

ISSN 1806-4051
Vol. 7 - no. 1 - (jan./jun. 2010)

Regga

REVISTA DE GESTÃO DE ÁGUA DA AMÉRICA LATINA
REVISTA DE GESTION DEL AGUA DE AMERICA LATINA





EDITORES EXECUTIVOS

Carlos E. M. Tucci, IPH, UFRGS, Brasil
Andrei Jouravlev, CEPAL, Chile
Antônio Domingues Benetti, IPH, UFRGS, Brasil
Walter Collischonn, IPH, UFRGS, Brasil

EDITORES ASSOCIADOS

Adalberto Meller
Adilson Pinheiro
Adriano Fontainhas Bandeira
Adriano Rolim da Paz
Alex Santana
Adolfo Villanueva
Armando Bertranou
Armando Pires
Bruno Collischonn
Carlos Depettris
Carlos Nobuyoshi Ide
Carlos Ruberto Fragozo Junior
Christopher Freire Souza
Cleuda Freire
Cristiano Poletto
Cristina Pachcoalato
Cristóvão Scapulatempo Fernandes
Daniel Allásia Piccilli
Daniela Costa Bemfica
Dante Gama Larentis
Diego Polacchini Carrillo
Dieter Wartchow
Diogo Costa Buarque
Eduardo Von Sperling
Eneas de Souza Machado
Francisco Lobato
Fernán Vergara

Fernando Falco Pruski
Fernando Meirelles
Francisco Assis de Souza Filho
Francisco Bragança de Souza
Francisco Forgiarini
Geraldo Lopes da Silveira
Gino Gehling
Giuliano Marcon
Ingrid Illich Muller
Jaime Cabral
Jair Koppe
Janine F. Haase
Joel Avruch Goldenfum
José Antonio Louzada
José Carlos Mierzwa
José Luiz Flores Machado
José Nilson B. Campos
Jorge Victor Pilar
Julio Gomes
Juan Carlos Bertoni
Juan Martin Bravo
Jussara Cabral Cruz
Lafayette Dantas da Luz
Lauro Beltrão
Lucia Helena Ribeiro Rodrigues
Luciano Meneses C. da Silva
Luis Alcides Miranda

Luiz Fernando Cybis
Márcia Maria Rios Ribeiro
Márcio B. Baptista
Marcos Imério Leão
Marcos Tozzi
Maria do Carmo Gastaldini
Maria Lucia Silva
Mario Luiz Damé Wrege
Marllus Gustavo Passos das Neves
Masato Kobiyama
Mauro Naghettini
Miriam Moro Mine
Mônica Porto
Néstor Aldo Campana
Nídio Barni
Ninon Machado
Pierre Chevallier
Rafael Souza
Roberto Kirckhheim
Rogerio Dewes
Rutinéia Tassi
Sidnei Gusmão Agra
Teresinha Guerra
Wilson Cabral de Souza Junior
Yvonilde Dantas P. Medeiros

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA

ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos
Av. Bento Gonçalves, 9500 – IPH/UFRGS
Caixa Postal 15029
CEP 91501-970 – Porto Alegre, RS, Brasil
Fone: (51) 3493-2233 / 3308-6652
Fax: (51) 3493 2233
E-mail: rega@abrh.org.br

IMPRESSÃO

Editora Evangraf
Rua Waldomiro Schapke, 77 – Porto Alegre, RS
Fone (51) 3336-0422

CAPA / PLANEJAMENTO GRÁFICO / EDITORAÇÃO
Carla M. Luzzatto e Fernando Piccinini Schmitt

Rega / Associação Brasileira de Recursos Hídricos. – Vol. 7,
no. 1 (jan./jun. 2010) –
Porto Alegre - ABRH/Brasil, 2009 –
v.

Semestral
ISSN 1806-4051

1. Recursos hídricos. I. Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

CDU 556.18

PUBLICAÇÃO SEMESTRAL

Pede-se permuta . We demand exchange. Se pide permuta.

Rega

Rega é uma revista proposta pelo GWP Global Water Partnership da América do Sul e conta com a parceria de várias entidades nacionais e regionais na área de recursos hídricos, entre elas: CEPAL, BID, Banco Mundial, ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, IARH - Instituto Argentino de Recursos Hídricos, RedeCap-Net Argentina, APRH - Associação Paraguaia de Recursos Hídricos, Sociedade Brasileira de Limnologia, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, Organização dos Estados Americanos e RIGA - Red de Investigación y Gestión Ambiental de la Cuenca del Plata.

Os objetivos da revista são de divulgar o conhecimento adquirido nas Américas sobre a Gestão Integrada de Recursos Hídricos. Considera-se importante a troca de informações entre os diferentes atores na área de recursos hídricos: técnicos, decisores de governo e instituições privadas, membros de comitê e agências de bacias, usuários de águas, etc.

Os principais aspectos enfatizados são os seguintes: - resultados comparativos e experiências sobre políticas públicas em recursos hídricos; - estudos sobre a cadeia produtiva dos diferentes setores de recursos hídricos; - gerenciamento integrado dos recursos hídricos dentro de uma visão interdisciplinar; - aspectos institucionais e de gestão de recursos hídricos e meio ambiente; - setores usuários da água e impactos sobre a sociedade.

Rega es una revista propuesta por la GWP-Global Water Partnership de América del Sur, y cuenta con el apoyo de varias entidades nacionales y regionales en el área de recursos hídricos, entre ellas: CEPAL, BID, Banco Mundial, ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, IARH - Instituto Argentino de Recursos Hídricos, Red Cap-Net Argentina, APRH - Asociación Paraguaya de Recursos Hídricos, Sociedade Brasileira de Limnologia, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Organización de los Estados Americanos y RIGA - Red de Investigación y Gestión Ambiental de la Cuenca del Plata.

El objetivo de la revista es divulgar el conocimiento adquirido en las Américas sobre la Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Se considera importante el intercambio de información entre los diferentes actores en el área de Recursos Hídricos: técnicos, tomadores de decisiones del gobierno y de instituciones privadas, miembros de comités y agencias de cuenca, usuarios de recursos hídricos, etc.

Los principales aspectos enfatizados son los siguientes: - resultados comparativos y experiencias sobre políticas públicas en recursos hídricos; - influencia económica de los recursos hídricos sobre las cadenas productivas; - gestión y gerenciamento integrado de recursos hídricos dentro de una visión interdisciplinaria; - aspectos institucionales y de gestión de recursos hídricos y medio ambiente; - sectores usuarios del agua e impactos sobre la sociedad.



Regga

REVISTA DE GESTÃO DE ÁGUA
DA AMÉRICA LATINA
REVISTA DE GESTIÓN DEL AGUA
DE AMERICA LATINA

Vol.7 - N.1 - Jan./Jun. 2010

O processo de outorga de direito de uso de recursos hídricos superficiais no Rio Grande do Sul: contribuições para o aprimoramento / **5**
Leticia Coradini Frantz e Jussara Cabral Cruz

Integração entre a educação ambiental e a cobrança pelo uso da água como meio de racionalização do consumo / **17**
Francisco Rossarolla Forgiarini, Roger Vigley Girard, Janete Teresinha Reis e André Luiz Lopes da Silveira

Monitoramento das Águas Subterrâneas e Lixiviado do Local de Disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Passo Fundo - RS / **29**
Márcia Helena Beck, Eduardo Pavan Korf, Viviane Rocha dos Santos, Antonio Thomé e Pedro Alexandre Varella Escosteguy

Balneabilidad comparada de dos sitios del Arroyo del Azul (Partido de Azul, Prov. de Buenos Aires, Argentina) por analisis de riesgo a la salud / **45**
Fabio Peluso, José Gonzalez Castelain, Lorena Rodríguez e Sebastián Jaime

Analysis of basic sanitation in Brazil and its impact on water resources and health / **61**
Giuliano Marcon e Arlindo Philippi Jr.

O processo de outorga de direito de uso de recursos hídricos superficiais no Rio Grande do Sul: contribuições para o aprimoramento

Letícia Coradini Frantz
Jussara Cabral Cruz

RESUMO: A escassez da água é um dos principais problemas que o homem terá que enfrentar no século XXI. O grande desafio atual é atender à crescente demanda de água, e, ao mesmo tempo, preservar o recurso que tende à escassez. A outorga de direitos de uso de recursos hídricos pode ser um dos meios para solucionar essas questões. Pode ser definida como um instrumento em que o poder público confere o direito de uso do recurso a um ente público ou privado, considerando a quantidade, a finalidade de uso e o tempo a ser utilizado. No estado do RS, a legislação referente à outorga foi aprovada no ano de 1994, no entanto, o instrumento começou a ser implantado, de fato, no ano de 1999 pelo Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e apresenta uma série de deficiências. Dentro desse contexto, o presente estudo realiza uma análise crítica do processo de outorga de direitos de uso de recursos hídricos no RS.

PALAVRAS-CHAVE: outorga de direitos de uso de recursos hídricos, gestão de recursos hídricos

ABSTRACT: Water scarcity is one of the main problems the world will have to deal with in the twentieth-first century. The great current challenge is to attend to the increasing water demand and, parallelly, preserve the resource which will be scarce. The Grant of water use can be one way of solving these matters. The grant can be defined as an instrument through which public power awards a public or private being the right of using water resources, considering the quantity, the purpose of use and the period to be used. In the state of Rio Grande do Sul, the legislation of Grant was approved in 1994, however, the instrument, which presents a number of deficiencies, was established in 1999 by the Department of Hydric Resources of the State Secretary of Environment. Considering this context, the present study makes a critical analysis of the process of grant of water use in the state of Rio Grande do Sul.

KEYWORDS: grant of water use, management of water resources

INTRODUÇÃO

A Declaração Universal dos Direitos da Água, elaborada pela Organização das Nações Unidas (ONU), afirma que “[...] a água não é somente herança de nossos predecessores; ela é, sobretudo, um empréstimo aos nossos sucessores. Sua proteção constitui uma necessidade vital, assim como a obrigação moral do homem para com as gerações presentes e futuras” (Organização das Nações Unidas, 1992). No entanto, a escassez da água é um dos principais problemas que o homem terá que enfrentar no século XXI. O grande desafio atual é atender à crescente demanda de água, e, ao mesmo tempo, preservar o recurso que tende à escassez.

Para atingir esses objetivos, é necessário gerenciar os recursos naturais, destacando-se entre eles aquele

essencial à boa qualidade de vida, ou seja, a **água**. Uma das maneiras de administrar esse recurso é a outorga de direito de uso de recursos hídricos.

A outorga é um dos instrumentos de gestão de recursos hídricos, prevista na Legislação Federal, conforme Lei Federal nº 9.433/1997, podendo ser definida como um instrumento em que o poder público confere o direito de uso do recurso a um ente público ou privado, considerando a quantidade, qualidade, a finalidade de uso e o tempo a ser utilizado. Leal (1997) acrescenta que a outorga de direito de uso consiste na autorização de utilização de determinado recurso, concedida pelos órgãos públicos de controle. Em geral, a outorga específica a finalidade de uso, a quantidade possível de ser utilizada por um determinado tempo.

No estado do RS, a legislação referente à outorga foi aprovada no ano de 1994 de acordo com a Lei Estadual nº 10.350. Na Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988), a água é considerada um bem da União em determinadas situações, e um bem dos Estados em outras. Assim, no âmbito da União, o órgão que possui a atribuição de outorgar o direito de uso da água é a Agência Nacional de Águas (ANA), sendo que, no estado do Rio Grande do Sul, o órgão que possui essa atribuição é a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA). No RS, o instrumento começou a ser implantado, de fato, no ano de 1999 pelo Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e apresenta uma série de deficiências. Para que se possa ter um sistema de gerenciamento da água realmente eficaz, é imprescindível que o instrumento de gestão referente à outorga de direito de uso de recursos hídricos cumpra, de maneira adequada, o seu papel. Dentro desse contexto, o presente artigo apresenta uma análise crítica do processo de outorga de direito de uso de recursos hídricos no RS, por meio da sistematização do procedimento atual da outorga, da análise dos aspectos legais, da comparação com alguns estados da Federação, identificando assim sua fragilidade e apontando sugestões para sua melhoria, além de desenvolver conhecimentos a serem utilizados na implementação e sustentação de outros instrumentos de gestão, tanto de recursos hídricos quanto ambientais.

ASPECTOS LEGAIS DA OUTORGA DE DIREITO DE USO DE RECURSOS HÍDRICOS

Pompeu (1993, p. 79) afirma que:

No Brasil a Constituição Federal de 1988, praticamente publicizou todas as águas, ao reparti-las entre a União e os Estados, sem deixar espaço para a inclusão das águas municipais, das particulares e das comuns. Pelo fato de pertencerem à União e aos Estados, pessoas jurídicas de direito público, inserem na categoria de bens públicos, podendo ser principalmente, de uso comum e dominicais¹.

Por se tratar de bens públicos, a classificação das águas deve estar de acordo com o Código Civil, que “[...] oferece as coordenadas para a classificação

fundamental que informa todo nosso sistema jurídico.” (Pompeu, 1993). Sendo assim, podem ser, predominantemente, de uso comum ou dominicais, já que a categoria uso especial não se lhes aplica com facilidade.

Direito de Uso é o instituto jurídico administrativo pelo qual o poder público, União, Estados ou Distrito Federal, atribui a outrem, ente público ou privado, o direito de uso do bem público água (Barros, 2005). Os mencionados institutos do Direito Administrativo podem ser assim definidos: **a) concessão, b) autorização e c) permissão.**

No estado do Rio Grande do Sul, o decreto nº 37.033 (Rio Grande do Sul, 1996), artigo 1º indica que “[...] as águas de domínio do Estado, superficiais e subterrâneas, somente poderão ser objetos de uso após a outorga, de que tratam os artigos 29, 30 e 31 da Lei nº 10.350 de 1994.”. O Estado deve emitir licença de uso, conforme inciso I do referido decreto, quando o usuário atender às condições definidas pelos órgãos responsáveis, em função da disponibilidade quali-quantitativa da água na bacia. Já o inciso II refere-se à autorização, que deve ser emitida nos casos em que não haja as condições referidas no inciso I. No parágrafo único, refere-se aos usos da água para utilidade pública, que devem ser outorgados mediante concessão (Rio Grande do Sul, 1996).

A Constituição Federal de 1988 trata de recursos hídricos em vários artigos. Particularmente no artigo 22, inciso IV, define a competência legislativa, estabelecendo a competência privativa para legislar sobre as águas. Contudo, existe uma lei complementar que autoriza os Estados a legislar especificamente sobre as suas competências. (Brasil, 1988).

Ainda na Constituição Federal, o artigo 20 especifica os bens da União. No inciso III indica que “[...] os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias pluviais.”. Já no seu artigo 26, a Constituição inclui, entre os bens dos Estados, as águas superficiais e subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União (Brasil, 1988).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433 (Brasil, 1997a), estabelece que em situações de escassez, os usos prioritários devem ser o consumo humano e a dessedentação de animais.

¹ Bens públicos dominicais: aqueles que constituem o patrimônio da União, dos Estados ou Municípios, como objeto de direito pessoal ou real de cada uma dessas entidades, caracterizando por serem alienáveis (BARROS, 2005).

Cabe ressaltar que não considera os ecossistemas, como um desses usos, como prevê a Agenda 21 (Agenda 21, 1992). Além disso, Senra (200-) comenta que as características brasileiras levam à necessidade de uma gestão descentralizada da água, visando ao uso racional e integrado destas, à prevenção e à defesa contra eventos críticos ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. A mesma Lei, no artigo 5º, parágrafo III, definiu seis instrumentos essenciais à boa gestão dos recursos hídricos: a) os Planos de Recursos Hídricos; b) o enquadramento dos corpos da água em classes de uso, segundo os usos preponderantes da água; c) a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; d) a cobrança pelo uso de recursos hídricos; e) a compensação a municípios; f) o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Pante (2006) resalta que os planos de recursos hídricos encontram-se previstos na legislação do Rio Grande do Sul, nos artigos 26 a 28 da Lei Estadual nº 10.350/1994, mas não são explicitados como instrumentos de gestão. Da mesma forma o enquadramento dos corpos d'água das bacias em classes de uso não é citado como um instrumento de gestão, mas é mencionado na legislação (artigo 19, inciso V e artigo 20, inciso III). Já o rateio de custo de obras de uso e proteção dos recursos hídricos é um instrumento de gestão previsto na legislação gaúcha e que não consta da legislação federal.

A outorga é o mecanismo pelo qual é garantido o direito de uso da água. Arnéz (2002, p. 4) considera a cobrança como sendo um “[...] instrumento destinado a fomentar o equilíbrio entre disponibilidade e a demanda pela água, promover a redistribuição de custos sociais, financiar investimentos na bacia e ensejar a manutenção do sistema.”. E, segundo o mesmo autor, o sistema nacional de informações é destinado a construir bases de dados relativas aos recursos hídricos, alimentando a sociedade civil, gestores e usuários.

A Constituição do estado do Rio Grande do Sul de 1989 instituiu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos no artigo 171 (Rio Grande do Sul, 1989), e a Lei nº 10.350² regulamenta o artigo 171 da Constituição Estadual e estabelece, no seu artigo 29, a obrigatoriedade da outorga para os usos que alterem as condições qualitativas e quantitativas das águas superficiais ou subterrâneas. No artigo 30, esta

Lei define que “[...] a outorga de que trata o artigo 29 será condicionada às prioridades de uso estabelecidas no Plano Estadual de Recursos Hídricos e no Plano de Bacia Hidrográfica.” (Rio Grande do Sul, 1994).

Portanto, a Lei nº 10.350/1994 implantou a Política Estadual de Recursos Hídricos, colocando o Rio Grande do Sul na vanguarda de ações que envolvem o gerenciamento de recursos hídricos. A referida lei estabeleceu um processo de planejamento ágil e descentralizado, mediante adoção de instrumentos de gestão básicos. Tais instrumentos são capazes de responder eficientemente às complexas demandas originadas no ambiente dos recursos hídricos, sendo eles (Rio Grande do Sul, 1994): a) outorga de direito de uso de recursos hídricos; b) cobrança pela utilização dos recursos hídricos; e c) rateio dos custos originados no conjunto de ações necessárias ao cumprimento dos objetivos propostos pelos comitês de bacias hidrográficas, constantes de seus planos de bacia.

Em 21 de novembro de 1996, anterior à Lei Federal nº 9.433/97, foi regulamentada a outorga de direito de uso de recursos hídricos no Rio Grande do Sul, por meio do Decreto nº 37.033³.

O Decreto nº 37.033, no artigo 2º, define como uso “[...] qualquer utilização, serviço ou obra em Recurso Hídrico, independente de haver ou não retirada de água, barramento ou lançamento de efluentes, que altere seu regime ou alterem suas condições qualitativas ou quantitativas.”. No artigo 24 fica delegado ao Departamento de Recursos Hídricos (DRH) a coordenação da criação do Sistema de Informações, contendo as informações técnicas necessárias à análise e ao acompanhamento dos pedidos de outorga, cujo acesso será facultado também aos usuários da água (Rio Grande do Sul, 1996).

Cabe salientar que no parágrafo 1º do artigo 22, do Decreto nº 37.033/1996 prevê “[...] um Sistema de Consulta Permanente entre o DRH e a FEPAM⁴, instruindo o usuário e indicando o encaminhamento do requerimento de outorga de uso com descrição

² Lei nº 10.350/1994: institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos.

³ Decreto nº 37.033/1996: regulamenta a outorga do direito de uso da água no estado do Rio Grande do Sul, prevista nos artigos 29, 30 e 31 da Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994.

⁴ Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler - FEPAM é a instituição responsável pelo licenciamento ambiental no Rio Grande do Sul. Desde 1999, a FEPAM é vinculada à Secretaria Estadual do Meio Ambiente - SEMA.

detalhada das rotinas administrativas, prazos para transmissão dos requerimentos de outorga, do início ao fim do processo”. Já no segundo parágrafo, orienta que o sistema citado no parágrafo anterior deverá articular os institutos de outorga de uso e de licenciamento ambiental, de forma a se evitar a repetição de exigências e custos aos usuários, aproveitando-se sempre que possível os documentos e dados para um e outro.

