

# AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA DA REGIÃO DE SANTO ANDRÉ

Maria Nogueira Marques<sup>1</sup>, Marycel Elena Barboza Cotrim<sup>2</sup>, Tânia Grigoletto<sup>3</sup>, Elizabeth Sonoda Keiko Dantas<sup>4</sup>, Cristina Sisti<sup>5</sup>, Caio Cezar Martins Santini<sup>6</sup>, Reinaldo Esteves de Mendonça<sup>7</sup>, Maria Aparecida Faustino Pires<sup>8</sup>

**Abstract** — *The main objective has focused on the evaluation of the water quality supplied by the water treated distributed from the SEMASA in Santo André - SP. Twenty eight water samples were analyzed by ICP-OES, AAS and Ion Chromatography for 30 elements. Metals and ions which were analyzed are: Ag, Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Ca, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sn, V, Zn, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, F and Cl. The sampling period covered June 2005 to March 2006. Fourteen elements determined were: Ag, Al, Ba, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, Zn, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, F and Cl. The concentrations of these elements were compared to the Brazilian Drinking Water Standard (Legislation - Portaria n°518/MS/04) which has shown that the levels of all these elements were below the maximum allowed concentration of the Brazilian Legislation.*

**Index Terms** — *Drinking water, ions, metals, water quality.*

## INTRODUÇÃO

A poluição das águas tem como origem diversas fontes, dentre as quais se destacam os efluentes domésticos; os efluentes industriais e a carga difusa urbana e agrícola. Essas fontes estão associadas ao tipo de uso e ocupação do solo. Cada uma dessas fontes possui características próprias quanto aos poluentes que carregam [1].

A ação antrópica sobre o meio aquático é responsável pela maioria das alterações nos recursos hídricos. Os rios vêm sendo depositários de rejeitos por muitos anos, alterando profundamente o estado normal do meio aquático. As alterações da qualidade da água representam uma das

maiores evidências do impacto da atividade humana sobre a biosfera [2].

Entre os diversos contaminantes, os metais têm contribuído de forma significativa para a poluição ambiental transformando-se numa perigosa classe de contaminantes, uma vez que a intervenção humana na geração e utilização, como subprodutos de atividades industriais, tem criado graves problemas, em escala local e global levando a um estresse da natureza, associado aos seus efeitos crônicos à saúde humana [3].

Os metais podem ser introduzidos nos sistemas aquáticos como resultados de processos naturais, como intemperismo, erosão e erupções vulcânicas, bem como por uma série de atividades praticadas pelo homem [4]. Na água os metais podem estar presentes nas formas particuladas, coloidal e dissolvida, sendo constantemente redistribuídos entre estas fases durante o transporte [5].

Na coluna d'água os teores de metais dissolvidos tendem a variar por várias ordens de magnitudes ao longo do tempo, o que se deve ao grande número de variáveis envolvidas na sua dinâmica, tais como variações diárias e sazonais de pH e condições redox [6]. Apesar de tais variações, a determinação das concentrações dos metais dissolvidos na água constitui uma ferramenta útil na avaliação do grau de contaminação de um determinado ecossistema e tem sido utilizada por diferentes pesquisadores [5, 7, 8, 9, 10, 11].

A toxicidade dos metais é uma questão de dose ou tempo de exposição, da forma física ou química do elemento e da via de administração. Os níveis máximos permitidos pelos órgãos de controle ambiental, CONAMA (Comissão

<sup>1</sup> Maria Nogueira Marques, CQMA - IPEN/CNEN-SP – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Av. Prof. Lineu Prestes, n° 2242 – Cidade Universitária – CEP: 005508-000. São Paulo – SP – Brasil, mmarques@ipen.br.

<sup>2</sup> Marycel Elena Barboza Cotrim, CQMA - IPEN/CNEN-SP – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Av. Prof. Lineu Prestes, n° 2242 – Cidade Universitária – CEP: 005508-000. São Paulo – SP – Brasil, mecotrim@ipen.br.

