SIGG, L. Partitioning of metals to suspended particles. In: Allen, H. E.; Garrison, A. W.; Luther III, G. W. (Ed), *Metals in surface waters*. Chelsea: Ann Arbor Press, p. 221-239, 1998.
9. TEMPLETON, D.M.; ARIESE, F.; CORNELIS, R.; DANIELSSON, L.G.; MUNTAU, H.; van LEEUWEN, H.P.; ŁOBÍŃSKI, R. Guidelines for terms related to chemical speciation and fractionation of elements. Definitions, structural aspects, and methodological approaches. *Pure Appl. Chem.* 72, p. 1453-1470, 2000.
10. SODRÉ, F.F. Especificação do cobre em águas naturais: influência de fatores associados à urbanização. Tese (Doutorado). Curitiba: Universidade Federal do Paraná (UFPR), 165 p., 2005.
11. FRANK, H.T.; FORMOSO, M.L.L.; GOMES, M.E.B. Minerais secundários na Formação Serra Geral (Bacia do Paraná). In: *Resumos da I Semana Acadêmica dos Alunos de Pós-Graduação em Geociências*. Porto Alegre: UFRGS, p. 55-58, 2006.
12. PADIAL, P.R. Qualidade, heterogeneidade espacial e biodisponibilidade de metais no sedimento de um reservatório tropical urbano eutrofizado (Reservatório Guarapiranga, SP). Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 109 p., 2008.
13. CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2011.