A outorga não exige de obter a licença ambiental como consta no Decreto nº 37.033 do estado do Rio Grande do Sul (Rio Grande do Sul, 1996). Lanna *et al.* (2000) consideram que para o estabelecimento de restrições de uso do ambiente visando à proteção das águas e à criação de áreas de proteção e à outorga de lançamento de efluentes nos corpos hídricos, é necessário existir o licenciamento ambiental de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras.

A criação de áreas de proteção pode se referir a mananciais, no caso da água se destinar ao abastecimento, ou à proteção ambiental, quando a água se destina ao suporte de espécies de interesse ambiental. O licenciamento busca o compromisso entre as atividades econômicas e as demandas de proteção ambiental. Esse instrumento é regulado pela Resolução nº 237⁵/1997 do CONAMA (Brasil, 1997b). No Rio Grande do Sul existem as resoluções do CONSEMA nº 128 e 129/2006 (Rio Grande do Sul, 2006), a primeira trata sobre o padrão de lançamento de efluentes e a segunda sobre a toxicidade dos mesmos. As licenças ambientais incluem a outorga de lançamento de efluentes nos corpos hídricos. Entretanto, as licenças não levam em consideração as captações que estão acontecendo naquele trecho do recurso hídrico, as quais reduzem o volume de diluição, e portanto, resultam em um incremento na concentração dos poluentes no corpo hídrico.

ÓRGÃOS COM INTERFACE NO PROCESSO DE OUTORGA DE DIREITO DE USO DE RECURSOS HÍDRICOS

A outorga é de responsabilidade dos Estados e da União, conforme a dominialidade, esse ato discricionário possui interface com diversos órgãos que,

⁵ Resolução nº 237 do CONAMA: revisa os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental, de forma a efetivar a utilização do sistema de licenciamento como instrumento de gestão ambiental, instituído pela Política Nacional do Meio Ambiente.

de alguma maneira, possuem responsabilidade ambiental e caráter técnico. Pode-se afirmar que alguns dos órgãos que possuem ligação com a outorga são:

a) Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA): órgão de esfera federal realiza o Licenciamento Ambiental em algumas regiões do País, tais como fronteiras e áreas de amortização de unidades de conservação, ou ainda em empreendimentos que com determinada tipologia (ex. usina nuclear). Logo, o documento referente a outorga de direito de uso de recursos hídricos em áreas como essas deverá ser entregue não mais ao órgão ambiental estadual, mas, sim, ao órgão responsável pelo licenciamento ambiental naquela região, no caso o IBAMA.

b) Agência Nacional de Águas (ANA): possui a responsabilidade de outorgar os rios que nascem em um Estado da Nação e deságuam em outro, ou que percorrem território nacional e estrangeiro. Mas, se os afluentes desses rios, por exemplo, iniciarem e desaguarem em um determinado Estado, a competência de conceder a outorga de direito de uso de recursos hídricos é do órgão estadual.

c) Municípios: em conjunto com os Estados e a União, possuem atribuição legal definida pela Constituição Federal artigo 23, inciso 11, para registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direito de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais. O estado do Rio Grande do Sul vem desenvolvendo, por meio da SEMA, o incremento do processo de descentralização do licenciamento ambiental municipal para aquelas atividades cujo impacto é estritamente local e que estão descritas na Resolução nº 102/05⁶ do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA). No entanto, ressalta-se que a outorga dos recursos hídricos não foi municipalizada.

d) Conselhos Nacional e Estadual de Recursos Hídricos: são colegiados que além de desenvolver legislação relativa aos recursos hídricos, definem regras de mediação entre os diversos usuários da água, tratando de questões que extrapolam as competências dos demais entes do sistema de gerenciamento de recursos hídricos. Portanto, pode-se considerar que os Conselhos são co-responsáveis pela implementação da gestão dos recursos hídricos, por articular a integração das políticas públicas e orientadores de

⁶ Resolução 102/05 do CONSEMA: dispõe sobre os critérios para o exercício da competência do Licenciamento Ambiental Municipal no âmbito do Estado do Rio Grande do Sul.

um diálogo transparente no processo de decisões no campo de recursos hídricos.

Acima foram citados alguns órgãos com interface com a outorga, e percebe-se que a troca de informações por parte desses órgãos iria contribuir na qualidade da emissão das Portarias, uma vez que cada um deles possui informações de grande importância para uma gestão dos recursos hídricos. Pode-se citar ainda como exemplo ANEEL, entidades financeiras de concessão de crédito (bancos), entre outros.

PROCESSO DA OUTORGA NO RIO GRANDE DO SUL

O processo de outorga no Rio Grande do Sul é responsabilidade da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) do estado do Rio Grande do Sul, em especial o Departamento de Recursos Hídricos e os demais órgãos que compõem a SEMA. A seguir apresenta-se a estrutura existente no estado do RS para a emissão da outorga, bem como a identificação dos envolvidos no processo, os fluxos processuais para a obtenção da outorga e também a interface da outorga com o licenciamento.

Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul

O Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul, instituído pela Lei nº 10.350/94, existe a mais de 15 anos. De acordo com referida Lei, integram o Sistema de Recursos Hídricos: o Conselho de Recursos Hídricos⁷, o Departamento de Recursos Hídricos, os Comitês de Gerenciamento de bacia hidrográfica⁸, as Agências de região hidrográfica⁹ e a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM). O Relatório Anual sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado (Rio Grande do Sul, 2008, p.19) define que o Sistema Estadual:

Representa um modelo descentralizado e participativo de gestão da água. Os seus objetivos abrangem desde a execução e atualização da Política Estadual de Recursos Hídricos; a proposição, a efetivação

e a atualização do Plano Estadual e dos Planos de Bacias Hidrográficas; a instituição de mecanismos que coordenem e integrem atividades públicas e privadas, no setor hídrico; até a compatibilização da política gaúcha com a federal, com vistas à utilização e proteção das águas do Estado.

ESTRUTURA DA SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO SUL

Para que se possa ter uma visão estrutural da Secretaria é necessário conhecer os órgãos que compõem a Secretaria Estadual do Meio Ambiente, bem como suas origens e principais funções. A Secretaria Estadual do Meio Ambiente, criada em agosto de 1999, reuniu diversos órgãos e departamentos que faziam parte de outras Secretarias, tais como:

Departamento de Recursos Hídricos - DRH

O DRH¹⁰ é responsável pela gestão das águas na esfera estadual. A Divisão de Outorga e Fiscalização (DIOUT) é o setor executivo do DRH e tem por objetivo a administração do uso das águas por meio de regulamentações e procedimentos e tem como competências:

- a) ao gerenciamento e fiscalização do uso dos recursos hídricos;
- b) a concessão da outorga de direito de uso das águas de domínio do Estado;
- c) a concessão de licença para a execução de obras hidráulicas a que se refere à Lei nº. 2.434 (Rio Grande do Sul, 1954)¹¹;
- d) a articulação do sistema de outorga com o processo de licenciamento ambiental; e
- e) a execução de outras atividades correlatas ou que lhe venham a ser atribuídas.

Quanto à outorga, a DIOUT tem a responsabilidade de avaliar e emitir a Portaria no que tange os usos que alterem as condições quantitativas.

⁷ Órgão colegiado que representa o Sistema possui o papel de instância deliberativa superior do sistema.

⁸ Órgão colegiado com objetivo principal de promover a descentralização da gestão de recursos hídricos nessa unidade de planejamento.

⁹ Organismo técnico do Estado que deve oportunizar o assessoramento técnico-científico e operacional para qualificar as deliberações dos comitês.

¹⁰ Inicialmente vinculado à Secretaria de Obras e Saneamento.

¹¹ A Lei nº 2.434 institui a obrigatoriedade de licenciamento para a construção, por particulares, de barragem destinada a quaisquer fins (Rio Grande do Sul, 1954), referida lei observa os aspectos de projeto, cálculo das barragens.

Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM

A FEPAM é a instituição responsável pelo licenciamento ambiental no Rio Grande do Sul, sendo essa sua principal atividade desenvolvida. O referido órgão, além de licenciar, tem atribuição de monitorar e fiscalizar.

Outra atribuição da FEPAM é definir, ressalvadas as competências da União, a quantidade mínima de água necessária para a manutenção da vida nos ecossistemas aquáticos, conforme o Decreto nº 37.033, artigo 5º, parágrafo único (Rio Grande do Sul, 1996).

A FEPAM também tem a atribuição de avaliar os usos quando se referir as condições que afetem a qualidade dos recursos hídricos (conforme Lei Estadual nº 10.350/1994), ou seja, a FEPAM não emite outorga para lançamento de efluentes, no entanto pode-se considerar que a outorga qualitativa está abrangida na licença ambiental emitida pelo referido órgão.

Departamento de Florestas e Áreas Protegidas - DEFAP

O DEFAP é o órgão da SEMA responsável pela política florestal do Rio Grande do Sul, “[...] através de ações de normatização, planejamento, coordenação e fiscalização.”. Esse órgão possui grande importância no controle das ações humanas sobre o meio ambiente, pois atua na fiscalização de ações de desmatamentos, queimadas e demais crimes ambientais (Rio Grande do Sul, 2002). Em algumas situações de intervenção nos recursos hídricos percebe-se a necessidade de alguma alteração na vegetação, portanto o DEFAP percebe-se então uma interface entre esse órgão e o procedimento de outorga.

Na gestão de recursos florestais, o DEFAP promove ações de licenciamento de manejo de vegetação e cadastramento de produtores, consumidores e comerciantes de produtos florestais (Rio Grande do Sul, 2002).

O PROCESSO DE OUTORGA DE DIREITO DE USO DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Podem-se estabelecer diferentes atores que integram o procedimento da outorga de direito de uso no Rio Grande do Sul, tais como:

a) técnicos: com formação de nível superior, são os responsáveis pela análise dos pedidos de outorga,

estando habilitados, e com a devida atribuição técnica para realizar a análise das solicitações de outorga;

b) funcionários: responsáveis pelo recebimento dos pedidos de outorgas, pela abertura dos processos, pelo encaminhamento das correspondências, pelo arquivamento, entre outras atividades operacionais;

c) requerentes: são os clientes, ou seja, os usuários de água que solicitam o pedido de outorga de direito de uso da água de acordo com a finalidade de uso, podendo acompanhar as atualizações da análise do seu processo por meio da internet ou junto ao setor responsável; e

d) responsáveis técnicos: profissional que o requerente contrata para encaminhar o pedido de outorga. Ele deve possuir formação superior e ter as devidas atribuições técnicas para ingressar com o pleito de outorga, uma vez que é exigida a anotação de responsabilidade técnica (ART) junto ao Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA).

No período em que foi realizado o levantamento de informações para análise do processo, o setor de Outorga e Fiscalização possuía em seu quadro, para análise das solicitações, quatro técnicos, sendo eles: um engenheiro civil, duas geólogas, contratados pela Casa Civil, sendo todos cargos de confiança, além da engenheira civil, chefe da Divisão, que é cedida por outro órgão da Administração Indireta do Estado, responsável por todo o setor.

A **autuação** do processo da outorga acontece na entrega da documentação por parte do requerente. Uma vez que os processos são encaminhados para a DIOUT, haverá, nessa Divisão, o **cadastro** (tabela do MICROSOFT ACCESS), em meio digital, de alguns dados. Após o cadastramento, os processos são entregues aos respectivos profissionais responsáveis para as análises técnicas pertinentes. A **análise** é realizada levando em consideração a solicitação do requerente. Uma vez concluída a análise, o técnico elabora um documento declarando seu parecer quanto aos dados apresentados no processo. O processo pode ser deferido ou indeferido. Pode ocorrer a solicitação de novas informações ao requerente, em virtude de algumas informações estarem ausentes, incorretas ou incompletas no processo.

Terminada a análise, o processo é atualizado no banco de dados, podendo receber o *status* de deferido, indeferido, ou ainda, o *status* de documentação complementar. Neste último caso, o processo fica parado, esperando que o requerente envie os novos dados solicitados pelo técnico. Após a juntada da docu-

mentação, é realizada uma nova análise. A partir daí, o processo pode ser, então deferido, indeferido ou, ainda, que seja anexado a ele novos esclarecimentos.

Antes da decisão final quanto ao resultado do processo, ele é submetido ao exame do chefe da DIOUT. Quando o processo finalmente é concluído, ou seja, quando é deferido ou indeferido, um documento oficial referente ao pedido do requerente é emitido e encaminhado para assinatura do Diretor do Departamento antes de ser feita a atualização da situação do processo no cadastro, bem como de arquivá-lo. Após a emissão da Portaria são feitos os extratos das Portarias para a publicação no Diário Oficial do Estado. O fluxograma mostrando como ocorre o andamento de uma solicitação é apresentado na Figura 1.

Para exemplificar os procedimentos internos da SEMA será detalhado o caminho a ser percorrido pelo requerente que pretende construir uma barragem¹². O procedimento para a construção da barragem inicia quando o requerente solicita ao DRH, por meio de seu responsável técnico, a reserva de disponibilidade hídrica. O órgão analisa o pedido mediante documentação exigida no termo de referência específico.

A Licença Prévia (LP) é emitida a partir da RDH e das informações solicitadas pela FEPAM, de acordo com a situação do empreendimento a ser licenciado, que possui um termo de referência apropriado para a situação em questão. Caso ocorra supressão de vegetação arbórea, é necessário encaminhar junto ao DEFAP o pedido da LP para o corte da vegetação atingida.

Depois de obtida essa documentação, o requerente envia ao DRH a LP emitida pela FEPAM e os demais documentos exigidos por essa Divisão. Após análise das informações e estando o processo instruído corretamente, o solicitante recebe do DRH a Portaria de Outorga e uma Autorização para a Construção da Barragem. Com a Portaria de Outorga emitida pelo DRH e o restante da documentação solicitada pelo órgão ambiental responsável pelo licenciamento ambiental, é emitida a Licença de Instalação (LI). Logo após a obtenção da LI, o

requerente deve enviá-la ao DEFAP que emitirá um alvará para a supressão da vegetação.

Com o alvará do DEFAP e a documentação respectiva para a obtenção da Licença de Operação, a FEPAM emite a LO. Após o término da obra, o requerente deve encaminhar ao DRH os documentos requisitados para a expedição do Alvará de Conclusão da barragem.

Percebe-se um grande caminho percorrido pelo requerente para a obtenção dos documentos necessários frente aos órgãos ambientais. Outro aspecto observado é a falta de integração entre os diversos órgãos da SEMA que resulta nesse vai e vem das solicitações. Nota-se a falta de troca de informações entre os diferentes setores, e informações repetidas, ou seja, a mesma informação revelada a diversos departamentos da Secretaria. Salienta-se que foi observado em determinadas situações que o requerente declara informações contraditórias para os órgãos.

Cabe acrescentar que o estudo levantou que o número de solicitações de outorga vem crescendo de forma significativa, principalmente as solicitações referentes ao uso da água para a utilização na lavoura do arroz. Um dos principais motivos desse aumento é que, para os empreendedores obterem financiamentos para a lavoura nos bancos, um dos documentos a serem apresentados é a outorga de direito de uso da água. A demanda no setor de outorga também cresceu devido a uma maior atuação do Ministério Público com relação à legislação ambiental.

Com o aumento dos processos e a diminuição do número de técnicos, o tempo de espera para que os pedidos sejam analisados aumentou. Após a obtenção do protocolo, obtido na abertura do processo, o requerente espera em torno de 60 dias para que seu pedido seja analisado. Ressalta-se que cerca de 60% dos processos de outorga não podem ser liberados após a primeira análise, devido à necessidade de se exigirem informações complementares. Quando essas informações são enviadas, o requerente entra novamente na fila para que seu processo seja analisado pela segunda vez, situação essa que acarreta um maior volume de trabalho para os técnicos, pois um mesmo processo tem que ser analisado várias vezes, tendo como principal consequência o aumento no tempo médio de emissão das outorgas.

Além disso, grande parte das solicitações encaminhadas apresenta insuficiência de informações ou não atendem aos requisitos dos formulários e dos termos de referência balizadores das solicitações.

¹² Ressalta-se que os requerimentos de água superficial são divididos em dois grupos: Reserva de Disponibilidade Hídrica - RDH (para os empreendimentos que ainda não existem) e outorga (empreendimentos existentes).

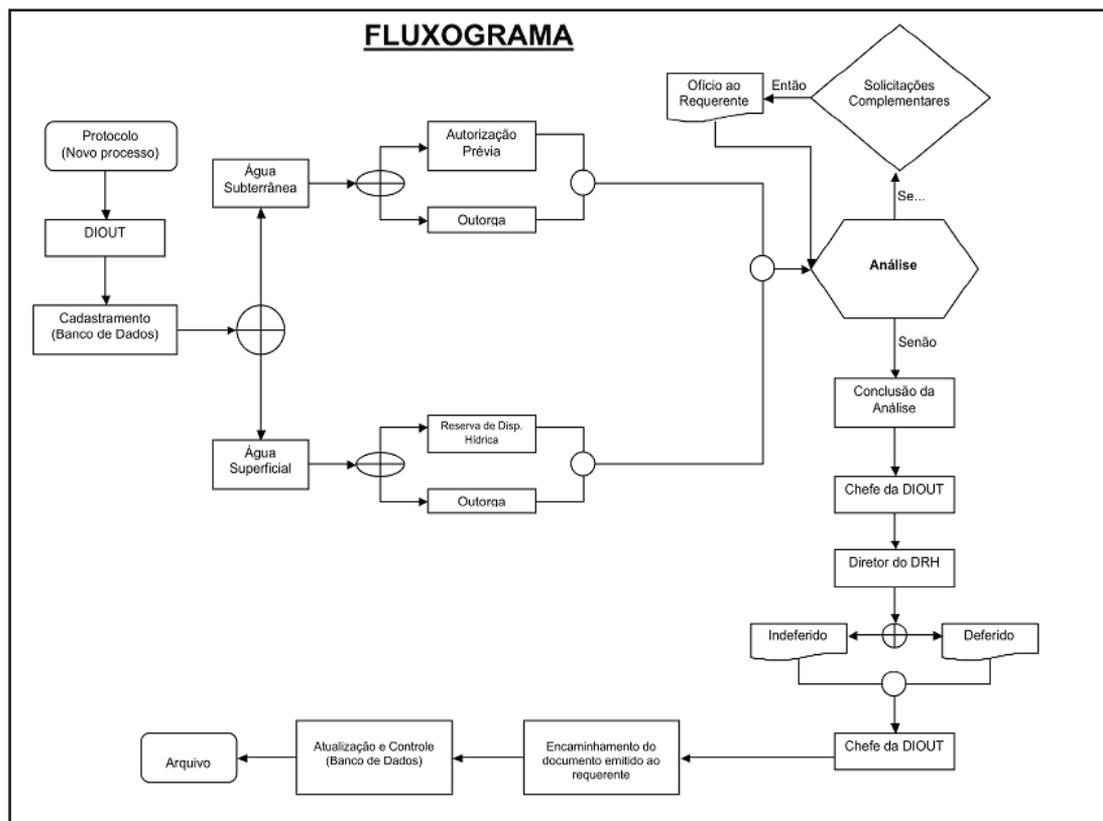


FIGURA 1. Fluxograma do processo de outorga.

Consequentemente, isso aumenta de forma significativa o tempo de tramitação de um processo, com evidentes prejuízos, tanto para os usuários, quanto para os técnicos que empregam um número alto de horas para verificar todos os erros e falhas existentes na documentação apresentada e que, portanto, não resultarão na emissão do documento final, seja por falta de documentação, seja por apresentar dados incorretos. Por fim, o DRH, bem como os outros departamentos, possui um quadro de técnicos escasso, situação inversa quando observa-se o número de solicitações de outorga.

Afora esses problemas, percebe-se que o banco de dados do DRH não atende completamente às necessidades do Departamento. O fluxo de trabalho interno não é compatível com a estrutura do banco de dados o que ocasiona certa confusão. Percebe-se também que a estrutura do banco de dados apresenta

sintomas de desgaste, ocasionando re-trabalho e dificultando a comunicação correta das informações existentes no Departamento.

DISCUSSÃO E RECOMENDAÇÕES

A análise das solicitações de outorga realizada atualmente pode ser considerada uma análise praticamente documental e de avaliação de existência de informações contraditórias no processo, ou seja, é verificado se a documentação constante do processo atende ao termo de referência específico para a solicitação e se as informações declaradas estão coerentes, como por exemplo: se a vazão solicitada está de acordo com a área a ser irrigada, bem como da cultura informada. Um exemplo é um processo de regularização de barragem que pretende obter a

Portaria de Outorga e o Alvará de Regularização, que possui um termo de referência específico.