<sup>3</sup> Tânia Grigoletto, CQMA - IPEN/CNEN-SP – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Av. Prof. Lineu Prestes, n° 2242 – Cidade Universitária – CEP: 005508-000. São Paulo – SP – Brasil, tgrigole@ipen.br.

<sup>4</sup> Elizabeth Sonoda Keiko Dantas, CQMA - IPEN/CNEN-SP – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Av. Prof. Lineu Prestes, n° 2242 – Cidade Universitária – CEP: 005508-000. São Paulo – SP – Brasil, esdantas@ipen.br.

<sup>5</sup> Cristina Sisti, CQMA - IPEN/CNEN-SP – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Av. Prof. Lineu Prestes, n° 2242 – Cidade Universitária – CEP: 005508-000. São Paulo – SP – Brasil, crisisti@ipen.br.

<sup>6</sup> Caio Cezar Martins Santini, CQMA - IPEN/CNEN-SP – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Av. Prof. Lineu Prestes, n° 2242 – Cidade Universitária – CEP: 005508-000. São Paulo – SP – Brasil, caio\_santini@hotmail.com.

<sup>7</sup> Reinaldo Esteves de Mendonça, SEMASA – Serviço Municipal de Saneamento ambiental de Santo André – Rua Paulo Novais, n° 391 – CEP: 09172-420 – Santo André – SP – Brasil, reinalem@semasa.sp.gov.br.

<sup>8</sup> Maria Aparecida Faustino Pires, CQMA - IPEN/CNEN-SP – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Av. Prof. Lineu Prestes, n° 2242 – Cidade Universitária – CEP: 005508-000. São Paulo – SP – Brasil, mapires@ipen.br.

Nacional do Meio Ambiente), EPA (Environmental Protection Agency, EUA) e WHO (World Health Organization, ONU), quanto à qualidade da água variam entre si, sendo as diferenças reflexos do potencial toxicológico do metal e da qualidade ambiental de cada país [12].

No Brasil quem estabelece os padrões de potabilidade de água para o abastecimento público no território nacional é a Portaria nº518/MS/04. Esta portaria é bem abrangente, pois aborda temas como controle e gerenciamento de mananciais, controle de cianobactérias, controle de compostos inorgânicos e orgânicos e substâncias que afetam a qualidade organoléptica da água. Atualmente são controlados 21 compostos inorgânicos entre metais e ânions [13]. Quando comparada à legislação de outros países, o Brasil de certo modo tem seus limites alinhados e, em alguns casos, é mais restritivo.

A Tabela I relaciona os padrões de qualidade da água, para as espécies químicas inorgânicas, estabelecidos por diferentes instituições governamentais para o padrão de potabilidade.

## PARTE EXPERIMENTAL

### Área de Estudo

Este estudo centrou-se no conhecimento da dinâmica da qualidade da água produzida em uma área piloto, a estação de tratamento de água - Guarará, Município de Santo André, operada pelo Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André – SEMASA.

O município de Santo André situa-se na porção sudeste do Estado de São Paulo (Figura 1) abrangendo uma área total de 174,38 Km<sup>2</sup>, com uma população 665.923 habitantes. A população atendida pela rede de água é de 98% e pela rede de esgoto é de 96%. Extensão da rede de água em 2001: 1.723.765 m e de esgoto: 1.039.612 m.

Construída em 1943 e tombada pelo patrimônio, a estação de tratamento de água Guarará, é operada pelo Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André – SEMASA, responsável pela distribuição de toda água do município. Atende a uma população de 31 mil habitantes, correspondendo a 5% do município de Santo André. O município possui 21 centros de reservação, todos operacionalizados por uma estação de telemetria.

A ETA Guarará é uma estação compacta de tratamento de águas que também desempenha um papel educativo junto às escolas e comunidades em geral. A captação superficial da água para a ETA é realizada no Manancial do Pedroso.