Outro ponto a ser considerado é de que de todos os dados solicitados ao requerente, poucos são transformados em informações que podem ser avaliadas, pois poucos dados são armazenados no banco de dados do Departamento e cabe ressaltar que, em virtude do grande volume de trabalho realizado dentro do setor, a demanda de atualizações de informações referentes às solicitações de outorga tornou-se superior às respostas obtidas por meio do banco de dados existente, de tal maneira que este se transformou apenas em uma tabela de referência para apontar a maneira de encontrar o processo e, apenas nele, obter as informações desejadas. Um aspecto a ser considerado é a grande quantidade de informações detida pelos técnicos, que, ultimamente, vem crescendo tanto que o conhecimento de cada um deles sobre um determinado processo administrativo é tão isolado que a presença dele tornou-se um fator de dependência para assegurar um posicionamento a respeito de qualquer informação referente àquele processo.

Percebe-se que os Departamentos constituintes da SEMA não possuem canais de comunicação internos e rotineiros. Constata-se que cada órgão possui o seu banco de dados específico, sem acesso aos outros bancos disponíveis nos demais setores, assim como não há utilização de informações dos outros órgãos, tais como: softwares, estudos realizados, informações de vistorias e trocas pessoais.

Considerando que as atividades para os procedimentos de outorga, por parte do Estado, iniciaram em 1999, percebe-se que o processo de outorga já iniciou desvinculado do processo de licenciamento ambiental, realizado pela FEPAM, o qual era realizado antes da criação da Secretaria. Já quanto ao DEFAP, também antes da criação da Secretaria, o referido órgão já emitia as licenças florestais, permanecendo com os procedimentos independentes após sua anexação à SEMA. Esse fato pode ser explicado pela origem distinta dos órgãos que compõe a Secretaria e ainda que, inicialmente, a maioria do trabalho era realizado somente pela FEPAM, antes da formação da Secretaria.

No entanto, esse modo de ação vem mudando gradualmente, pois se percebe, na prática, a necessidade da interação das diversas visões para que se possa ter um licenciamento mais coerente. Além dessa situação, foi publicado o Decreto Estadual nº 45.553/08 que instituiu o Balcão de Licenciamento

Ambiental Unificado que visa a fortalecer o sistema de licenciamento, envolvendo os três setores que realizam o licenciamento na SEMA (DRH, FEPAM E DEFAP). Também foi assinada uma Portaria interna, em 28 de agosto de 2008, que estabelece, de maneira geral, procedimentos caso o processo necessite tramitar por mais de um órgão, perpassando, assim, pelos setores de interesse. Como o objetivo é agilizar a solicitação do requerente e padronizar os procedimentos, o Balcão Unificado também evita a solicitação de informações repetidas ao requerente.

O Balcão Unificado encontra-se em implantação e percebe-se muita dificuldade para iniciar, de fato, a sua operação. Até o presente momento, a única mudança que aconteceu nos procedimentos foi o protocolo de abertura dos processos que ocorre no mesmo local e com a mesma lógica de numeração, além da realização de treinamentos por parte dos técnicos do DRH e do DEFAP para os técnicos da FEPAM.

Outro ponto a ser observado é que, embora o trâmite dos processos dentro do Departamento seja simples, quando o requerente deve tratar em mais de um órgão, o caminho a ser percorrido é longo. Esse fato deve ser melhorado com a implantação do Balcão Unificado, uma vez que o requerente deverá abrir um único processo e não precisará se preocupar com o trâmite da documentação dentro da Secretaria.

No que tange aos procedimentos de outorga no Estado, observam-se várias questões que podem ser melhoradas. Constatou-se que a emissão das autorizações para o uso da água é baseada em uma análise pontual e cartorial, sendo mais uma análise técnica de documentos do que uma análise da capacidade do manancial hídrico de atender a demanda solicitada. Verificou-se que, somente nas bacias prioritárias do Estado, as bacias dos Sinos, Gravatá e Santa Maria, foi realizada uma análise conjunta dos usuários da água e ensaiados balanços hídricos. Nessas bacias, a outorga leva em consideração os resultados desses balanços. Porém, salienta-se que essa análise não considerou os usos que afetam a qualidade da água, somente os usos quantitativos. Como exemplo, pode-se citar os balanços hídricos realizados na bacia do Santa Maria, a partir de três cenários: anos úmidos, anos médios e anos secos. O balanço considerou a demanda existente, 5 cenários de vazão ambiental com critério hidrológico baseado em uma percentagem da vazão de 90% de permanência em anos considerados de humidade média e um critério e vazão de referência para outorga de Q90% de

permanência. Os resultados obtidos mostraram que para anos úmidos, é possível dar emitir a outorga dos usos históricos da bacia, sobrando água para incremento de uso. Esse mesmo resultado pode-se observar, com menos água sobrando, nos anos de umidade média. Porém nos anos secos, os estudos demonstraram a necessidade de estabelecer critérios de racionamento. As simulações consideraram uma discretização do sistema em 21 Seções Hidrológicas de Referência e a distribuição de água entre as seções, ou do racionamento, foi realizado com técnicas de otimização não lineares (UFSM/SEMA, 2004; Cruz e Silveira, 2007a, 2007b).

Deve-se salientar que o objetivo principal da outorga é a garantia de acesso a água. No entanto nas demias bacias existentes no Estado o balanço hídrico não é realizado, de forma que pode-se considerar que não atende ao princípio básico do referido instrumento não é contemplado. Outro ponto a ser considerado é que quando uma nova solicitação é realizada deveria ser feita uma reavaliação da disponibilidade hídrica para o atendimento ao novo pleito.

Para dirimir a situação acima exposta, é necessário conhecer o universo atual dos usuários. Esses dados podem ser obtidos por meio de cadastramento, a serem realizados pelas agências de região hidrográficas ainda não implantadas no Estado.

No entanto, para que se possa emitir uma outorga com certa garantia, além do conhecimento do universo dos usuários é necessário que se tenha a disponibilidade hídrica do recurso que se está outorgando. Logo se observa a necessidade de estudos para a obtenção da disponibilidade hídrica, incluindo a reservação de água nas bacias, bem como a sistematização dessas informações.

Uma das ações que podem ajudar no aperfeiçoamento da outorga no Estado são programas para capacitação dos técnicos responsáveis pelos pedidos de outorga, uma vez que grande parte dos processos abertos é questionado por meio de solicitações complementares. Outra sugestão que pode melhorar a instrução dos processos é a elaboração de manuais para que, ao instruir os pedidos de outorga, os técnicos saibam como proceder corretamente.

A realização do *check-list* na abertura dos processos poderia diminuir o envio de solicitação de documentação complementar, pois, se realizado de forma adequada e com instruções por meio de uma pessoa capacitada, os processos seriam abertos, no mínimo, com toda a documentação.

Outra mudança que poderia melhorar o desenvolvimento dos trabalhos no setor é a forma de contratação dos técnicos por meio de concurso público. Isso diminuiria a rotatividade, possibilitando, assim, o desenvolvimento a longo prazo das atividades realizadas pelos analistas. Além do mais, os conhecimentos já adquiridos pelos técnicos trazem uma maior agilidade e segurança na análise dos processos.

Outro fator a ser considerado é o estabelecimento de rotinas para análise e para emissão de outorgas por meio da otimização e da reavaliação de procedimentos de outorga, da definição de metodologias, mecanismos, e de desburocratização. Pois uma vez o procedimento para análise da solicitação padronizada torna a avaliação do pedido menos impessoal, mais precisa e dinâmica.

Outra ação pró-ativa que pode ser realizada pelo Departamento são palestras de conscientização quanto à solicitação de outorga de direito de uso de recursos hídricos, bem como do uso racional desse recurso. Essas ações podem ser complementadas por meio da elaboração de material didático a ser distribuído nas prefeituras municipais.

Observa-se que não basta somente emitir as outorgas. Para que se tenha o real cumprimento do descrito na Portaria, é necessário uma fiscalização sistemática, que poderia ser desenvolvida pelos técnicos da FEPAM e do DEFAP das regionais, e ainda ter o apoio das agências da área de abrangência.

No entanto, atualmente, é realizada somente quando demandada, sendo que, essa é uma atividade que deveria ser constante no Departamento. Sugere-se que sejam realizadas vistorias também por amostragem.

Ainda com relação à atividade de fiscalização, o DRH poderia instituir a obrigatoriedade do monitoramento das quantidades utilizadas, complementando a estratégia de fiscalização por amostragem (UFSM, 2007).

Vislumbra-se a necessidade do Departamento de Recursos Hídricos interagir com outros órgãos que possuem informações que podem ser úteis ao processo de outorga, tais como DNIT, DNPM.

Outra recomendação é que exista uma interação maior entre os órgãos que atuam no gerenciamento ambiental, pois sem essa ligação, por mais que se tenha sistema de informações adequadamente implantado, recursos materiais e humanos suficientes e procedimentos de outorga definidos, a gestão ambiental como um todo não estará sendo observa-

da. Essa maior interação pode ser alcançada com a proposição de rotinas institucionais de condução de solicitações de outorga de uso, conforme previsto no Decreto Estadual nº 37.033/96 e também de rotinas para o licenciamento ambiental. Porém, essa sugestão depende de ações administrativas em nível de Secretária, com a criação de mecanismos obrigatórios de integração das ações e informações, por meio de emissão de normativas internas.

Por fim cabe acrescentar que a outorga, instrumento de gestão das águas, estabelecida pela legislação federal e estadual, encontra-se implantada no estado do Rio Grande do Sul, desde o ano de 1996. Decorridos mais de 10 anos da aprovação da Lei Federal nº 9.433/97 e da Lei Estadual 10.350/94 a gestão de recursos hídricos no Estado apresenta

avanços importantes, porém com necessidades de aperfeiçoamentos. Nota-se que é um instrumento de gestão que gera efeitos salutares aos usuários da água. Pode-se apontar que o referido instrumento é de válida serventia para a atenuação ou até para a extinção de conflitos pelo uso da água, levando a uma organização na maneira do uso da água, e consequentemente, a uma “garantia” desta.

As ações sugeridas no decorrer do trabalho podem ser vistas como um primeiro passo para o aperfeiçoamento da fórmula de outorga, uma vez que pode tornar os procedimentos de outorga mais eficientes, seja pela melhor apresentação das informações por parte dos responsáveis técnicos, pela melhor avaliação destas informações e pela maior integração com outros órgãos.

Referências

- AGENDA 21. 1992. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/cap18.doc>. Acesso em: 20 jul. 2007.
- ARNÉZ, F. A. Análise de Critérios de Outorga do Uso da Água na bacia do Rio Santa Maria, RS. 2002. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- BARROS, W. P. A Água na Visão do Direito. Porto Alegre: Tribunal de Justiça do Rio Grande do Sul, 2005.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988.
- _____. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997a. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.
- _____. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997b. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).
- CRUZ, J. C. SILVEIRA, G. L. Disponibilidade hídrica para outorga em bacias com elevado uso consuntivo (i) : avaliação por SHR. Volume 4 nº 2 (jul/dez/2007). REGA. Revista de Gestão de Águas da América Latina. , v.4, p.51 - 64, 2007a.
- CRUZ, J. C. SILVEIRA, G. L. Disponibilidade hídrica para outorga em bacias com elevado uso consuntivo (ii) : avaliação integrada por bacia. Volume 4 nº 2 (jul/dez/2007). REGA. Revista de Gestão de Águas da América Latina. , v.4, p.65 - 76, 2007b.
- LANNA, A. E. A Inserção da Gestão das Águas na Gestão Ambiental. In: MUÑOZ, H. R. (org). Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos: desafio da Lei das Águas de 1997. 2. ed. Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000, p. 75-109.
- LEAL, M. S. Gestão de Recursos Hídricos por Bacias Hidrográficas: sugestões para o modelo brasileiro. 1997. 228 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro COPPE/U FRJ, Rio de Janeiro, 1997.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Declaração Universal dos Direitos da Água, 1992. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta_direitos.asp>. Acesso em: 20 jul. 2008.
- PANTE, A. R. Aplicação de Instrumentos de gestão de Recursos Hídricos na Bacia do Rio Paranhana. 2006. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- POMPEU, C. T. Aspectos Legais do Gerenciamento dos Recursos Hídricos: bases legais para a outorga do uso da água. In: Encontro sobre Gerenciamento de Recursos Hídricos da Região Centro-Oeste/Tocantins, 1., 1993, Goiânia. Anais... Goiânia: Gráfica de Goiás, 1993. p.77-85.
- RIO GRANDE DO SUL. Lei Estadual nº 2.434 de 1954. Institui a obrigatoriedade de licenciamento para a construção, por particulares, de barragem destinada a quaisquer fins.
- _____. Constituição do Estado do Rio Grande do Sul, 1989. Promulgada em 03 de novembro de 1989.
- _____. Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul.
- _____. Decreto nº 37.033, de 21 de novembro de 1996. Regulamenta a outorga do direito de uso da água no estado do RS, prevista nos artigos 29, 30 e 31 da lei estadual nº 10.350.
- _____. Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA), 2002. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br>>. Acesso em: 12 mar. 2008.
- _____. Resolução nº 102, de 24 de maio de 2005. Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA).

____. Resolução Consema nº 128, de 24 de novembro de 2006. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul.

____. Resolução Consema nº 129, de 24 de novembro de 2006. Dispõe sobre a definição de Critérios e Padrões de Emissão para Toxicidade de Efluentes Líquidos lançados em águas superficiais do Estado do Rio Grande do Sul.

____. Decreto Estadual nº 45.553, de 2008. Institui o Balcão de Licenciamento Ambiental Unificado.

____. Relatório Anual sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do RS. 2008. Disponível em < <http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/doc/relatorio.pdf> >. Acesso 01 de maio 2009.

SENRA, J. B. Pelo Dia Internacional da Água. 2008. Disponível em: <<http://www.unijui.tche.br/rioiuji/Senra.html>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

UFSM/SEMA, 2004. Desenvolvimento de ações para implantação da Outorga na bacia do rio Santa Maria, RS. Relatório Técnico Final. 2004. Convênio UFSM/SEMA/RS.

UFSM, 2007. Implantação plena da outorga: análise das condições de contorno ao balanço hídrico em sistema de apoio a decisão, em bases socialmente sustentadas - SIOGA - Relatório Final FINEP. Santa Maria, 2007.

Letícia Coradini Frantz PPGEC/CT/UFSM leticia.frantz@gmail.com

Jussara Cabral Cruz Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
– UFSM. jussaracruz@gmail.com

Integração entre a educação ambiental e a cobrança pelo uso da água como meio de racionalização do consumo

Francisco Rossarolla Forgiarini
Roger Vigley Girard,
Janete Teresinha Reis
André Luiz Lopes da Silveira

RESUMO: Este artigo propõe a integração de dois instrumentos ideologicamente diferentes, mas com objetivos semelhantes em relação a uma mudança no comportamento de consumo de água pelos diversos setores usuários: educação ambiental e cobrança pelo uso. Apresenta uma breve descrição histórica e conceitual de cada um deles, destacando vantagens e desvantagens dos mesmos. A integração considera que a cobrança pelo uso da água induz um comportamento de consumo racional num curto prazo. Entretanto, a médio e longo prazo, a cobrança, se não vir acompanhada de outros instrumentos de controle e estímulo, acaba reduzindo seu efeito. A mudança de paradigma que se espera, portanto, virá por meio de uma mudança cultural, em que a sensibilização para a preservação da água promovida pela educação ambiental ganha principal destaque.

PALAVRAS-CHAVE: recursos hídricos, cobrança pelo uso da água, educação ambiental.

ABSTRACT: This paper proposes the integration of two ideologically different instruments, but with similar goals in change of water consumption behavior: environmental education and water use charges. It provides a brief historical and conceptual description of each, highlighting its advantages and disadvantages. The integration considers that the water use charges induces rational consumer behavior in the short term. However, the medium and long term, if not accompanied by other instruments of control and stimulation, eventually reduces its effect. The expected paradigm shift, therefore, will come through a cultural change in the awareness of water conservation promoted by environmental education.

KEYWORDS: water resources, water use charges, environmental education.

INTRODUÇÃO

Atualmente, principalmente nos países desenvolvidos, os governos estão utilizando instrumentos econômicos de base mercadológica para a gestão ambiental. Entretanto, geralmente, esses instrumentos ainda são implementados por meio multas e regulamentações. Isto representa um paradoxo, pois embora muito empregadas (as multas e regulamentações) não são as formas mais econômicas de se atingir objetivos ambientais (Cairncross, 1992). Em contraponto, alguns autores (Bressan, 1994; Biolat, 1973; Franke, 1998) sugerem a adoção do movimento conservacionista, como desenvolvimento sustentável ou conservação da biodiversidade. Estes autores defendem a necessidade da redefinição do paradigma de sociedade, baseado na motivação, na mobilização da opinião pública, na conscientização, no engajamento e na rediscussão do conceito de bem-estar social.

Em função disto, este texto pretende realizar uma discussão e propor uma integração de duas abordagens aplicadas à gestão dos recursos hídricos: educação ambiental e instrumentos econômicos. A educação ambiental é baseada no princípio da mudança de paradigma da sociedade, apoiada principalmente na sensibilização dos cidadãos e usuários em geral. Os instrumentos econômicos são centrados no princípio usuário-pagador (incluindo o princípio poluidor-pagador – ver discussão quanto aos princípios em Cánepa et al., 1999), defendido pelo mercado e pelas instituições públicas reguladoras.

EDUCAÇÃO AMBIENTAL

De acordo com Brasil (1999) a educação ambiental é um processo permanente no qual os indivíduos e a comunidade tomam consciência do seu meio

ambiente e adquirem o conhecimento, os valores, as habilidades, as experiências e a determinação que os torna aptos a agir - individual e coletivamente - e resolver problemas ambientais. Mas foi na Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental de Tbilisi, realizada em 1977 e considerada o marco da educação ambiental mundial, onde se definiram os pilares que sustentam a aplicação do conceito, quaisquer que sejam suas variações (Dias, 2000). Esses pilares são características buscadas tanto nos indivíduos quanto nas organizações, para torná-los aptos a agir de forma sustentável na preservação da qualidade ambiental do mundo, mesmo a partir de iniciativas locais: a conscientização (sensibilidade), a promoção do conhecimento (relações de causa e efeito), desenvolvimento de atitudes (valores), de habilidades (treinamento e qualificação) e a motivação para a participação (responsabilidade social).

Desde seu surgimento, a institucionalização em nível mundial da educação ambiental está a cargo do Programa Internacional de Educação Ambiental (PIEA), sob os auspícios da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em atendimento à Recomendação 96 da Conferência de Estocolmo, de 1972.

A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO BRASIL

Segundo Brasil (2005), o processo de institucionalização da educação ambiental no governo federal brasileiro teve início em 1973, com a criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), vinculada ao Ministério do Interior. A SEMA (extinta desde 1989, quando foi criado o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA) estabeleceu, como parte de suas atribuições, o esclarecimento e a educação do povo brasileiro para o uso adequado dos recursos naturais, tendo em vista a conservação do meio ambiente, e foi responsável pela capacitação de recursos humanos e sensibilização inicial da sociedade para as questões ambientais. Outro passo na institucionalização da educação ambiental foi dado com a Política Nacional de Meio Ambiente (Brasil, 1981), que estabeleceu a necessidade de inclusão da educação ambiental em todos os níveis de ensino, incluindo a educação comunitária, objetivando a capacitá-la para a participação ativa na defesa do meio ambiente, evidenciando a capilaridade que se desejava imprimir

a essa prática pedagógica. Reforçando essa tendência, a Constituição Federal, em 1988, estabeleceu, no inciso VI do artigo 225, a necessidade de “promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente”.

Durante a ECO-92, foi realizado também o Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global. Esse fórum constituiu-se como outro marco mundial relevante para a educação ambiental, por ter sido elaborado no âmbito da sociedade civil e por reconhecer a educação ambiental como um processo dinâmico em permanente construção, orientado por valores baseados na transformação social. O produto mais notável dessa discussão foi a Agenda 21, documento síntese do novo paradigma que se pretende para as chamadas sociedades sustentáveis e igualitárias.

Em dezembro de 1994, em função da Constituição Federal de 1988 e dos compromissos internacionais assumidos na ECO-92, foi criado o Programa Nacional de Educação Ambiental (PRONEA). O PRONEA foi executado pela Coordenação de Educação Ambiental do Ministério da Educação e Cultura e pelos setores correspondentes do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente, do Ministério de Meio Ambiente, responsáveis pelas ações voltadas respectivamente ao sistema de ensino e à gestão ambiental.

A evolução do processo, contemplando um grande número de eventos e ações tanto por parte do governo federal quanto governos estaduais e universidades, culminou com a instituição da Política Nacional de Educação Ambiental e a aprovação da Lei nº 9.795/1999 (Brasil, 1999). Em decorrência disso, desde o ano 2000 a educação ambiental passa a integrar o Plano Plurianual do Governo Federal e, já na revisão do ano de 2004 do plano e seu conjunto de ações, aparece o programa de nº 6270 que trata da educação ambiental para recursos hídricos, a ser desenvolvido no âmbito da Agência Nacional de Águas (ANA). A partir desse ponto, portanto, a educação ambiental se insere mais adequadamente no contexto da gestão das águas, pois a ANA é o órgão de governo responsável por promover este processo.

Importância e características da Educação Ambiental

Para Garrett Hardin (1968), um cidadão do mundo moderno precisa saber ler e escrever; compreender e usar os números; e compreender e usar de

modo sustentável os complexos sistemas ambientais dos quais fazemos parte (*Apud* Adams, 2006). Dessa forma, pode-se dizer que há muitas maneiras de definir a educação ambiental: é a preparação de pessoas para sua vida enquanto membros da biosfera; é o aprendizado para compreender, apreciar, saber lidar e manter os sistemas ambientais na sua totalidade; significa aprender a ver o quadro global que cerca um problema específico – sua história, seus valores, percepções, fatores econômicos e tecnológicos, e os processos naturais ou artificiais que o causam e que sugerem ações para saná-lo; é a aprendizagem de como gerenciar e melhorar as relações entre a sociedade humana e o ambiente, de modo integrado e sustentável; significa aprender a empregar novas tecnologias, aumentar a produtividade, evitar desastres ambientais, minorar os danos existentes, conhecer e utilizar novas oportunidades e tomar decisões acertadas (Adams, 2006).

Em conseqüência, o indivíduo que desde cedo é apresentado na escola ao ciclo hidrológico, aos aspectos econômicos e sociais relacionados aos recursos hídricos, às fragilidades e situações de degradação desses ecossistemas, mais facilmente irá incorporar uma sensibilização preservacionista em relação ao recurso. A educação ambiental é uma boa ferramenta para isso e algumas vantagens podem ser citadas:

-  É adaptável a qualquer segmento social e econômico;
-  Pode ser implementada em qualquer local, relativamente independente do tamanho da comunidade envolvida e da área de abrangência;
-  Atende bem diferentes faixas etárias e indivíduos com níveis de conhecimento distintos, o que ajuda a promover a disseminação dos conceitos e conhecimentos construídos.
-  Envolve os segmentos sociais locais na formulação de propostas e soluções, por isso mesmo tem mais chances de atingir resultados adequados;
-  Envolve quase sempre soluções criativas, simples e de baixo custo de implementação;
-  Socializa o conhecimento construído, pois, ao evitar formulações e soluções complexas, simplifica o entendimento por parte dos indivíduos;
-  Promove mudanças de paradigma que se enraízam nos hábitos culturais, que passam a

ser retransmitidos com menor esforço e custo às vizinhanças e gerações futuras.

Por outro lado, apresenta algumas condições que podem ser vistas como desvantagens em relação a outros instrumentos de gestão de recursos hídricos:

-  Não é um processo padronizado. É preciso conhecer as características dos segmentos sociais e regionais envolvidos, para que se possa definir as linhas de ação mais adequadas;
-  Normalmente, por tratar-se de um processo de participação coletiva e tentativa de alteração de algum hábito comportamental do segmento social envolvido, a “teimosia” cultural (hábitos ou ações que se pretende modificar) pode exigir um esforço maior do que o previsto ou até mesmo re-ocupar o seu espaço ao longo do tempo;
-  Normalmente exige uma ação sistemática contínua, com renovação dos trabalhos de tempos em tempos num mesmo grupo ou segmento social;
-  Com poucas exceções os resultados são visíveis no curto prazo (até 5 anos). Mudanças localizadas podem ser observadas no médio prazo (entre 5 e 10 anos). Mudanças amplas e abrangentes não são visíveis antes de 10 a 20 anos;
-  Nem sempre envolve processos de auto-sustentação financeira, o que pode comprometer a vida útil das ações planejadas, principalmente quando há o envolvimento de estruturas institucionais públicas.

INSTRUMENTOS ECONÔMICOS

Segundo Pearce e Turner (1989), tradicionalmente a gestão ambiental contou com sistemas administrativos de controle centralizados em órgãos governamentais. Esses sistemas foram fortemente baseados em instrumentos legais, tais como regulamentos e penalidades, sendo chamados de Sistemas de Comando e Controle. Este tipo de sistema adota, geralmente, a abordagem por padrões uniformes de emissão, embora Qdais e Nassayb (2001) enfatizem que existe a possibilidade de realizar políticas de gestão ambiental mais eficazes, baseadas em instrumentos econômicos propriamente ditos.

Na década de 1930, com o trabalho de Pigou (1932), a economia começou a se referir ao aspecto

da externalidade. As externalidades são a imposição involuntária de custos ou de benefícios, isto é, que têm efeitos negativos ou positivos sobre terceiros sem que estes tenham oportunidade de impedir e sem que tenham a obrigação de pagar ou o direito de serem indenizados. Pigou também propôs a idéia de um imposto como uma maneira de transpor o abismo entre o custo privado e o social, que está na raiz do dano ambiental. Sua idéia consiste em aplicar um imposto igual aos custos marginais de contaminação ao nível ótimo de produção. Contudo, raramente os impostos foram utilizados para coibir a poluição ou degradação dos recursos ambientais. Quase sempre foram estabelecidos a níveis muito baixos para afetar o comportamento dos poluidores (Cairncross, 1992).

Lanna (2001) aponta que a finalidade dos instrumentos econômicos é fazer com que o responsável por uma atividade que degrada ou utiliza os recursos hídricos sinta suas conseqüências e as internalize no processo de tomada de decisão (internalização das externalidades). A redução das externalidades gera custo. Deve-se, entretanto, procurar medidas para encorajar as empresas para reduzirem as externalidades que provocam. Dentre os vários meios existentes, pode-se fazer o uso de instrumentos econômicos aplicados a políticas ambientais, que visem à diminuição dos impactos gerados ao meio-ambiente.

Principais instrumentos econômicos

Em 1972, o Princípio Poluidor Pagador (PPP)¹ foi adotado pelos países industrializados membros da OECD (*Organization for Economic Co-operation and Development*), como orientação de políticas ambientais adequadas. Afirmava-se que o PPP garantiria que poluidores arcassem com os custos integrais de suas ações e que, desta forma, garantiria eficiência econômica, embora na prática o princípio foi e ainda é violado.

A maioria dos instrumentos de combate à poluição funciona através de incentivos a uma redução das cargas poluidoras lançadas. Quando concebidos de maneira adequada, impõem a um poluidor os custos que, de outro modo, cairiam sobre o meio ambiente. A curto prazo, em geral, os instrumentos econômicos

garantem um nível de melhoria ambiental a um custo social mais baixo do que os das regulamentações. Isto porque, teoricamente, os poluidores terão um incentivo a reduzir a poluição que produzem, já que é mais barato fazer isto do que pagar mais tributos ambientais, utilizando a tecnologia que julgam mais eficiente.

Além disso, os instrumentos econômicos fornecem às pessoas e empresas um motivo permanente para agir de maneira sustentável. Tais meios foram conhecidos no passado como “direitos comercializáveis de poluição” ou “licenças negociáveis”. Todavia, para não passar o entendimento de pagamento por poluição, adotou-se a denominação de “créditos de redução de emissão”. Em vez de custos por mau comportamento, esta expressão insinua recompensa por bom comportamento.

Seroa da Motta et al. (1996) apresentam os mecanismos de gestão ambiental que incorporam incentivos econômicos (Quadro 1). Os autores argumentam que os mecanismos, de forma explícita ou implícita, têm algum efeito de incentivo. Mesmo os tradicionais regulamentos do tipo comando e controle criam um efeito presumido de incentivo, porque o poluidor seria compelido a sujeitar-se aos regulamentos a fim de evitar as sanções.

Enquanto os incentivos econômicos relacionados aos sistemas de comando e controle, notadamente as multas e as compensações por danos, são estabelecidos depois de ocorrido o fato gerador², os instrumentos econômicos são aplicados antes. Apesar desses instrumentos apresentarem capacidade de geração de receita, não são instrumentos econômicos propriamente ditos, porque o valor cobrado não tem, obrigatoriamente, uma relação com a internalização das externalidades negativas geradas.

Vantagens e desvantagens na utilização de instrumentos econômicos

A utilização de instrumentos econômicos para o gerenciamento dos recursos hídricos pode fornecer incentivos muito poderosos para alcançar objetivos quali-quantitativos. Segundo CEPA (1997), os instrumentos de mercado são os mais importantes incitadores das mudanças tecnológicas. Locais onde

¹ Após alguns anos, o PPP foi expandido para o Princípio Usuário Pagador (PUP), que considera todos os usos dos recursos hídricos, inclusive a diluição de efluentes. Atualmente, utiliza-se o PUP como princípio norteador do uso de instrumentos econômicos na gestão dos recursos hídricos.

² Atualmente, as ações referentes ao licenciamento ambiental no Brasil (licenças prévias, de instalação e de operação) estão vinculadas ao sistema de comando e controle e são estabelecidas antes do fato gerador.

os mecanismos de mercado funcionam eficientemente são capazes de proporcionar tais mudanças rapidamente. Em contrapartida, em locais onde as mudanças de preço dos bens de consumo não acontecem ou demoram em acontecer, as mudanças tecnológicas também não são verificadas, podendo acontecer quadros de escassez dos recursos naturais.

Para Byrns e Stone (1992), o mercado é uma ferramenta muito eficiente para assimilar e processar informação. De acordo com os autores, é difícil para reguladores ou mesmo participantes dos processos produtivos identificar e/ou quantificar todas as variáveis que influenciam o mercado, tais como: as expectativas dos consumidores e dos produtores; e o custo e disponibilidade de financiamento a curto, médio ou longo prazo. Contudo, essas informações eventualmente são refletidas nos preços de mercado.

Cánepa et al. (1999) enfatizam que outra vantagem na utilização de instrumentos econômicos é a grande flexibilidade em projetar respostas a objetivos ambientais publicamente determinados. Uma vez projetados os objetivos futuros de qualidade ambiental os sinais para ocorrerem tais mudanças são passadas pelo sistema de preço. Assim os usuários reagirão flexibilizando os seus usos, isto é, adotando soluções eficientes, como por exemplo, mudança de processo produtivo.

De acordo com CEPA (1997), outra vantagem verificada na utilização dos instrumentos econômi-

cos, particularmente no caso de licenças vendáveis ou mercado do uso dos recursos ambientais, é a permissão de poluidores com custos relativamente baixos de abatimento tratem seus efluentes, enquanto que os poluidores com custos de abatimento altos poderão comprar licenças e assim evitam os seus altos custos.

Cánepa et al. (1999) salientam que, embora a teoria de usar instrumentos econômicos para os propósitos ambientais seja conhecida, a sua aceitação pela sociedade e administração pública foi lenta. Existe a crença que esse tipo de controle ambiental não é adequado à maioria das ações humanas e eles ainda são muito confundidos com os sistemas de comando e controle. As taxas ambientais, por exemplo, freqüentemente são julgadas como sendo ferramentas projetadas simplesmente para a geração de renda. Entretanto, ao contrário de um imposto, uma taxa ambiental deve ser considerada como um pagamento para o uso do recurso ou um custo para cobrir o estrago causado pelo uso desse recurso. A aceitação pela sociedade de uma taxa ambiental dependerá, em grande parte, do entendimento do motivo da sua imposição.

Outra objeção ao uso de instrumentos econômicos é que eles constituem licenças para poluir. Dessa forma, estes instrumentos são descartados quase automaticamente pelos governantes, pois existe o reconhecimento de que qualquer tentativa de controlar a poluição que permita alguma descarga

QUADRO 1
Mecanismos de gestão ambiental que incorporam incentivos econômicos:
exemplos gerais (adaptado de Seroa da Motta et al, 1996).

Regulamentações e Sanções (Tipo Comando e controle): O governo restringe a natureza e a quantidade de poluição ou do uso de um recurso para os seus usuários. O cumprimento é monitorado e sanções (multas, fechamento, detenção) aplicadas ao descumprimento.
Taxas, Impostos e Cobranças: O governo estabelece cobranças de poluidores individuais ou usuários de um recurso baseado na quantidade de poluição ou de uso do recurso e na natureza do meio receptor. A cobrança é alta o suficiente para criar um incentivo à redução de impactos.
Criação de Mercado ou Licenças Comercializáveis: O governo estabelece um sistema de licenças de poluição ou de licenças de uso de um recurso comercializáveis. O órgão ambiental leiloa ou distribui e monitora o cumprimento das licenças. Os poluidores ou os usuários do recurso comercializam as licenças a preços não controlados.
Intervenção de Demanda Final (Selos Ambientais): O governo apóia um programa de rotulação que exige que se divulguem as informações ambientais sobre produção e disposição final. Aplicam-se selos ambientais aos produtos "ambientalmente saudáveis".
Legislação da Responsabilidade: O poluidor ou o usuário do recurso é obrigado por lei a pagar às partes afetadas por quaisquer danos. Estas recebem indenizações através de litígios ou do sistema judiciário.

do material prejudicial constitui tal licença. Ainda, outro argumento que é utilizado para a objeção do uso de instrumentos econômicos é que os mesmos acarretam perda de competitividade. O argumento frequentemente é feito, pois se acredita que qualquer tentativa de usar estes instrumentos como ferramenta de gerenciamento ambiental prejudica o local onde será aplicada a política econômica.

Além destas, a principal desvantagem dos impostos pensados por Pigou, e talvez a que impossibilita sua implementação, é a que é quase impossível fixá-los ao nível correto. O ponto mágico no qual os custos de prevenção da poluição empatam com os benefícios é bem difícil de ser encontrado. Assim, surgiu a idéia de ao invés de fixar uma meta de poluição em termos de preço, é possível fixar em termos de quantidade, relacionado ao abatimento pretendido (Zylicz, 2003; Parikh et al. 2005).

A cobrança pelo uso da água

No Brasil, os objetivos da cobrança pelo uso da água, definidos pela Lei 9.433/97 (Brasil, 1997), que a caracterizam como um instrumento de gestão, são:

- ☒ Reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;
- ☒ Incentivar a racionalização do uso da água;
- ☒ Obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

Contudo, as iniciativas de cobrança pioneiras no Brasil se concentram no terceiro objetivo (Forgiari, 2006). Isso ocorre por dois motivos centrais: a facilidade de identificação dos níveis de degradação dos recursos hídricos, bem como a atribuição de valores monetários para sua recuperação, com base em parâmetros tradicionalmente utilizados para este fim (por exemplo, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO); e a possibilidade de auto-investimento, a partir dos recursos da cobrança, em obras que resolveriam a questão da degradação quali-quantitativa de maneira concentrada e que romperiam a inércia do sistema.

No entanto, o investimento concentrado em um único objetivo descaracteriza o sistema e traz desequilíbrios que podem torná-lo insustentável futuramente. Um exemplo dos argumentos neste sentido é de que ações de impacto através de cobrança, sem um gerenciamento da demanda que vise a racionalização do consumo, podem gerar aumentos

no uso, que romperiam com a lógica de preços determinados anteriormente. Neste caso, a arrecadação futura não atenderia as necessidades de investimento dadas por um aumento não esperado na demanda, sendo necessária a aplicação de novos investimentos sucessivamente.

Sabe-se que a maioria das aplicações de instrumentos econômicos falhou nos efeitos de incentivo prometidos na teoria (Stavins, 2001 apud Parikh et al., 2005), principalmente por causa da estrutura do sistema ou devido ao baixo nível (valor) das cobranças exercidas. Atualmente, por razões de ordem prática e política, nos países desenvolvidos prefere-se o enfoque de custo-efetividade, conforme apresentado, por exemplo, em Zylicz (2003) e Parikh et al. (2005).

De acordo com Parikh et al. (2005), para influenciar o comportamento de uma maneira custo-efetiva a cobrança pelo uso da água deve ser ajustada igual ao custo agregado marginal do controle da externalidade gerada. Cánepa et al. (1998) chamam esta abordagem de instrumento econômico de política “mista” de mandato-e-controle. Nesta modalidade de política ambiental, os padrões de emissão deixam de ser meio e fim da intervenção estatal e passam a ser instrumentos, dentre outros, de uma política que usa diversos instrumentos para a consecução de metas acordadas socialmente. Temos, assim, a adoção progressiva dos padrões de qualidade dos corpos receptores como metas de política e a adoção de instrumentos econômicos de incentivo ao uso racional dos recursos naturais, este é o atual paradigma do uso da cobrança pelo uso da água na gestão dos recursos hídricos.

EDUCAÇÃO AMBIENTAL E COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA: UMA PROPOSTA VIÁVEL

Sendo a água considerada um bem econômico pela legislação brasileira, ela tem um valor associado. A definição desse valor é um assunto polêmico, pois à atribuição do valor acaba se associando a variável preço. Quanto a essa questão, associam-se diferentes padrões culturais, econômicos, sociais, diferentes habilidades, conhecimentos, interesses, poder de pressão, vontade de usar, disposição a pagar, dentre outros. Assim, os cenários de valoração se tornam bastante complexos. De qualquer forma, esta proposta não pretende indicar um modelo de valorar a água ou de cobrança pela água. Antes disso, pretende indicar uma forma de integrar este instrumento de gestão e a educação ambiental. Sobre essa base de

integração os modelos de cobrança podem, então, ser definidos de acordo com as respostas produzidas ao longo do tempo.

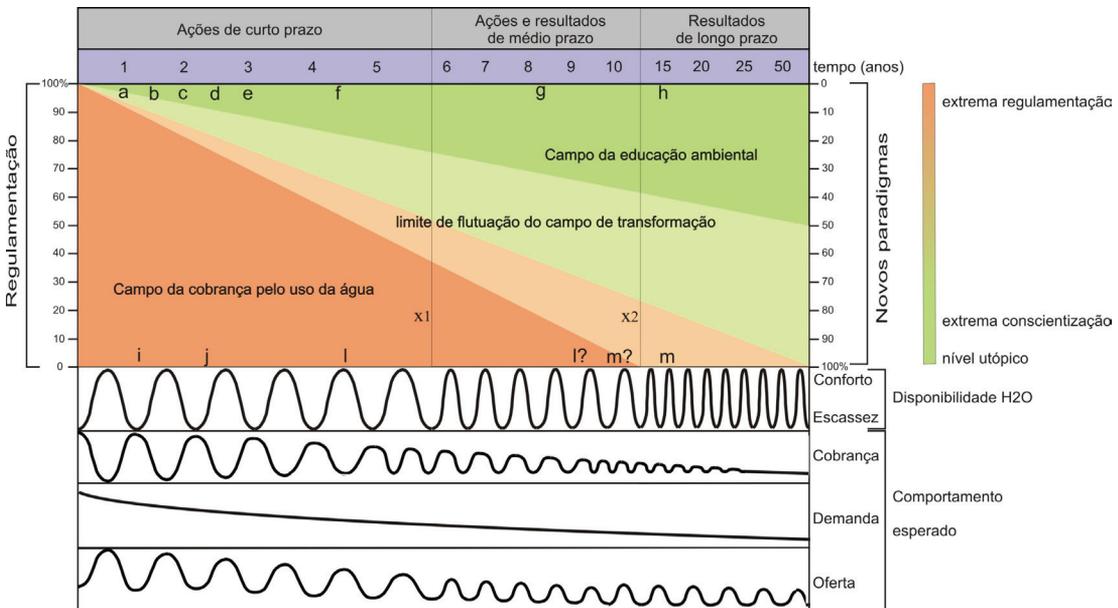
É de consideração generalizada que a legislação brasileira de meio ambiente e de recursos hídricos é extremamente avançada. Mas também é notória a falta de mecanismos de regulação e controle, especialmente de fiscalização, visto a dimensão do país e a escassez de recursos monetários para implementação sistemática destes mecanismos. Então, será que a ameaça das externalidades, como escassez e poluição, será capaz de forçar os usuários a aceitar a cobrança da água como um elemento de controle, para estímulo da racionalidade no uso?