FIGURA. 1

LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO SANTO ANDRÉ, ESTADO DE SÃO PAULO

TABELA I

COMPARAÇÃO DOS VALORES MÁXIMOS PERMISSÍVEIS, DAS ESPÉCIES QUÍMICAS INORGÂNICAS, ESTABELECIDOS POR DIFERENTES INSTITUIÇÕES GOVERNAMENTAIS.

Espécies químicas	Portaria nº518/04 (mgL <sup>-1</sup> )	D. Estadual/SP nº12486/78 (mgL <sup>-1</sup> )	WHO 1995 (mgL <sup>-1</sup> )	EPA 2003 (mgL <sup>-1</sup> )
Antimônio	0,005	-	0,005	0,006
Arsênio	0,01	0,05	0,01	0,01
Bário	0,7	1,0	0,7	2,0
Berílio	-	-	-	0,004
Boro	-	-	0,3	-
Bromato	0,025	-	0,025	0,01
Cádmio	0,005	0,01	0,003	0,005
Chumbo	0,01	0,05	0,01	0,015
Cianetos	0,07	0,2	0,07	0,2
Cromo VI	-	0,05	-	-
Cromo total	0,05	-	0,05	0,1
Clorito	0,2	-	0,2	1,0
Cloro residual	3 (NH <sub>2</sub> Cl)	0,3	0,6-1,0	4,0
Cloro res. livre	5,0	-	-	4,0
Fluoretos	1,5	1,0	1,5	4,0
Mercurio	0,001	-	0,001	0,001
Nitratos	10,0	10,0	50,0	10,0
Nitritos	1,0	-	3,0	1,0
Oxigênio cons.	-	2,5	-	-
Prata	-	-	-	0,1
Selênio	0,01	0,01	0,01	0,05
Tálio	-	-	-	0,002
Urânio total	-	-	-	0,03
Afetam a qualidade organoléptica				
Alumínio	0,2	-	0,2	0,05-0,2
Amônia (NH <sub>3</sub> )	1,5	-	1,5	-
Cloretos	250	250	250	250
Cobre	2,0	1,0	1,0	1,0
Dureza (CaCO <sub>3</sub> )	500	-	500	-
Ferro total	0,3	0,3	0,3	0,3
Manganês	0,1	0,05	0,1	0,05
Sódio	200	-	200	-
Sulfato	250	250	250	250
Zinco	5,0	5,0	3,0	5,0

### Coleta das amostras

As amostras de água tratada foram coletadas na própria estação de tratamento de água, na saída da distribuição da ETA. O período de coleta das amostras foi de junho de 2005 a março de 2006.

Para a determinação de metais, imediatamente após a coleta as amostras foram preservadas com HNO<sub>3</sub> 1:1, supra-pur até pH<2. As amostras foram coletadas em frascos de polietileno com capacidade de 250mL, previamente descontaminados, e preservadas sob refrigeração a 4°C.

Para a determinação de ânions, as amostras foram coletadas em frascos de polietileno com capacidade de 250mL, previamente descontaminados, e preservadas sob refrigeração a 4°C.

Após as coletas, as amostras foram encaminhadas aos laboratórios do CQMA – IPEN/CNEN-SP para análise.

### Metodologia

As amostras foram filtradas em membranas de 0,45µm, e armazenadas a 4°C até análise.

As espécies iônicas  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$  foram determinadas por cromatografia de íons (CI). O equipamento utilizado foi um cromatografo de íons Dionex, DX-120, equipado com sistema supressor auto-regenerante e detector de condutividade.

Dos 25 metais analisados, 18 elementos (Ag, Al, B, Ba, Co, Cr, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Sn, V e Zn) foram analisados pro espectrometria de emissão com fonte de plasma induzido (ICP-OES). O equipamento utilizado foi Spectro Flame M 120 E – Spectro, com tocha axial, que dispõe de recursos em seu programa que possibilitam uma escolha criteriosa das linhas de emissão a serem utilizadas para cada elemento.

Os elementos Hg, Se, As, Sb, Pb, e Cd foram determinados por espectrometria de absorção atômica (AAS). Sendo os elementos Pb, Cd, Sb e Se determinados por forno de grafita, o Hg com atomização por geração de vapor frio e o As por geração de hidreto. O equipamento utilizado foi um Espectrômetro de Absorção Atômica Analyst 800 – Perkin Elmer.

Os dados obtidos nos resultados das análises foram tratados estatisticamente no software Statistica 7.0, Statsoft 2004.

### Resultados e Discussão

Em relação às trinta espécies químicas avaliadas, não foi observada a distribuição para as espécies químicas: As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, V e  $\text{PO}_4^{3-}$ , pois os limites de quantificação das técnicas utilizadas foram fatores limitantes para determinação destas espécies químicas. Limites estes bem menores que os valores máximos permitidos pela Portaria n°518/MS/04, como mostra a Tabela II.

Entre as espécies químicas não quantificadas encontram-se metais muito tóxicos e relativamente acessíveis, tais como: As, Cd, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se e Sn, segundo Lemes (2001).

A Tabela II apresenta o limite de quantificação e as técnicas utilizadas para determinação das espécies químicas avaliadas.

Observou-se distribuição para 14 dos 30 espécies químicas avaliadas, são elas: Ag, Al, Ba, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, Zn e os ânions  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ . Apresenta-se a seguir uma estatística descritiva dos resultados obtidos no período do monitoramento. A Tabela III apresenta a faixa de distribuição, a média e o desvio padrão das espécies químicas nas 28 amostras de água tratada, assim como os limites estabelecidos pela Portaria n°518/MS/04.

Observa-se que todas as espécies químicas controladas pela Portaria apresentaram uma faixa de concentração de valores menores que os valores máximos permitido.

**TABELA II**

LIMITES DE QUANTIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE ICP-OES, AAS E CI PARA AS ESPÉCIES QUÍMICAS INORGÂNICAS AVALIADAS.

Espécies químicas	Técnicas	Unidade	Limites de quantificação
Ag	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,005
Al	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,002
As	AAS	mgL <sup>-1</sup>	0,001
B	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,003
Ba	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,0003
Cd	AAS	mgL <sup>-1</sup>	0,0001
Co	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,05
Cr	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,03
Ca	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,006
Cu	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,01
Fe	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,02
Hg	AAS	mgL <sup>-1</sup>	0,0008
K	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,001
Mg	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,006
Mn	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,007
Mo	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,02
Na	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,002
Ni	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,02
P	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,02
Pb	AAS	mgL <sup>-1</sup>	0,001
Sb	AAS	mgL <sup>-1</sup>	0,001
Se	AAS	mgL <sup>-1</sup>	0,001
Sn	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,02
V	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,01
Zn	ICP-OES	mgL <sup>-1</sup>	0,003
F <sup>-</sup>	IC	ngmL <sup>-1</sup>	25
Cl <sup>-</sup>	IC	ngmL <sup>-1</sup>	25
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	IC	ngmL <sup>-1</sup>	50
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	IC	ngmL <sup>-1</sup>	25
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	IC	ngmL <sup>-1</sup>	200

**TABELA III**

ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS ESPÉCIES QUÍMICAS PRESENTES NAS AMOSTRAS DE ÁGUA TRATADA, BEM COMO OS LIMITES ESTABELECIDOS PELA PORTARIA N°518/MS/04.