Exemplificando a análise, torna-se difícil conceber que habitantes da região semi-árida brasileira, que passam meses e anos com déficits graves de água tenham que pagar pela mesma, em função da escassez, para “racionalizar” o consumo. Da mesma forma, imaginemos um cenário de oferta abundante a maior parte do tempo, como na região Amazônica. Neste cenário, também não é fácil conceber que os habitantes tenham disposição a pagar por um bem

com disponibilidade aparente superior à demanda. Nas regiões sudeste e sul devido aos grandes aglomerados urbanos e por se tratar de regiões onde há variabilidade sazonal na oferta, com períodos de escassez e outros de excesso, e com pressões diferenciadas devido aos variados usos do solo e à poluição dos mananciais, a cobrança parece se encaixar melhor. Neste âmbito, pode-se discutir a legalidade de cidadãos de um mesmo país pagar taxas diferentes pelo mesmo recurso por terem tido a sorte ou o azar da geografia onde habitam.

É possível perceber que a educação ambiental pode se tornar uma ferramenta importante quando articulada com a cobrança, justamente porque seu campo de ação é a diferença. A educação ambiental propõe respeitar as diferenças quando tenta conduzir os cidadãos e segmentos da sociedade para um caminho considerado adequado (dentro do atual contexto) de utilização dos recursos naturais. A discussão da viabilidade desta articulação também foi discutida por Bustos (2003), a qual elaborou uma proposta metodológica para desenvolver projetos participativos e integrados em educação ambiental como parte dos sistemas de gestão de recursos hí-

FIGURA 1. Integração dos instrumentos econômicos e educação ambiental na gestão de recursos hídricos. A reta de transformação e suas variáveis indicam a substituição da necessidade de cobrança na medida em que avançam mudanças comportamentais. Os números indicam os anos estimados para os prazos e as letras as etapas de cada processo.



QUADRO 2
Descrição das etapas dos processos da integração.

Etapas	Síntese	Descrição
Educação ambiental		
a	Reconhecimento	Fase inicial de abordagem do problema, onde há uma aproximação de reconhecimento com os elementos a serem trabalhados. Define-se o problema (eg.: poluição de mananciais), suas circunstâncias ambientais e sócio-econômicas, independente da escala.
b	Envolvimento	Busca de parceiros locais para atacar o problema. Envolvimento da comunidade, através de suas lideranças nos diversos segmentos.
c	Estudos	Fase técnica de estudos, onde as pessoas envolvidas contribuem com seus conhecimentos e ações para elucidar o problema, suas causas, mecanismos e conseqüências quali-quantitativas (eg.: questionários, análises físicas e químicas, tratamento de dados, etc.)
d	Definições	Elaboração de um conjunto de soluções viáveis de serem seguidas: principais, complementares e alternativas; de acordo com os diferentes níveis de usuários. Cronograma para atacar o problema de acordo com os financiamentos disponíveis ou possíveis.
e	Implementação	Fase onde as soluções propostas são aplicadas. Não deve ser simulação nem teste. Deve envolver todos os grupos de usuários, de acordo com as respectivas soluções propostas.
f	Primeiros Resultados	Nesta fase é possível perceber os resultados através de mecanismos e instrumentos de controle, como monitoramento de consumo e variáveis qualitativas da água.
g	Avaliações	Avaliação dos primeiros resultados a partir dos dados coletados na fase anterior. As instituições envolvidas inicialmente devem fazer parte. Pode ser necessário correção de rumo.
h	Resultados Permanentes	Essa é a fase onde as mudanças decorrentes das soluções propostas tornam-se efetivas e a pressão inicial pode ser relaxada, pois a comunidade passa a ser gestora de suas necessidades.
Instrumento econômico		
i	Estudos	Estudos econômicos de viabilização da cobrança, baseados nas relações de mercado (oferta, procura, capacidade de pagamento, elasticidade-preço da demanda) e nas disponibilidades técnicas.
J	Preparação	Fase de preparação da comunidade para receber a obrigação de pagar – criação de leis; ampla informação; e definição do modelo de cobrança.
l	Cobrança	Período em que a cobrança passa a ser efetivada de todos os usuários, conforme definido no modelo de cobrança.
l?	Continua a cobrança?	Concomitante aos primeiros resultados da educação ambiental. Se for possível perceber mudança comportamental positiva, o valor da cobrança poderá ser diminuído.
m?	Qual a disposição a pagar?	Após a diminuição da cobrança, é possível verificar a disposição de continuar pagando dos usuários, em decorrência de sua sensibilização e envolvimento com a preservação da água.
m	Pagamento “espontâneo”	Os usuários admitem um pagamento contínuo de forma a valorar o bem consumido e garantir reserva técnica para emergências e imprevisões futuras ou não.

de bacias hidrográficas. Desta forma negociações muito demoradas, como são em prática, podem levar a um deslocamento para a direita (x1, x2, na Figura 1) do prazo de implementação da cobrança, o que a torna proporcionalmente ineficaz quando comparada com a educação ambiental, ou pelo menos atenua da cobrança sua principal vantagem.

Por outro lado, a adoção de um bom comportamento ambiental apenas por uma consciência ecológica não parece fácil de ser atingido. Se assim fosse, todas as visões catastróficas já teriam surtido seu efeito, fazendo os cidadãos refrearem seus impulsos, mas o que se vê é o aumento contínuo da demanda da água no mundo. Esse “não efeito” também é devido à

falta de sistematização da educação ambiental como processo generalizado de sensibilização. Ou seja, os projetos de educação ambiental não vão em frente, seja pelas dificuldades de inclusão dos atores, por falta de políticas ou recursos financeiros e, muito comum, por preconceito técnico.

CONCLUSÕES

A gestão dos recursos hídricos pode ser avaliada por diversas perspectivas. A sustentabilidade é talvez a mais detalhada, desde que faça a análise de considerações sociais, econômicas e ambientais de longo prazo. Quase igualmente difícil é a perspectiva eco-

dricos. Um dos enfoques do trabalho da autora era informar aos profissionais, técnicos, administradores e coordenadores em recursos hídricos sobre as vantagens e desvantagens da educação ambiental, como uma forma de contribuição desta para redução de investimentos desnecessários de tempo, recursos humanos e financeiros nos projetos de gestão de recursos hídricos. Com enfoque, portanto, de discussão das questões político-institucionais relacionadas aos programas de educação ambiental em apoio à gestão dos recursos hídricos, mas no caminho de racionalização do uso da água.

Como já foi mencionado, considera-se que os prazos de resultados da educação ambiental são longos. Por outro lado, as discussões para implementação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos, especialmente a cobrança, ultrapassam o limite de uma década e, em muitos casos, sem que se chegue a um resultado prático. A união das forças parece ser uma alternativa viável e não é estranha, visto que os próprios comitês de bacia integram essa ferramenta na sua área de discussão e ação, até mesmo porque o que se pretende, no final, não é criar um instrumento de arrecadação e sim mudar um comportamento. Essa mudança de comportamento é o meio pelo qual as externalidades podem ser reduzidas (poluição, escassez, doenças, perdas de rendimento, custos operacionais elevados, etc.)

No sentido de unir educação ambiental e cobrança, neste artigo é proposto um caminho de adequação de cada instrumento ao prazo a que melhor se relaciona, com substituição de aplicação conforme a evolução da demanda e das externalidades, face o cenário de disponibilidade hídrica local ou regional. A Figura 1 ilustra e o Quadro 2 descreve as etapas do caminho proposto, admitido como sendo o ideal a ser seguido, quando os componentes de instrumentação econômica e educação ambiental se associam.

Essa figura esboça uma situação em que os processos de educação ambiental e aplicação de instrumentos econômicos ocorrem concomitantemente. Entretanto, enquanto o primeiro evolui no sentido de produzir uma dominância, a partir da provocação de mudanças comportamentais sensibilizadas, o segundo evolui no sentido de ser reduzida ou eliminada. Inicialmente, portanto, há um cenário em que domina a regulamentação econômica e, ao final, um cenário em que passa a dominar a educação ambiental.

As linhas abaixo da figura indicam situações imaginadas para a evolução dos cenários. Em disponibi-

lidade de água entende-se sua variabilidade natural, a qual presume-se constante no decorrer do tempo. Ou seja, há períodos de maior e períodos de menor oferta hídrica, conforme a escassez, respectivamente. Em cobrança, a linha reflete um comportamento estimado, onde o modelo de cobrança procura entender a variabilidade e aumentar ou reduzir o valor conforme aquela e a capacidade técnica para produzir a oferta necessária, levando em conta que pretende provocar uma redução na demanda. A oscilação dessa linha reflete esta cobrança. Seu ponto médio reflete o custo do serviço, o qual será mantido até um determinado momento. Ao final da linha, sua atenuação reflete o abandono da cobrança ou sua substituição por um pagamento “espontâneo” ajustado entre os usuários e os ofertantes. Em demanda, é mostrado o comportamento dos usuários³ motivados inicialmente pelos instrumentos de cobrança e, a partir de um determinado momento, por um novo paradigma de consumo adotado. Em oferta há o somatório da disponibilidade natural e dos investimentos orientados para produzir a oferta (tratamento, barragens, rede de água, etc.). Na medida em que os usuários passam a racionalizar o consumo em função de um novo paradigma adotado, há menor necessidade de produzir a oferta, portanto menos custos para os governos e concessionárias, o que se reflete na redução da amplitude e na forma de declive da linha.

A proposta de integração da cobrança pelo uso da água e educação ambiental representada na Figura 1 e descrita no Quadro 2 procura, portanto, entender e aplicar as principais vantagens de cada um dos processos referidos na meta de provocar a racionalização do consumo de água: a rapidez de resultados dos instrumentos econômicos e a mudança por sensibilização do paradigma de consumo promovida pela educação ambiental. O primeiro tem efeito máximo em curto prazo e o segundo tem efeito máximo em longo prazo. Entretanto, essa vantagem da cobrança pode ser reduzida quando há interesses difusos e forças desproporcionais na mesa de negociações da cobrança – no caso brasileiro, os comitês

³ A linha de demanda representa o comportamento dos usuários que participaram da aplicação integrada da educação ambiental e cobrança desde o seu início. Assim, não são considerados aumentos da demanda por outras razões como aumento populacional, instalação de novas indústrias e aumento da área irrigada. Mas, é admitido que estes novos usuários teriam um comportamento semelhante na redução do seu consumo.

nômica da eficiência. Neste caso, a gestão das águas é admitida como sendo uma atividade que procura fornecer maiores benefícios do que custos.

A cobrança pode ser utilizada como um instrumento de gestão para atingir objetivos ambientais, dependendo da metodologia a ser empregada. O ideal seria estimar os custos sociais (externalidades). Mas, parece que a opção mais eficaz é a determinação de objetivos ambientais e fixar a cobrança para atingir estes objetivos, incentivando ações de minimização de impactos negativos gerados ao meio ambiente.

A escolha entre qual instrumento econômico é mais apropriado depende também dos objetivos da política ambiental e das regulamentações seguidas pelas organizações, estando a efetividade econômica relacionada com a implementação daquele instrumento que maximize seus resultados e minimize seus custos. Assim, mecanismos de cobrança, juntamente com outras ferramentas de intervenção econômica, podem contribuir para a diminuição das implica-

ções negativas geradas pela poluição sobre o meio-ambiente e o bem-estar social. Entretanto, é natural esperar que a cobrança perca seu efeito de reduzir o consumo na medida em que ela for absorvida pelos usuários, não porque esses estariam dispostos a pagar, mas simplesmente porque eles se acostumam a pagar ao mesmo tempo em que o esforço de redução não compensa o benefício do uso da água.

De qualquer forma, dado o exposto, é possível que a cobrança possa induzir o comportamento racional no uso da água de uma maneira mais eficaz num curto prazo. A médio e longo prazo, entretanto, a cobrança, se não vir acompanhada de outros instrumentos de controle e estímulo, acaba reduzindo seu efeito. A mudança de paradigma que se espera, portanto, muito provavelmente virá através de uma mudança cultural. Esta, promovida pela integração entre instrumentos econômicos e educação ambiental, aproveitando-se de cada um as suas principais vantagens.

Referências

- ADAMS, B. G. Educação Ambiental. In: **IAMA - Instituto Águas da Mata Atlântica** (2006). Disponível em <http://www.iama.org.br/educacao_ambiental.htm>. Acesso em: 08 de nov. 2007.
- BIOLAT, G. **Marxisme et environnement**. Paris: Editions Sociales. 273 p. 1973.
- BRASIL. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. **Institui a Política Nacional de Meio Ambiente**. Brasília, DF, 1981.
- BRASIL. Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, DF, 1997.
- BRASIL. Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999. **Institui a Política Nacional de Educação Ambiental**. Brasília, DF, 1999.
- BRASIL. **Programa Nacional de Educação Ambiental – ProNEA**. Ministério do Meio Ambiente: Diretoria de Educação Ambiental, Ministério da Educação: Coordenação Geral de Educação Ambiental. 3a. ed., 102 p.. Brasília, DF, 2005.
- BRESSAN, D. **Gestão racional da natureza**. São Paulo: HUCITEC (Coleção Geografia: Teoria e Realidade, n. 33). 108 p. 1994.
- BUSTOS, M. R. L. **A educação ambiental sob a ótica da gestão dos recursos hídricos**. 194 f., Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) - USP, São Paulo. 2003.
- BYRNS, R. T., STONE, G. W. **Microeconomics**. Nova Iorque: HarperCollins College Publishers. 452 p. 1992.
- CAIRNCROSS, F. **Meio ambiente: custos e benefícios**. São Paulo: Nobel. 268 p. 1992.
- CÂNEPA, E. M., PEREIRA, J. S., LANNA, A. E. A Política de Recursos Hídricos e o Princípio Usuário-Pagador. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 4, n. 1, p. 103-117, 1999.
- CÂNEPA, E. M., TAVARES, V. E., LANNA, A. E. e PEREIRA, J. S. **Perspectivas de utilização de instrumentos econômicos na política e gestão ambiental: o caso dos recursos hídricos**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1998, Gramado, RS. Disponível em: <<http://jaildo.chez-alice.fr/singreh4.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2007.
- CEPA. **Canadian Environmental Protection Agency - Economic Instruments**. 1997. Disponível em: <<http://www.iph.ufrgs.br/posgrad/disciplinas/hidp04/hidp04.htm>>. Acesso em: 15 out. 2007.
- DIAS, G. F. **Educação ambiental: princípios e práticas**. São Paulo: Gaia, 6a. ed., 2000.
- FORGIARINI, F. R. **Modelagem da cobrança pelo uso da água bruta para aplicação em escala real na bacia do rio Santa Maria**. Dissertação de Mestrado. 2006. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- FRANKE, A. E. Questionamento da cobrança como instrumento de gestão dos recursos hídricos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1998, Gramado, RS. **Anais IPH/RECOPE/REHIDRO**, 1998.

HARDIN, G. (1968). The tragedy of the commons. *Science*, vol. 162, n. 3859, p. 1243-1248. Disponível em: <<http://dieoff.org/page95.htm>>. Acesso em: 23 jul. 2007.

LANNA, A. E. **Instrumentos econômicos de gestão das águas: aplicações no Brasil**. Relatório de Consultoria Contratada pelo Ministério do Meio Ambiente. 2001.

PARIKH, P., TAYLOR, M. A., HOAGLAND, T., THURSTON H., SHUSTER, W. Application of market mechanisms and incentives to reduce stormwater runoff - an integrated hydrologic, economic and legal approach. **Environmental Science & Policy**, vol. 8, n. 2, p. 133-144, 2005. Disponível em: <http://www.msdcg.org/downloads/wetweather/greenreport/Files/Green_Report_

PEARCE, D.W., TURNER, R.K. **Economics of Natural Resources and the Environment**. Harvester Wheatsheaf, 1989.

PIGOU, A. C. **The economics of welfare**. London: Macmillan and Co., 4a. ed., 1932. Disponível em: <<http://www.econlib.org/library/NPDBooks/Pigou/pgEW.html>>. Acesso em: 20 out. 2007.

QDAIS, H. A. A., NASSAYB, H. I. al. Effect of pricing policy on water conservation: a case study. **Water Policy**, vol. 3, n. 3, p. 207-214, 2001. Disponível em: <<http://www.ingentaconnect.com/content/els/13667017/2001/00000003/00000003>>. Acesso em: 15 set 2007.

SEROA DA MOTA, R., RUITENBEEK, J., HUBER, R. **Uso de instrumentos econômicos na gestão ambiental da América Latina e Caribe: lições e recomendações**. IPEA, texto para discussão nº 440, 1996.

ZYLICZ, T. Instruments for water management at the drainage basin scale. **Ecological Economics**, vol. 47, n. 1, p. 43-51, 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VDY-49W2P3P-2/2/f66ae068b9ff6dfebb31c770fb41e5a1>> Acesso em: 14 set. 2007.

Francisco Rossarolla Forgiarini Engenheiro Civil e doutorando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS. Professor Substituto na UFSM. E-mail: francisco_forgiarini@yahoo.com.br.

Roger Vigley Girard Geólogo e doutorando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS. E-mail: vigleygirardi@gmail.com.

Janete Teresinha Reis Geógrafa e doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS. E-mail: georeis2003@yahoo.com.br.

André Luiz Lopes da Silveira Professor da UFRGS e Diretor do IPH/UFRGS. E-mail: andreiph@terra.com.br.

Monitoramento das Águas Subterrâneas e Lixiviado do Local de Disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Passo Fundo - RS

Márcia Helena Beck
Eduardo Pavan Korf
Viviane Rocha dos Santos
Antonio Thomé
Pedro Alexandre Varella Escosteguy

RESUMO: Os resíduos sólidos urbanos (RSU) representam um problema ambiental, devido ao alto custo de tratamento e disposição e potencial poluidor. As áreas inadequadas de disposição destes resíduos apresentam problemas de vulnerabilidade ambiental pela falta de técnicas de controle de contaminação do solo e das águas. Esses locais, mesmo que apresentem condições de controle, necessitam do monitoramento contínuo da qualidade das águas subterrâneas em função do risco existente. O objetivo do presente trabalho é apresentar os resultados do monitoramento das águas subterrâneas do local de disposição de RSU do município de Passo Fundo (RS). A lagoa de contenção de lixiviado e os quatro poços executados na área foram monitorados durante o período de junho de 2004 a janeiro de 2005. Realizaram-se análises físico-químicas e biológicas. A análise das precipitações também foi realizada. Os resultados mostraram que as águas subterrâneas estão contaminadas com o lixiviado produzido pelos resíduos sólidos depositados junto ao aterro controlado.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoa de contenção de lixiviado, Contaminação de águas subterrâneas, Monitoramento de águas subterrâneas.

ABSTRACT: Urban solid wastes constitute a major municipal management issue due to high treatment/disposal costs and potential environmental impacts. Inadequate disposal siting contributes to environmental vulnerability, especially because of the absence of both soil and water contamination controls. However, even when adequate control is provided, solid waste disposal sites demand continuous groundwater quality monitoring for risk management and mitigation purposes. The present work discuss the results of a comprehensive monitoring program performed at the urban solid waste disposal site in Passo Fundo-RS city, Rio Grande do Sul state, from June 2004 to January 2005. It was carried out physical-chemical and biological analyses on samples extracted directly from both the leachate contention lagoon and from four downstream monitoring wells. The precipitation was also analyzed. The results have shown that groundwater is contaminated by the solid waste leachate.

KEY-WORDS: leachate contention lagoon, groundwater contamination, groundwater monitoring.

INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) constituem um sério problema ambiental para as administrações públicas, devido ao seu alto custo de tratamento e disposição, e potencial poluidor. A cada dia, uma grande quantidade de RSU é depositada de forma inadequada. De acordo com os resultados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000), 30,5 % dos RSU no Brasil são depositados em lixões. Para a região sul do Brasil, Jucá (2002) mostra que 25,9 % dos resíduos são dispostos nesses locais.

Nos lixões, os RSU são dispostos a céu aberto, sem impermeabilização do solo e sem tratamento do

lixiviado e dos gases gerados, causando contaminações e comprometendo o ambiente e a saúde humana. Os principais problemas provocados por este meio de disposição são: proliferação de vetores de doenças, geração de maus odores e, poluição do solo e das águas subterrâneas e superficiais, pela infiltração do lixiviado resultante dos processos de decomposição dos RSU (Tressoldi, 1998).

A composição gravimétrica dos RSU produzidos no Brasil, segundo pesquisa feita por Alcantara (2007) em cidades brasileiras, apresenta em média mais de 50 % de matéria-orgânica, cerca de 35 % de materiais recicláveis e de 10 % a 15 % de rejeitos (outros). Com

a disposição inadequada, outros resíduos perigosos podem estar presentes, como é o caso de resíduos industriais e dos próprios resíduos domésticos. Segundo Oliveira e Jucá (2004), a decomposição dos resíduos gera o lixiviado, que apresenta características físico-químicas e microbiológicas que conferem concentrações variadas de compostos orgânicos e inorgânicos perigosos. Conforme Costa (2002), o lixiviado é constituído basicamente por água rica em sais, metais tóxicos e matéria orgânica, podendo a concentração dessa última chegar a níveis de até cem vezes o valor da concentração em esgotos domésticos.

O lixiviado pode permear as camadas de fundo dos locais de disposição e contaminar o solo e a água subterrânea. Esses locais, mesmo que apresentem condições de controle das contaminações, necessitam do monitoramento contínuo da qualidade das águas subterrâneas, uma vez que a composição do lixiviado é muito variada e muitas vezes se desconhece o comportamento da interação do contaminante com as barreiras de fundo (Lange et al, 2002; Pessin et al., 2003).

Além disso, o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas nas áreas de disposição de resíduos sólidos constitui uma ferramenta de tomada de decisão na gestão de recursos hídricos, pois auxilia na tomada de decisões de gerenciamento no caso de suspeita de contaminação e degradação da qualidade hídrica. Se isto for evidenciado, a solução é a aplicação de técnicas de remediação e contenção da propagação da pluma de contaminação.

O objetivo deste trabalho foi apresentar e discutir os resultados do monitoramento das águas subterrâneas e do lixiviado do local de disposição de RSU do município de Passo Fundo (RS).

METODOLOGIA

Local do estudo

O presente estudo foi realizado na Usina de Reciclagem, Compostagem e Destinação final dos RSU do município de Passo Fundo (RS), localizada próxima à RS 324, rodovia Passo Fundo – Marau, entre as coordenadas 28°25' de latitude Sul e 52°40' de longitude Oeste, no município de Passo Fundo (RS).

O local possui solo de origem residual, com classificação pedológica, segundo Streck et al. (2002), de um Latossolo Vermelho distrófico típico (unidade Passo Fundo) e classificação geotécnica de CH, ou argila de alta compressibilidade. Streck et al. (2002)

destaca que este tipo de solo constitui um material intemperizado com predominância de argilo-mineral caulina e teores elevados de óxidos de ferro (> 18 %), apresentando como características: pH ácido, alto teor de argila, baixo teor de matéria orgânica e baixa CTC.

Este local vem sendo utilizado para a disposição inadequada de RSU produzido pelo município desde 1991. A partir de 2001, teve início a operação na forma de aterro controlado. Entretanto, esta medida não se concretizou e ainda persiste a vulnerabilidade de contaminações do ar, solo e mananciais.

A área possui cerca de 3,5 hectares e recebe 150 toneladas de RSU por dia, sendo 100 toneladas de resíduos domiciliares. Os resíduos que chegam à usina passam por triagem, e os materiais recicláveis, como papel, papelão, metais, plásticos rígidos e uma parte dos plásticos filmes, são separados. O rejeito desta triagem vai para o aterro controlado existente na área.

Em junho de 2004, a área do aterro foi mapeada com auxílio de GPS de navegação (*Global Positioning System*), em que foram marcadas as localizações dos poços de monitoramento, do local de recebimento de embalagens de agrotóxicos, da célula de resíduos em operação e da lagoa de lixiviado, conforme apresentado na Figura 1.

Poços de monitoramento de água subterrânea

Os poços foram executados de acordo com a norma 6410 da Cetesb (CETESB, 1999), que descreve o procedimento para construção de poços de monitoramento de aquíferos freáticos. A execução ocorreu no mês de maio de 2004, sendo um à montante (Poço 1) e três à jusante (Poços 2, 3 e 4) da célula de resíduos em operação, conforme apresentado na Figura 1.

De acordo com a Figura 1 e com as características hidrogeológicas e topográficas os poços 2 e 3 apenas podem receber contaminantes provenientes da lagoa de contenção de lixiviado, enquanto o poço 4 pode receber contaminações tanto da antiga célula de disposição de resíduos como da lagoa de contenção de lixiviado.

A Figura 2 apresenta a profundidade dos poços de monitoramento e os níveis máximo e mínimo do lençol freático.

Lagoa de contenção de lixiviado

A área de disposição de RSU possui uma lagoa de coleta e contenção do lixiviado proveniente da

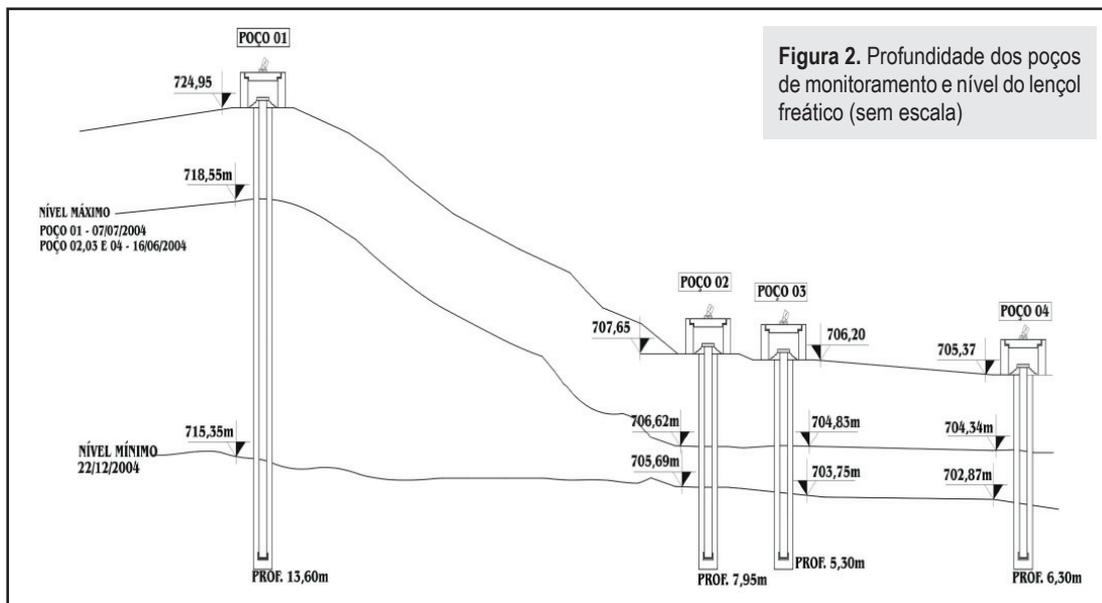
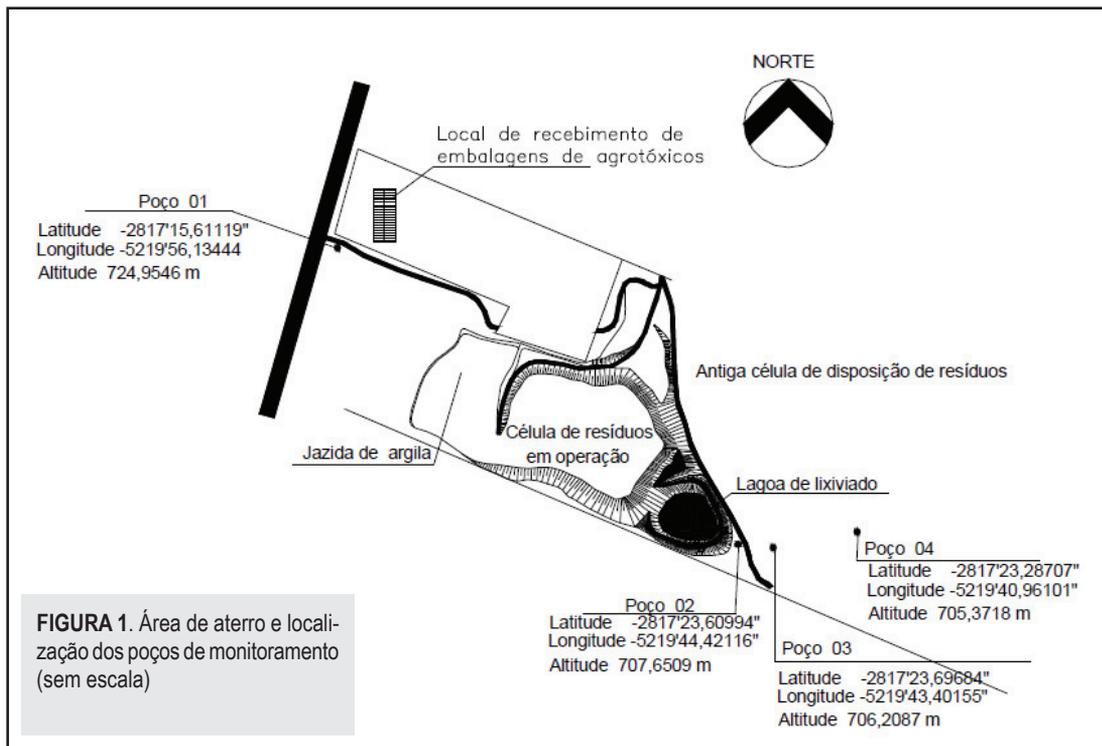


FIGURA 3. Lagoa de contenção da célula de resíduos em operação do aterro



célula de resíduos em operação. Esta lagoa não possui barreira de impermeabilização de fundo e nem descarga para corpo receptor, o que constitui um risco à contaminação subterrânea. A Figura 3 apresenta uma vista da lagoa de contenção de lixiviado.

Monitoramento das precipitações

As precipitações do município de Passo Fundo (RS) foram obtidas a partir de dados da estação meteorológica da Embrapa Trigo (Estação 83914 - Passo Fundo (INMET) - Convencional). Foram observadas precipitações mensais desde o ano de 1986.

Amostragens e análises de água subterrânea e lixiviado

As amostragens foram realizadas no período de junho de 2004 a janeiro de 2005. A amostragem de lixiviado foi feita na saída da célula de resíduos e na lagoa de contenção, enquanto que, para a água subterrânea a amostragem seguiu a norma 6420 da CETESB (1999).

As amostras foram submetidas à caracterização físico-química e microbiológica no Laboratório de Controle de Efluentes, de Águas e de Microbiologia da Universidade de Passo Fundo. As análises seguiram a metodologia descrita em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998). Os parâmetros analisados foram: pH, DQO, DBO₅, cloretos, nitrato, nitritos, nitrogênio total, dureza,

turbidez, condutividade elétrica, cromo hexavalente, sódio, zinco, cobre, ferro, magnésio, potássio, coliformes totais, coliformes fecais e contagem de bactérias heterotróficas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Precipitações

A tabela 1 apresenta as precipitações mensais e anuais, para o município de Passo Fundo, desde o ano de 1986. Para esse período a média geral foi de 161,8 mm. No quadro pode-se verificar que os meses de maior precipitação média são Janeiro, Maio, Setembro, Outubro e Dezembro.

A tabela 1 permitiu verificar que as precipitações, observadas nos meses junho, julho, agosto, outubro e novembro de 2004 e janeiro de 2005, estiveram abaixo da média de 20 anos (1986-2005). Os desvios em relação à média para os meses de junho, julho, agosto, outubro e novembro de 2004 e janeiro de 2005 foram 12 %, 41 %, 52 %, 17 %, 24 % e 41 %, respectivamente. Portanto, os meses que apresentaram maior desvio em relação à precipitação média mensal foram julho e agosto de 2004 e janeiro de 2005.

Qualidade do lixiviado

As tabelas 2 e 3 são apresentadas os resultados obtidos das análises físico-químicas e microbiológicas do lixiviado coletado na saída da célula de resíduos e na lagoa de contenção. Além disso, apresenta-se

TABELA 1
Valores mensais e anuais de precipitações pluviométricas de Passo Fundo (RS),
observados no período de 1986 a 2005

Ano	Precipitação Mensal (mm)												Anual (mm)
	Jan.	Fev.	Mar.	Abril	Mai	Junho	Julho	Ago	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
1986	80,7	64,0	126,9	245,8	147,5	106,9	54,1	146,8	171,3	132,4	249,8	63,4	1589,6
1987	137,4	120,9	49,8	311,1	324,6	73,4	312,8	127,3	137,5	202,7	82,7	130,1	2010,3
1988	261,1	32,5	22,5	230,2	119,1	152,8	20,8	28,0	416,5	143,7	114,4	198,9	1740,5
1989	228,2	121,8	120,4	101,5	54,4	74,2	210,5	173,8	451,8	153,2	92,8	160,2	1942,8
1990	200,5	123,6	155,5	262,8	341,0	221,5	123,5	28,7	332,1	248,2	254,5	101,4	2393,3
1991	147,1	19,3	45,9	109,7	45,5	240,7	95,4	92,4	58,5	179,5	80,7	264,3	1379,0
1992	183,2	164,4	203,1	118,1	386,7	109,9	241,6	147,8	186,3	136,5	280,2	130,3	2288,1
1993	255,5	152,7	197,0	75,0	176,2	137,2	284,0	15,2	136,5	154,2	273,9	259,0	2116,4
1994	55,2	333,6	69,8	193,6	152,2	198,8	243,0	46,0	161,7	308,7	138,1	235,2	2135,9
1995	300,9	84,0	73,5	68,1	21,4	174,7	135,9	76,1	135,4	198,6	78,2	31,6	1378,4
1996	355,3	135,2	104,5	75,9	73,9	140,6	126,1	213,9	119,5	157,8	107,4	123,2	1733,3
1997	156,3	129,8	33,2	69,5	103,7	114,4	115,8	257,5	152,0	550,4	339,9	235,5	2258,0
1998	231,0	357,6	229,9	342,2	201,0	82,7	191,0	257,4	204,2	118,9	68,5	122,5	2406,9
1999	125,3	114,4	65,4	188,3	108,7	94,3	176,8	19,4	149,5	177,1	118,6	131,1	1468,9
2000	143,6	105,7	267,4	76,1	76,8	205,5	148,1	83,8	169,0	339,3	164,2	159,9	1939,4
2001	212,5	196,5	110,5	118,4	164,6	106,3	103,5	28,1	240,0	275,5	116,9	194,1	1866,9
2002	96,0	76,7	356,8	135,9	192,4	241,9	146,2	233,8	253,6	372,3	205,0	329,5	2640,1
2003	176,2	265,0	128,3	114,3	107,3	152,6	100,6	57,5	64,0	237,1	168,2	391,5	1962,6
2004	97,5	123,0	26,7	142,3	222,4	133,5	88,8	53,0	234,3	193,2	121,9	67,3	1503,9
2005	104,5	26,1	88,3	291,9	317,0	273,1	83,7	135,4	152,7	384,8	138,8	81,6	2077,9
Média	177,4	137,3	123,8	163,5	166,8	151,7	150,1	111,1	196,3	233,2	159,7	170,5	1941,6

TABELA 2
Análise do lixiviado coletado na saída da célula de resíduos

Parâmetros analisados	Jun. 2004	Jul. 2004	Ago. 2004	Out. 2004	Nov. 2004	Jan. 2005	Faixa de valores p/ aterro novo	Resolução 128 CONSEMA (2006)
pH	8,54	7,42	7,99	8,10	8,07	7,27	4,5-7,51 / 5,3-8,42	6 - 9
DQO (mg.L ⁻¹ O ₂)	1959	1523	24076	5346	4077	44295	3000 - 600001 / 246-750002	400 (Q = 20 m ³ /d)
DBO5 (mg.L ⁻¹ O ₂)	944	480	8170	1960	1880	12450	2000-300001 / 5,90-720002	180 (Q = 20 m ³ /d)
DBO5/DQO	0,48	0,31	0,34	0,37	0,46	0,28	N.R.	N.R.
Cromo hexavalente (mg.L ⁻¹)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.A.	N.A.	N.R.	0,1
Cloretos (mg.L ⁻¹)	281	154	204	447	396	398	200-30001	N.R.
Sódio (mg.L ⁻¹)	145,09	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	200-25001	N.R.
Zinco (mg.L ⁻¹)	0,09	N.A.	0,4	N.A.	N.A.	N.A.	02-13442	2
Cobre (mg.L ⁻¹)	N.D.	N.A.	N.D.	N.A.	N.A.	N.A.	0-9,902	0,5
Ferro (mg.L ⁻¹)	6,75	N.A.	27,2	N.A.	N.A.	N.A.	50-12001 / 0,08-55002	10
Magnésio (mg.L ⁻¹)	1,66	N.A.	1,6	N.A.	N.A.	N.A.	50-15001	N.R.
Potássio (mg.L ⁻¹)	736,65	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	200-10001	N.R.
Dureza (mg.L ⁻¹)	46,80	41,50	648	62,3	64,2	1128	300-100001	N.R.
Turbidez (NTU)	500,7	204,4	621,2	180,8	253	772,0	N.R.	N.R.
Nitrito (mg.L ⁻¹)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.R.	N.R.
Nitrato (mg.L ⁻¹)	4,8	81,6	112,4	N.D.	41,2	472,0	5-401	N.R.
Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)	192,3	154,0	1.028,0	457,90	242,10	1926,0	N.R.	20 (Q<100 m ³ /d)
Condutividade (ms.cm ⁻¹)	5.630,0	2.960,0	14350,0	4710,00	17659,0	21400,0	N.R.	N.R.
Coliformes Totais (NMP/100mL)	1,6.105	1,4.106	1,6.106	1,6.104	4,5.03	1,7.105	N.R.	N.R.
Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	1,6.105	2,8.105	3,0.10 5	4,6.x103	4,5.103	1,7.105	N.R.	N.R.
Contagem de Bact. Heterotróficas (UFC/mL)	8,0.105	2,5.105	1,5.105	1,5.105	8,5.105	2,5.105	N.R.	N.R.

N.R - Não referenciado; N.D. - Não detectado; N.A. - Não analisado; 1-Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993); 2- Gomes (1995)

TABELA 3
Análise do lixiviado coletado na lagoa de contenção

Parâmetros analisados	Jun. 2004	Jul. 2004	Ago. 2004	Out. 2004	Nov. 2004	Jan. 2005	Faixa de valores p/ aterro novo	Resolução 128 CONSEMA (2006)
pH	8,51	7,7	8,37	9	8,79	8,51	4,5-7,5 ¹ / 5,3-8,4 ²	6 - 9
DQO (mg.L ⁻¹ O ₂)	1959	1447	13543	2192	1884	5496	3000 - 60000 ¹ / 246-75000 ²	400 (Q = 20 m ³ /d)
DBO ₅ (mg.L ⁻¹ O ₂)	550	440	3680	859	498	1480	2000-30000 ¹ / 5,90-72000 ²	180 (Q = 20 m ³ /d)
DBO ₅ /DQO	0,28	0,3	0,27	0,39	0,26	0,27	N.R.	N.R.
Cromo hexavalente (mg.L ⁻¹)	N.D.	N.D.	N.D.	N.A.	N.A.	N.A.	N.R.	0,1
Cloretos (mg.L ⁻¹)	278	487	1.252	296	246	780	200-3000 ¹	N.R.
Sódio (mg.L ⁻¹)	146,67	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	200-2500 ¹	N.R.
Zinco (mg.L ⁻¹)	0,1	N.A.	N.D.	N.A.	N.A.	N.A.	0 ² -1344 ²	2
Cobre (mg.L ⁻¹)	0,03	N.A.	N.D.	N.A.	N.A.	N.A.	0-9,90 ²	0,5
Ferro (mg.L ⁻¹)	7,45	N.A.	5,8	N.A.	N.A.	N.A.	50-1.200 ¹ / 0,08- 5.500 ²	10
Magnésio (mg.L ⁻¹)	1,56	N.A.	1,6	N.A.	N.A.	N.A.	50-1500 ¹	N.R.
Potássio (mg.L ⁻¹)	707,19	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	200-1000 ¹	N.R.
Dureza (mg.L ⁻¹)	51,8	40,3	352	52,5	46,3	390	300-10000 ¹	N.R.
Turbidez (NTU)	377,7	184,4	170,4	102,4	181,2	1.120	N.R.	N.R.
Nitrito (mg.L ⁻¹)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.R.	N.R.
Nitrato (mg.L ⁻¹)	4,6	84,2	77,2	N.D.	20,7	15,6	5-40 ¹	N.R.
Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)	189,69	151,1	640	242	183,07	128	N.R.	20 (Q<100 m ³ /d)
Condutividade (ms.cm⁻¹)	5630	3580	6190	1495	7040	1169	N.R.	N.R.
Coliformes Totais (NMP/100mL)	3,5.10 ³	3,5.10 ⁴	6,8.10 ³	7,9.10 ²	4,5.10 ³	N.D.	N.R.	N.R.
Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	3,5.10 ³	1,1.10 ⁵	1,1.10 ³	7,9.10 ²	2,0.10 ⁴	N.D.	N.R.	N.R.
Contagem de Bact. Heterotróficas (UFC/mL)	8,0.10 ⁵	9,5.10 ⁵	1,5.10 ⁵	2,5.10 ⁵	2,5.10 ⁵	5,0.10 ³	N.R.	N.R.

N.R - Não referenciado; N.D. - Não detectado; N.A. - Não analisado; 1-Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993); 2-Gomes (1995)

uma comparação com a faixa de valores encontrados em aterros sanitários segundo Tchobanoglous et al. (1993) e Gomes (1995) para aterros jovens (menos de 2 anos) e a Resolução N° 128 do CONSEMA (2006), para emissão de efluentes líquidos em águas superficiais.

Destaca-se, considerando-se os valores apresentados nas tabelas 2 e 3, que os valores de pH encontrados na saída da célula de resíduos e na lagoa de contenção estão de acordo com a faixa de variação proposta pela resolução N° 128 do CONSEMA (CONSEMA, 2006), uma vez que variaram de 7,27 a 9,0 nos meses analisados. Os mesmos se enquadram, em parte, em conformidade na faixa de 5,3 a 8,4, proposta por Gomes (1995), para aterros novos.

Conforme a resolução N° 128 do CONSEMA (CONSEMA, 2006) os valores de DQO e DBO₅ na saída da célula de resíduos e na lagoa de contenção, não estão de acordo com o proposto por esta legislação. Os resultados indicam que, na lagoa de contenção, apenas houve uma redução na concentração de DQO e DBO₅ do lixiviado, pois a mesma atua na diluição do lixiviado. Os valores de DQO e DBO₅ enquadram-se aos valores propostos por Gomes (1995), para aterros novos, pois se apresentaram no limite inferior da faixa proposta (246 mg.L⁻¹ – 75000 mg.L⁻¹), com exceção aos meses agosto de 2004 e janeiro de 2005, para o efluente provindo da célula de resíduos.

Segundo Tchobanoglous et al. (1993), a biodegradabilidade do lixiviado varia com o tempo e esta variação pode ser monitorada, relacionando-se a razão DBO₅/DQO. No início, as taxas variam em torno de 0,5 ou maiores. Taxas de 0,4 a 0,6 levam a indicação de que o material orgânico presente no lixiviado é facilmente biodegradável. Em lixiviados maduros essa proporção freqüentemente é de 0,05 a 0,2, sendo que essa taxa cai devido à presença de ácidos húmicos e fúlvicos, que são de difícil biodegradabilidade. Os resultados obtidos nas amostras de lixiviado do aterro indicam que o lixiviado analisado encontra-se na fase jovem e com relativa biodegradabilidade, pois a proporção DBO₅/DQO encontrada foi de 0,28 a 0,48.

Cromo hexavalente e nitritos não foram identificados nas análises do lixiviado. O cromo hexavalente satisfaz o parâmetro proposto pela resolução N° 128 do CONSEMA (CONSEMA, 2006).

Cloretos, sódio, zinco, cobre, ferro, magnésio, potássio e dureza apresentaram-se, na maioria dos

casos, dentro da faixa proposta por Tchobanoglous et al. (1993) e por Gomes (1995). No caso dos parâmetros propostos pela resolução N° 128 do CONSEMA (CONSEMA, 2006), o ferro não satisfaz a condição no lixiviado da saída da célula de resíduos, no mês de agosto de 2004.

A concentração baixa dos íons metálicos cromo hexavalente, zinco e cobre pode ser atribuída à baixa solubilidade desses íons na faixa do pH básico e ao alto teor de matéria orgânica, pois podem precipitar na forma de hidróxidos e formar complexos com a matéria orgânica Buschinelli (1985 apud Sisinho e Moreira, 1996). As concentrações baixas, também, são resultado das características do aterro, que recebe resíduos sólidos domésticos em maior quantidade e baixas quantidades de resíduos sólidos industriais.

Nitrogênio total não foi referenciado na faixa proposta por Tchobanoglous et al. (1993) e por Gomes (1995). Os valores obtidos não respeitaram o parâmetro da resolução N° 128 do CONSEMA (CONSEMA, 2006), tanto para o lixiviado da saída da célula de resíduos como para o coletado na lagoa de contenção, para vazões de efluentes abaixo de 100 m³.dia⁻¹. A presença de nitrogênio total reduzida no lixiviado coletado na lagoa em relação ao lixiviado coletado na saída da célula reduzida pode ter ocorrido através de oxidação e formação de nitrato.

Nitrato não se apresentou na faixa proposta por Tchobanoglous et al. (1993), na maioria dos meses, e não foi referenciado na resolução n° 128 do CONSEMA (CONSEMA, 2006). Não foi observado aumento considerável de nitrato no lixiviado da lagoa em relação ao coletado diretamente da célula de resíduos. No entanto, isso não descarta a hipótese de oxidação, pois segundo Lee et al. (2006), após oxidação o nitrato apresenta alta mobilidade, o que pode ocasionar contaminação rápida em outros sistemas como o lençol freático.

Turbidez, condutividade elétrica, coliformes totais e fecais e contagem de bactérias heterotróficas não foram referenciados nas faixas propostas por Tchobanoglous et al. (1993), por Gomes (1995) e nos parâmetros da resolução N° 128 do CONSEMA (CONSEMA, 2006). Condutividade elétrica apresentou grande oscilação principalmente para o lixiviado provindo da célula de resíduos, o que indica a presença de substâncias iônicas como sais. A presença de coliformes (totais e fecais) confere um potencial de contaminação microbiológica.

Qualidade da água Subterrânea

Nas tabelas 4 a 7 são apresentados os resultados das análises de água subterrânea dos quatro poços de monitoramento e a comparação com os valores máximos permitidos segundo à portaria Nº 518 do

Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), que estabelece os padrões para consumo humano e à Resolução Nº 396 do CONAMA (CONAMA, 2008), que estabelece parâmetros para enquadramento de água subterrânea.

TABELA 4
Análise da água subterrânea do poço 01 em comparação com os valores máximos permitidos

Parâmetros analisados	Jun. 2004	Jul. 2004	Ago. 2004	Out. 2004	Nov. 2004	Jan. 2005	VMP (BRASIL, 2004)	Res. 396 (CONAMA, 2008)
pH	6,75	6,97	5,65	5,99	5,83	5,81	6 - 9,5	N.R.
DQO (mg.L ⁻¹ O ₂)	24	15,2	60	4,1	8	12	N.R.	N.R.
DBO ₅ (mg.L ⁻¹ O ₂)	9,8	6,5	27,2	1,8	4,5	3,6	N.R.	N.R.
Cromo hexavalente (mg.L ⁻¹)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.A	N.A	N.R.	N.R.
Cloretos (mg.L ⁻¹)	0,2	3,47	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	250	250
Sódio (mg.L ⁻¹)	0,3	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	200	200
Zinco (mg.L ⁻¹)	0,01	N.A.	N.D.	N.A.	N.A.	N.A.	5	5
Cobre (mg.L ⁻¹)	N.D.	N.A.	N.D.	N.A.	N.A.	N.A.	2	2
Ferro (mg.L ⁻¹)	0,43	N.A.	0,15	N.A.	N.A.	N.A.	0,3	0,3
Magnésio (mg.L ⁻¹)	N.D.	N.A.	0,22	N.A.	N.A	N.A.	N.R.	N.R.
Potássio (mg.L ⁻¹)	0,18	N.A.	N.A.	N.A	N.A	N.A.	N.R.	N.R.
Dureza (mg.L ⁻¹)	3,93	3,6	8,34	0,8	4,28	1,6	500	N.R.
Turbidez (NTU)	71,13	133,1	1,32	22,56	10,73	0,8	5	N.R
Nitrito (mg.L ⁻¹)	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	1	1
Nitrato (mg.L ⁻¹)	0,9	5,53	4,62	N.D.	2,07	0,50	10	10
Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)	2,03	1,93	4,39	0,85	1,49	1	N.R.	N.R.
Condutividade Elétrica (ms.cm⁻¹)	65,9	38,0	206,0	13,61	2,17	18,05	N.R.	N.R
Coliformes Totais (NMP/100mL)	2,20x10 ³	4,90x10 ²	3,60	23,0	3,60	23,0	ausência/100mL	ausência/100 mL
Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	7,00x10 ²	3,30x10 ²	ausência	ausência	ausência	ausência	ausência/100mL	ausência/100 mL
Contagem de Bact. Heterotróficas (UFC/mL)	2,00x10 ⁵	2,80.10 ⁵	4,50.10 ³	4,50.10 ³	2,50.10 ⁴	7,00.10 ³	> 500	N.R.

N.R. - Não referenciado N.D. - Não detectado N.A. - Não analisado VMP – Valor máximo permitido

TABELA 5
Análise da água subterrânea do poço 02 em comparação com os valores máximos permitidos

Parâmetros analisados	Jun. 2004	Jul. 2004	Ago. 2004	Out. 2004	Nov. 2004	Jan. 2005	VMP (BRASIL, 2004)	Res. 396 (CONAMA, 2008)
pH	7,16	6,56	5,65	5,81	5,49	5,44	6 - 9,5	N.R.
DQO (mg.L ⁻¹ O ₂)	16	144	53	8,3	4	3,72	N.R.	N.R.
DBO ₅ (mg.L ⁻¹ O ₂)	11,3	62	25,5	3,2	2,2	1,2	N.R.	N.R.
Cromo hexavalente (mg.L ⁻¹)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.A.	N.A.	N.R.	N.R.
Cloretos (mg.L ⁻¹)	6,9	6,9	N.D.	10,4	N.D.	N.D.	250	250
Sódio (mg.L ⁻¹)	1,13	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	200	200
Zinco (mg.L ⁻¹)	0,02	N.A.	0,01	N.A.	N.A.	N.A.	5	5
Cobre (mg.L ⁻¹)	N.D.	N.A.	N.D.	N.A.	N.A.	N.A.	2	2
Ferro (mg.L ⁻¹)	0,11	N.A.	N.D.	N.A.	N.A.	N.A.	0,3	0,3
Magnésio (mg.L ⁻¹)	0,03	N.A.	0,16	N.A.	N.A.	N.A.	N.R.	N.R.
Potássio (mg.L ⁻¹)	0,89	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.R.	N.R.
Dureza (mg.L ⁻¹)	6,29	7,2	5,64	1,5	2,15	1	500	N.R.
Turbidez (NTU)	10,6	78	0,36	2,14	1,33	16,56	5	N.R.
Nitrito (mg.L ⁻¹)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1	1
Nitrato (mg.L ⁻¹)	0,35	4,31	4,19	N.D.	2,1	0,64	10	10
Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)	2,24	2,46	4,07	0,96	0,43	N.A.	N.R.	N.R.
Condutividade Elétrica (ms.cm⁻¹)	140,1	31,0	103,50	15,66	15,55	12,89	N.R.	N.R.
Coliformes Totais (NMP/100mL)	7,80.10 ²	ausente	ausente	3,60	12	1,1	ausência/100mL	ausência/100 mL
Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausência/100mL	ausência/100 mL
Contagem de Bact. Heterotróficas (UFC/mL)	6,0.10 ⁵	1,2.10 ⁴	2,0.10 ³	2,5.10 ³	2,0.10 ³	1,0.10 ³	> 500	N.R.

N.R. - Não referenciado N.D. - Não detectado N.A. - Não analisado VMP – Valor máximo permitido

TABELA 6
Análise da água subterrânea do poço 03 em comparação com os valores máximos permitidos

Parâmetros analisados	Jun. 2004	Jul. 2004	Ago. 2004	Out. 2004	Nov. 2004	Jan. 2005	VMP (BRASIL, 2004)	Res. 396 (CONAMA, 2008)
pH	7,1	6,01	5,5	5,64	5,14	5,24	6 - 9,5	N.R.
DQO (mg.L ⁻¹ O ₂)	106	186	36	8,3	96	7,9	N.R.	N.R.
DBO ₅ (mg.L ⁻¹ O ₂)	22	74	15,5	3,93	32	3,64	N.R.	N.R.
Cromo hexavalente (mg.L ⁻¹)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.A	N.A	N.R.	N.R.
Cloretos (mg.L ⁻¹)	N.D.	3,47	N.D.	13,9	3,22	7,8	250	250
Sódio (mg.L ⁻¹)	0,53	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	200	200
Zinco (mg.L ⁻¹)	0,03	N.A	N.D.	N.A	N.A	N.A	5	5
Cobre (mg.L ⁻¹)	N.D.	N.A	N.D.	N.A	N.A	N.A	2	2
Ferro (mg.L ⁻¹)	0,16	N.A	N.D.	N.A	N.A	N.A	0,3	0,3
Magnésio (mg.L ⁻¹)	0,10	N.A	0,61	N.A	N.A	N.A	N.R.	N.R.
Potássio (mg.L ⁻¹)	0,72	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.R.	N.R.
Dureza (mg.L ⁻¹)	6,29	8,45	15,3	1,2	10,8	1,20	500	N.R.
Turbidez (NTU)	12,43	49,9	1,28	13,05	2,07	2,45	5	N.R.
Nitrito (mg.L ⁻¹)	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D.	1	1
Nitrato (mg.L ⁻¹)	0,32	3,97	4,07	17,1	10,8	2,01	10	10
Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)	2,32	2,25	3,01	2,38	1,07	1,93	N.R.	N.R.
Condutividade Elétrica (ms.cm⁻¹)	108,5	21	82,2	20,7	25,3	28	N.R.	N.R.
Coliformes Totais (NMP/100mL)	3,50.10 ⁴	ausente	6,90	Ausente	ausente	ausente	ausência/100mL	ausência/100 mL
Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	ausente	ausente	ausente	Ausente	ausente	ausente	ausência/100mL	ausência/100 mL
Contagem de Bact. Heterotróficas (UFC/mL)	1,5.10 ⁵	9,9.10 ⁴	2,5.10 ³	1,5.10 ⁴	6,5.10 ³	5,0.10 ³	> 500	N.R.

N.R. - Não referenciado N.D. - Não detectado N.A. - Não analisado VMP – Valor máximo permitido

TABELA 7
Análise da água subterrânea do poço 04 em comparação com os valores máximos permitidos

Parâmetros analisados	Jun. 2004	Jul. 2004	Ago. 2004	Out. 2004	Nov. 2004	Jan. 2005	VMP (BRASIL, 2004)	Res. 396 (CONAMA, 2008)
pH	6,75	6,49	6,38	6,65	6,6	6,52	6 - 9,5	N.R.
DQO (mg.L ⁻¹ O ₂)	43,5	152,3	94,8	38	36	17,7	N.R.	N.R.
DBO ₅ (mg.L ⁻¹ O ₂)	8,1	55	43,8	13,7	12,8	8,2	N.R.	N.R.
Cromo hexavalente (mg.L ⁻¹)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.A	N.A	N.R.	N.R.
Cloretos (mg.L ⁻¹)	N.D.	N.D.	N.D.	48,7	N.D.	12,6	250	250
Sódio (mg.L ⁻¹)	0,9	N.A	N.A	N.A	N.D.	N.A	200	200
Zinco (mg.L ⁻¹)	0,03	N.A	0,01	N.A	N.D.	N.A	5	5
Cobre (mg.L ⁻¹)	N.D.	N.A	N.D.	N.A	N.D.	N.A	2	2
Ferro (mg.L ⁻¹)	5,25	N.A	0,43	N.A	N.D.	N.A	0,3	0,3
Magnésio (mg.L ⁻¹)	0,46	N.A	0,55	N.A	N.D.	N.A	N.R.	N.R.
Potássio (mg.L ⁻¹)	3,41	N.A	N.A	N.A	N.D.	N.A	N.R.	N.R.
Dureza (mg.L ⁻¹)	5,19	12,6	10,8	5,6	6,8	2,8	500	N.R.
Turbidez (NTU)	143,1	35,04	56,6	52,12	23,79	106,6	5	N.R.
Nitrito (mg.L ⁻¹)	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	1	1
Nitrato (mg.L ⁻¹)	0,34	4,16	3,78	N.D.	1,44	0,2	10	10
Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)	0,21	1,28	4,71	0,96	2,24	N.D.	N.R.	N.R.
Condutividade Elétrica (ms.cm⁻¹)	99	1.792	7,19	54,2	59	109,6	N.R.	N.R
Coliformes Totais (NMP/100mL)	3,50.10 ⁴	9,40.10 ²	ausente	Ausente	3,60	5,1	ausência/100mL	ausência/100 mL
Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	2,00.10 ²	2,30.10 ²	ausente	Ausente	ausente	5,1	ausência/100mL	ausência/100 mL
Contagem de Bact. Heterotróficas (UFC/mL)	5,0. 10 ⁵	2,0. 10 ⁵	2,0.10 ³	5,5.10 ²	7,0.10 ⁴	8,0.10 ³	> 500	N.R.

N.R. - Não referenciado N.D. - Não detectado N.A. - Não analisado VMP – Valor máximo permitido

De acordo com as tabelas 4 a 7, os valores observados de cloreto, sódio, zinco, cobre, dureza e nitrito encontrados nos quatro poços obedeceram aos padrões de qualidade proposto pela portaria Nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) e/ou pela resolução Nº 396 do CONAMA (CONAMA, 2008). Porém, segundo Lima et al. (2004), isso não significa que a água seja adequada para consumo humano, pois outras características físico-químicas da água podem comprometer a sua qualidade, como neste caso é comprovado para outros parâmetros.

Os parâmetros não referenciados tanto pela portaria Nº 518 do Ministério da Saúde (2004) ou pela resolução Nº 396 do CONAMA (CONAMA, 2008) são DQO, DBO₅, cromo hexavalente, magnésio, potássio, nitrogênio total e condutividade elétrica. A ausência de referência de qualidade não exclui a importância de análise de tais parâmetros, uma vez que qualquer presença já pode se tornar um fator de alerta em relação à contaminação ao meio ambiente e saúde humana.

O parâmetro cromo hexavalente não foi detectado em nenhum dos poços analisados. Os parâmetros DQO, DBO₅, nitrogênio total e condutividade elétrica apresentaram consideráveis disparidades, o que sugere à ocorrência de contaminação em relação ao lixiviado proveniente dos RSU, que possui alguns desses parâmetros elevados em relação à legislação.

Os valores de condutividade elétrica indicam contaminação com concentração elevada de compostos iônicos. Em comparação com os valores presentes no lixiviado, a condutividade elétrica pode reportar contaminação, conforme propõe Lee et al. (2006) e Fatta et al. (1999). Fatta et al. (1999) adotam com relação ao parâmetro de condutividade elétrica o nível de referência de 400 $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$. Considerando esse nível de referência, o parâmetro de julho de 2004 apresenta-se com valor muito acima, o que confirma a influência de contaminação.