Espécies químicas	Faixa de concentração (mgL <sup>-1</sup> )	Média (mgL <sup>-1</sup> )	Desvio Padrão (mgL <sup>-1</sup> )	Portaria n°518/04 (mgL <sup>-1</sup> )
Ag	0,0030-0,0217	0,0040	0,0036	-
Al	0,0377-0,1820	0,0595	0,0288	0,2
Ba	0,0001-0,1450	0,0121	0,0267	0,7
Ca	9,83-20,70	12,9	3,0552	500
Cl <sup>-</sup>	6,47-11,40	8,49	0,9969	250
F <sup>-</sup>	0,52-0,89	0,70	0,0838	1,5
Fe	0,01-0,26	0,11	0,1136	0,3
K	0,266-0,688	0,4685	0,1043	-
Mg	1,07-1,75	1,34	0,1777	-
Na	1,26-3,10	2,45	0,6084	200
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,17-1,87	0,84	0,3155	10
P	0,0070-0,0803	0,0329	0,0257	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2,5-15,1	6,99	2,1953	250
Zn	0,0030-0,0216	0,0049	0,0045	5

n = 28 amostras de água tratada.

Analisando os gráficos de box-plot, apresentado na Figura 2, pode-se classificar as espécies químicas Ca, Cl<sup>-</sup>, Mg, Na e  $\text{SO}_4^{2-}$  como majoritários, pois apresentaram concentrações acima de 1mgL<sup>-1</sup>. As espécies químicas Ag, Al, Ba, Fe, K, P, Zn,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{F}^-$  podem ser classificadas como minoritárias por apresentarem uma distribuição com valores menores que 1mgL<sup>-1</sup>.

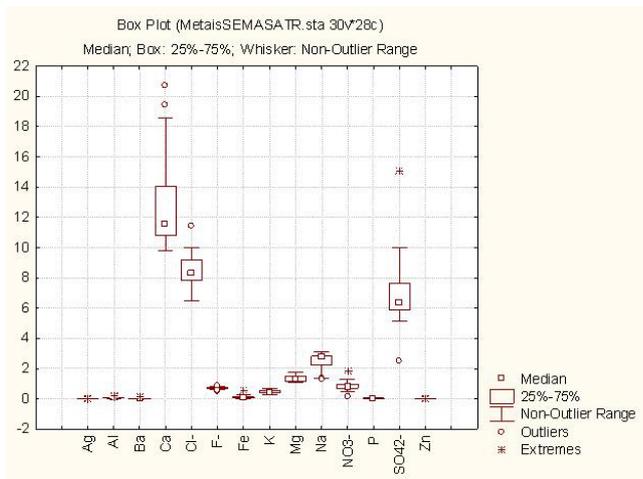


FIGURA. 2

DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES QUÍMICAS DETERMINADAS NA ÁGUA TRATADA.

Para avaliar melhor esta relação entre espécies químicas encontradas e as distribuições das concentrações determinadas construiu-se um dendrograma de distâncias Euclidianas, apresentado na Figura 3.

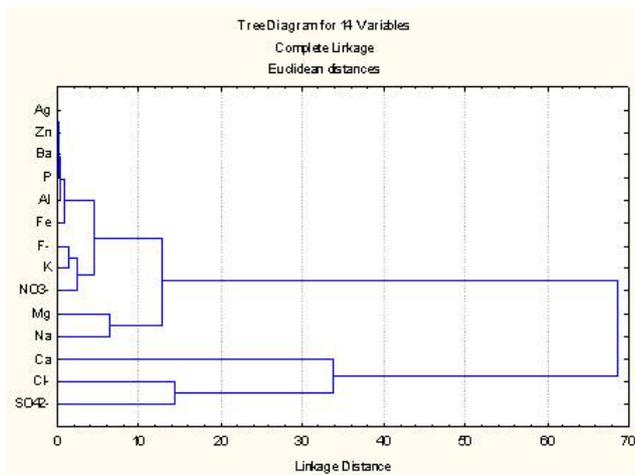


FIGURA. 3

DENDROGRAMA DAS ESPÉCIES DETERMINADAS NA ÁGUA TRATADA EM RELAÇÃO AS SUAS CONCENTRAÇÕES.

O dendrograma mostra três grupos de espécies químicas: um grupo formado pelas espécies minoritárias, e outros dois grupos formados pelas espécies majoritárias, sendo um formado pelas espécies Na e Mg e outro formado pelas espécies Ca, Cl e  $SO_4^{2-}$ . No último grupo as espécies apresentaram uma distribuição de concentrações acima de  $2 \text{ mgL}^{-1}$  e provavelmente a sua presença na água tratada está associada aos insumos utilizados no tratamento da água.

## CONCLUSÃO

A avaliação da qualidade da água mostrou que o tratamento realizado na ETA de Guarará pela SEMASA é eficiente. Das

30 espécies químicas (metais e ânions) analisadas somente 14 foram detectadas e quantificadas, sendo os metais Ag, Al, Ba, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, Zn e os ânions  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $F^-$ ,  $Cl^-$ . Dessas, dez são controladas pela Portaria n°518/MS/04 e todas estão abaixo dos valores máximos permitíveis. Foram consideradas espécies majoritárias as espécies que apresentaram concentrações acima de  $1 \text{ mgL}^{-1}$ . Dessas, as espécies Ca, Cl,  $SO_4^{2-}$ , provavelmente, são provenientes dos insumos utilizados no tratamento da água.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IPEN/CNEN-SP pela viabilização desta pesquisa, à SEMASA pelo apoio logístico e à FAPESP pelo apoio financeiro – projeto PIPE n°04/02506-0.

## REFERÊNCIAS

- [1] – Lemes, M. J. L., “Avaliação de metais e elementos-traços em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo, São Paulo”, *Dissertação de Mestrado*, IPEN/CNEN-SP, 2001.
- [2] – Porto, R. L. L. et al., “Hidrologia Ambiental”, *livro*, 3ª ed. Edusp, São Paulo, 1991, 414p.
- [3] – Brayner, F. M. N., “Determinação de taxas de retenção de metais-traços por sedimentos orgânicos em um viveiro de piscicultura em área estuarina e urbana”, *Tese de doutorado*, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1998.
- [4] – Foster, R. B.; Bates J. M., “Heavy metals in the hydrological cycle: trends and explanation”, *Hydrological Processes*, 10, 1996, 227-261.
- [5] – Cotrim, M. E. B., “Avaliação da qualidade da água na bacia hidrográfica do Ribeira de Iguape com vistas ao abastecimento público”, *Tese de Doutorado*, IPEN/CNEN-SP, 2006.
- [6] – Forstner, U.; Wittman, G. T. H., “Metal pollution in the aquatic environment”, *Springer-Verlag*, 1983, 486.
- [7] – Garbadino, J. R., et al., “Heavy metals in the Mississippi River”, *Reston: US Geological Survey*, 1995, (Circular, 1133).
- [8] – Hurley, P. J. et al., “Influences of water shed characteristic on mercury levels in Wisconsin rivers”, *Environmental Science and Technology*, 29, 1995, 1867-1875.
- [9] – Asubiojo, O. I. et al., “Trace elements in drinking water and groundwater samples in Southern Nigéria”, *The Science of the Total Environment*, 208, 1997, 1-8.
- [10] – Matrini, J. A. et al., “Mercury concentrations in surface waters from fluvial systems draining historical precious metals mining áreas in southeastern U.S.A.”, *Applied Geochemistry*, 14, 1999, 147-158.
- [11] – Katsuóka, L., “Avaliação do Impacto da Atividade Agropecuária na Qualidade da Água em Áreas de Captação Superficial nas Bacias Hidrográficas dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo, São Paulo”, *Tese de Doutorado*, IPEN/CNEN-SP, 2001.
- [12] – Pires, M. A. F.; Cotrim, M. E. B., “Modelagem Diagnóstica e Prognóstica da qualidade da água em áreas de captação”, *Relatório técnico-científico – PADCT/FINEP*, 2000.
- [13] – Marques, M. N., “Avaliação do impacto de agrotóxicos em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, São Paulo. Uma contribuição à análise crítica da legislação sobre o padrão de potabilidade”, *Tese de Doutorado*, IPEN/CNEN-SP, 2005.