A concentração baixa dos íons metálicos cromo hexavalente, zinco e cobre em alguns meses analisados pode ocorrer devido ao tipo de solo que é capaz de promover elevada atenuação, por mecanismos geoquímicos entre os argilominerais e óxidos presentes. Isso foi comprovado por Melo et al. (2008) em um estudo da capacidade de atenuação de metais realizado com o mesmo solo presente na forma não contaminada e oriundo do lixão desativado Invernadinha de Passo Fundo. Da mesma maneira, a concentração baixa de íons cloretos nas águas subterrâneas em relação à concentração presente no lixiviado sugere

que não há contaminação do lixiviado, havendo atenuação pelo solo. Lee et al. (2006) também observaram a redução da concentração de cloretos em águas subterrâneas de poços de aterros sanitários em relação às concentrações nos RSU. A explicação do autor é que o mecanismo de atenuação envolvido é o de mistura e diluição.

Em geral, as quantidades de ferro atenderam ao padrão de potabilidade, segundo à portaria Nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) e à resolução Nº 396 do CONAMA (CONAMA, 2008). Em relação às tabelas 4 a 7, isto não aconteceu no mês de junho de 2004, para os poços de monitoramento 1 e 4 e em agosto de 2004 no poço 4. As demais amostragens atenderam aos parâmetros de legislação. Sisino e Moreira (1996), em estudo da qualidade de águas subterrâneas próximo de aterro sanitário em Niterói (RJ), concluíram que as concentrações de ferro foram mais elevadas em águas subterrâneas, mas não ultrapassaram os parâmetros de qualidade. No estudo, os autores sugeriram que as concentrações elevadas são devido ao tipo de solo, pois não houve alteração em relação às águas de nascentes. Para o caso em estudo as concentrações de ferro também podem ser explicadas pelo solo onde está localizado o lixão e a lagoa de contenção que é um Latossolo Vermelho distrófico, caracterizando, segundo Streck et al. (2002), um material com teores de ferro elevados (> 18 %).

Os valores de pH encontrados variaram de 5,4 a 7,1. O pH não está de acordo com a faixa de variação proposta pela portaria Nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), para os poços 1, 2 e 3, nos meses de agosto, outubro e novembro de 2004 e em janeiro de 2005. O único poço a atender este parâmetro, em todos os meses de monitoramento, foi o poço 4. Esses valores de pH na faixa ácida, segundo Sisino e Moreira (1996), podem ser explicados pela característica dos solos da região, que segundo Streck et al. (2002), constituem um material intemperizado com elevada acidez.

A concentração de DQO e DBO₅ nos poços de monitoramento apresentou um valor menor em alguns meses precedidos por precipitação acima da média, como é caso de junho e outubro de 2004, o que também ocorreu para o lixiviado coletado na saída da célula de resíduos e na lagoa. Isso foi mais pronunciável e notável para o mês de outubro de 2004, com queda brusca da concentração de DQO e DBO₅ no lixiviado e nos poços.

O contrário também foi observado para o mês de julho de 2004, uma vez que junho e julho de 2004 tiveram baixa pluviosidade, acarretando em aumento considerável da DQO e DBO_5 medida nos poços. A mesma repercussão ocorreu no lixiviado, porém foi observável apenas no mês de agosto com valores muito maiores que todos os outros monitorados. Porém, o efeito desse aumento na DQO e DBO_5 do lixiviado deve ter sido neutralizado pelo excesso de precipitações em setembro de 2004, já que o monitoramento em outubro de 2004 não indicou variação considerável nos poços. Outra explicação é a de que a oscilação da concentração de DQO e DBO_5 presente no lixiviado não tem relação direta com esse parâmetro na água subterrânea, pois há mecanismos de atenuação natural envolvidos. No entanto, cabe salientar que isto não exclui o lixiviado e a disposição de RSU como fonte de contaminação dos poços.

O poço 1 apresentou contaminação de DQO e DBO_5 oriunda de fonte desconhecida, pois apesar de ser um poço de controle e estar acima no nível do lençol freático dos outros poços, apresentou concentrações maiores que os demais em alguns meses, como é o caso de junho e agosto de 2004. A hipótese é que a contaminação seja oriunda do escoamento superficial de material orgânico presente na superfície do solo devido ao assentamento irregular de centenas de catadores nas proximidades.

Os poços 2 e 3 recebem contaminantes provenientes apenas da lagoa de contenção. Nesse sentido, avaliando os resultados de alguns parâmetros, como, por exemplo, DQO, observou-se uma concentração mais elevada no poço 3 em relação ao poço 2, o que descreve o caminho preferencial de deslocamento de uma possível pluma de contaminação.

O poço 4 recebe contaminantes tanto da lagoa de contenção, quanto da antiga área de disposição de resíduos, de acordo com a característica topográfica do terreno. Observando o parâmetro DQO, o poço 4 apresentou maior concentração, principalmente nos meses de agosto, outubro, novembro de 2004 e janeiro de 2005.

Em relação aos parâmetros DBO_5 e DQO, relacionados à contaminação orgânica, Fatta et al. (1999) discorrem que os parâmetros da legislação grega utilizados para águas de irrigação impõem um limite máximo de 40 mg/L para o parâmetro de DBO_5 . Considerando esta afirmação os valores preocupantes em relação a contaminações são observados no mês de julho de 2004, para os poços 2, 3 e 4 e ainda no

mês de agosto de 2004 para o poço 4, que mais um vez sugere o nível de influência de contaminação.

Os valores de turbidez apresentaram-se, em vários meses, superiores aos permitidos na portaria Nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004). Os valores de nitrato se apresentaram superiores aos parâmetros da portaria Nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) e da resolução Nº 396 do CONAMA (CONAMA, 2008), nos meses de outubro e novembro de 2004 para o poço 3. Segundo Lee et al. (2006), a presença de nitrato elevada pode ocorrer devido a migração de nitrato de outros meios, devido à sua alta mobilidade ambiental, após sofrer oxidação. Assim, o nitrato pode ter provindo do lixiviado, pois este apresentou teores acima dos permitidos pela legislação.

As variáveis microbiológicas (coliformes totais, coliformes fecais e contagem de bactérias heterotróficas) mostraram grande variabilidade, uma vez que algumas amostras apresentaram alta contaminação e outras ausências de contaminação em relação à portaria Nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) e à resolução Nº 396 do CONAMA (CONAMA, 2008). Isso é um indicativo de contaminação biológica a partir do lixiviado ou dos RSU.

Em comparação com dados de Schneider et al. (2000), referentes à análise da qualidade da água subterrânea do lixão desativado Invernadinha, que constituiu uma área de disposição de resíduos sólidos de Passo Fundo nas décadas de 80 e 90, pôde-se verificar o mesmo comportamento observado para os parâmetros pH, cromo, cobre, sódio, zinco, cloretos e turbidez. Essa semelhança de comportamento em ambos locais é explicada pela forma de interação físico-química da barreira de solo existente em ambas as áreas com esses contaminantes.

CONCLUSÕES

O trabalho avaliou resultados de monitoramento das águas subterrâneas e do lixiviado do local de disposição de RSU do município de Passo Fundo (RS). A partir dos resultados obtidos conclui-se que:

- ☞ A constituição química do lixiviado analisado tanto na saída da célula de resíduos como na lagoa de contenção está em desacordo com a resolução Nº 128 do CONSEMA (CONSEMA, 2006) para os parâmetros DQO, DBO_5 e Nitrogênio Total. O parâmetro Ferro apresentou alteração de qualidade em relação à legislação apenas para o lixiviado coletado da saída da célula de resíduos;

- As águas subterrâneas estão em desacordo com os padrões de potabilidade e qualidade estabelecidos na portaria Nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) e na Resolução Nº 396 do CONAMA (CONAMA, 2008), uma vez que as amostras apresentaram contaminação com variáveis microbiológicas, variações de pH, concentração de ferro, nitrato e turbidez;
- Os valores de condutividade elétrica, DBO₅, DQO e nitrogênio total sugerem que a qualidade da água está comprometida devido à contaminação pelo lixiviado;
- Isso indica que há contaminação com o lixiviado produzido pelos resíduos sólidos depositados junto ao aterro controlado. Essa contaminação tem origem tanto da lagoa de contenção de lixiviado como da antiga área de disposição de resíduos. A hipótese de contribuição da lagoa, foi evidenciada pela alteração de qualidade observada para os poços 2 e 3. A hipótese de contaminação da antiga área de disposição de resíduos é confirmada devido à alteração de qualidade observada no poço 4 em maior magnitude, pois este poço tem a possibilidade de receber contaminação de ambas as fontes.

Referências

- ALCANTARA P.B. **Avaliação da influência da composição de resíduos urbanos no comportamento de aterros simulados**. 2007. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco – RE: UFPE, 2007. 200 p.
- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 25. ed. New York: MacGraw HILL, 1998.
- BRASIL. Portaria n. 518, de 24 mar. 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da república federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 de março de 2004
- Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da república federativa do Brasil**, Brasília, DF, 7 de abril de 2008.
- CETESB. **6410**: águas subterrâneas e poços tubulares. São Paulo: CETESB, 1999.
- _____. **6420**: preservação e manuseio de amostras de água e churume e relacionados aos parâmetros de análises. São Paulo: CETESB, 1999.
- COSTA, P. O. S. **Avaliação em laboratório, do transporte de contaminantes no solo do aterro sanitário de Sauípe/BA**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. PUC: Rio de Janeiro, 2002. 171 p.
- Conselho estadual de Meio Ambiente - CONSEMA. Resolução nº 128/2006, de 24 de Novembro de 2006. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, RS, 7 de Dezembro de 2006.
- FATTA, D.; PAPADOPOULOS, A.; LOIZIDOU, M. A Study on landfill leachate and its impact on the groundwater quality of the greater area. **Environmental geochemistry and health**, v.21, p. 175-190, 1999.
- GOMES, L. P. **Avaliação da atividade bacteriana anaeróbia celulolítica do chorume originado em sistema de disposição de resíduos sólidos urbanos a céu aberto**. 1995. Tese (Doutorado em engenharia) - Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos – USP. USP: São Carlos - SP, 1995. 210 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico** 2000. Disponível em <http://www.cidades.gov.br/SNSA/Cidades_secretaria_saneamento_diagnostico_apresenta%E7%E3o.htm>. Acesso em: 10 dez. 2003.
- JUCÁ, J. F. T. Destinação final de resíduos sólidos no Brasil: situação atual e perspectivas. In: Simpósio luso-brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, 10., 2002, Braga, Portugal. **Anais...** Portugal: Associação Portuguesa para Estudos de Saneamento Básico, 2002. Disponível em: <www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/destina10.pdf>. Acesso em: 12. abr. 2008.
- LANGE, L. C et al. Estudo do transporte de contaminantes em meios porosos aplicado a aterros de disposição de resíduos sólidos urbanos. In: JUNIOR, A. B. C. et al. **Alternativas para disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades**: coletânea de trabalhos técnicos. Florianópolis: PROSAB, 2002. p. 13-17. Disponível em: <www.finep.gov.br/prosab/livros/livrocompletofinal.pdf>. Acesso em: 12. abr. 2008.
- LEE, J.; CHEON, J.; KWON, H.; YOON, H.; LEE, S. KIM, J.; PARK, J.; KIM, C. Attenuation of landfill leachate at two uncontrolled landfills. **Environmental Geology**, v. 51, p. 581-593, 2006.
- LIMA, E. B. N. R. **Modelagem integrada para gestão da qualidade da água na bacia do Rio Cuiabá**. 2001. Tese. (Doutorado em Engenharia Civil) - Programas de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. UFRJ: Rio de Janeiro, 2001. 184 p.

MELO, E. F. R. Q.; KORF, E. P.; THOMÉ, A.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; ZANCHETTA, G. S. B. Mecanismo de atenuação natural de metais em solos de antigas áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 6., 2008, Porto Alegre - RS. **Anais do VI Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental: na busca da sustentabilidade**. Porto Alegre: ABES/RS, 2008.

OLIVEIRA, F. J. S.; JUCÁ, J. F. T. Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos. **Revista Brasileira de engenharia sanitária e ambiental**, v.9, n.3, p. 211-217, jul/set. 2004. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/esa/v9n3/v9n3a07.pdf>. Acesso em: 12. abr. 2008.

PESSIN, N.; SILVA, A. R.; PANAROTTO, C. T. Monitoramento de aterros sustentáveis para município de pequeno porte. In: JUNIOR, A. B. D. C. (Org.) **Resíduos sólidos Urbanos: Aterro sustentável para município de pequeno porte**. Florianópolis: PROSAB, 2003. p.142-197. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/livros/ProsabArmando.pdf>>. Acesso em: 12. abr. 2008.

SCHNEIDER, I.A.H.; NAIME, R.; CAUDURO, F. Qualidade das Águas em uma Antiga Área de Recebimento de Resíduos Sólidos Urbanos de Passo Fundo, RS. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre, 22., 2000, **Anais...** ABES/RS: Rio de Janeiro, 2000.

SISINNO, C. L. S.; MOREIRA, J. C. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, RJ, v.12, n.4, p. 515-523, out.-dez. 1996.

STRECK, E. V. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER, 2002. 107 p.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. A. **Integrated solid waste management: engineering principles and management issues**. Hightstown: Irwin McGraw-Hill, 1993.

TRESSOLDI, M.; CONSONI, A. J. Disposição de resíduos. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p. 343-360.

Márcia Helena Beck Instituto Federal do Paraná, Campus Foz do Iguaçu - PR; email: marcia.beck@ifpr.edu.br

Eduardo Pavan Korf Universidade de Passo Fundo, Campus I, BR 285, km 171, Passo Fundo - RS, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Curso de Engenharia Ambiental, email: eduardokorf@gmail.com

Viviane Rocha dos Santos Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre - RS, email: evy_rs@yahoo.com.br

Antonio Thomé Universidade de Passo Fundo, Campus I, BR 285, km 171, Passo Fundo - RS, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Curso de Engenharia Ambiental e Programa de Pós-Graduação em Engenharia - Área de Concentração Infra-estrutura e Meio Ambiente; email: thome@upf.br

Pedro Alexandre Varella Escosteguy Universidade de Passo Fundo, Campus I, BR 285, km 171, Passo Fundo - RS, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Curso de Engenharia Ambiental e Programa de Pós-Graduação em Engenharia - Área de Concentração Infra-estrutura e Meio Ambiente; email: escosteguy@upf.br

Balneabilidad comparada de dos sitios del Arroyo del Azul (Partido de Azul, Prov. de Buenos Aires, Argentina) por análisis de riesgo a la salud

Fabio Peluso
José Gonzalez Castelain
Lorena Rodríguez
Sebastián Jaime

RESUMEN: Relevamientos de calidad del agua del Arroyo del Azul mostraron la presencia de sustancias potencialmente peligrosas para la salud dado el uso recreativo con contacto directo de sus aguas. Se encontraron metales pesados (Arsénico, Cobre, Mercurio y Zinc) y agroquímicos (2,4-D, α y δ -HCH, Acetochlor, Aldrín, Cipermetrina, Clorpirifos, Endosulfán y Endosulfán Sulfato, γ -Clordano, Glifosato y Heptachlor). El objetivo del trabajo fue estimar el riesgo a la salud (ARS) crónico por baño recreativo durante la temporada estival para evidenciar su utilidad como herramienta de gestión alternativa al uso de los niveles máximos permisibles y complementaria de los estudios basados en los recuentos microbiológicos.

El ARS consideró la ingesta accidental y el contacto dérmico en dos sitios del arroyo donde se realiza esa actividad. Se basó en el modelo USEPA probabilístico para riesgo agregado (exposición simultánea por ambas vías de contacto) y acumulativo (exposición simultánea a las sustancias). El ARS se estimó tanto para efectos no carcinogénicos como carcinogénicos, aditivamente. El individuo expuesto considerado fue un niño.

El uso del arroyo no representaría un riesgo a la salud atendible para los escenarios de exposición considerados en el ARS, por las dos vías de exposición y todas las sustancias simultáneamente.

No existirían diferencias en la calidad del agua entre los dos sitios. Por otro lado, tampoco existe diferencia significativa entre el riesgo por ingesta accidental y por contacto dérmico para efectos no carcinogénicos (ENC), aunque el riesgo por este último es mayor en 11 de las 16 sustancias. Para los efectos carcinogénicos (EC) la diferencia entre las dos vías de contacto es significativa.

La balneabilidad de las aguas del arroyo en base a las características químicas pudo ser analizada por la aplicación de análisis de riesgo a la salud. Esto las convierte en metodologías analíticas complementarias a los estudios microbiológicos.

PALABRAS CLAVES: Aguas Recreativas, balneabilidad, Análisis de Riesgo A la salud.

ABSTRACT: Water quality surveys in Del Azul creek showed the existence of substances potentially hazardous to health in case of recreational use with direct skin contact. Heavy metals (Arsenic, Copper, Mercury and Zinc) and pesticides (2,4-D, α y δ -HCH, Acetochlor, Aldrin, Cipermethrine, Chlorpiryfos, Endosulfan, Endosulfan Sulfate, γ -Chlordane, Glyphosate and Heptachlor) were found. The aim of this paper is to estimate the chronic recreational bathing health risk (ARS) during summer, to show utility of this method for water management as an alternative to the use of maximum allowable levels. It also may be complementary to microbiological studies.

The health risk assessment took into account water accidental intake and skin contact in two stream sites where bathing is usual. It was based on the USEPA probabilistic model for aggregated and cumulative risk (simultaneous exposure to both ways of contact and to all substances, respectively), and was done applying an additive model for carcinogenic and non carcinogenic effects. The theoretical individual exposed was a ten years old child.

Bathing use of the stream does not represent an adverse health risk considering the assumed conditions of exposure, for both types of exposure and all substances simultaneously.

There were no significant differences in water quality between the two stations used in the study. For non carcinogenic effects (ENC) there were no significant differences between the risk caused by accidental ingestion and the risk caused by skin contact, even though the risk for skin contact is higher than the risk accidental ingestion for 11 out of 16 substances tested. For carcinogenic effects (EC) the difference is significant.

The analysis of the bathing quality of the stream based on physical and chemical characteristics, using health risk assessment, furnished meaningful results. This mean they can be used as complementary analytical methodologies to microbiological studies.

KEYWORDS: Recreational Waters, Balneability, Health Risk Analysis

INTRODUCCIÓN

Dada la utilización de agroquímicos en extensos sectores de la cuenca alta del Arroyo del Azul (provincia de Buenos Aires, Argentina), se realizan monitoreos periódicos de los mismos en sus aguas así como de metales pesados a fin de determinar la aptitud de la misma para uso recreativo con contacto directo.

En Argentina no existen niveles guía (NG) o niveles máximos permisibles según normativa (NMP) que regulen la calidad del agua para uso recreativo con contacto directo de los ambientes acuáticos superficiales más allá de algunos parámetros microbiológicos. Ante la carencia de una herramienta para evaluar la balneabilidad de esos cuerpos de agua, el objetivo del trabajo fue analizar si la aplicación de análisis de riesgo a la salud (ARS) puede suplir esa falencia. El estudio analiza si, dado el contacto con el agua en dos sitios del arroyo donde se realiza esa actividad, existe la posibilidad de ocurrencia de efectos negativos a la salud en los bañistas y con que nivel de intensidad. Se compara la importancia relativa de las dos principales vías de exposición (la ingesta accidental y el contacto

dérmico) y, en base al riesgo, se coteja la calidad del agua entre los dos sitios. Posteriormente se discuten los aportes de estas metodologías como herramientas de evaluación de la calidad del agua complementarias a los estudios microbiológicos y alternativos al empleo de las tablas de niveles máximos permisibles.

METODOLOGIA

Descripción del área de estudio

El Arroyo del Azul, en el centro de la provincia de Buenos Aires (ver Figura 1), es un cuerpo de agua natural de dirección de flujo S-N que posee un endicamiento utilizado como balneario durante la época estival. Además de éste, posee otros sitios en los que se realiza baño recreativo, aunque son menos frecuentados que aquel. Ambos sitios se encuentran dentro del área urbana y periurbana de la ciudad de Azul (60000 habitantes), dentro del partido homónimo.

La cuenca del mencionado arroyo se caracteriza por ser representativa de áreas mixtas pampeanas, donde se desarrolla una actividad agrícola ganadera intensa (Bilello, 2006). El sector agrícola se encuentra

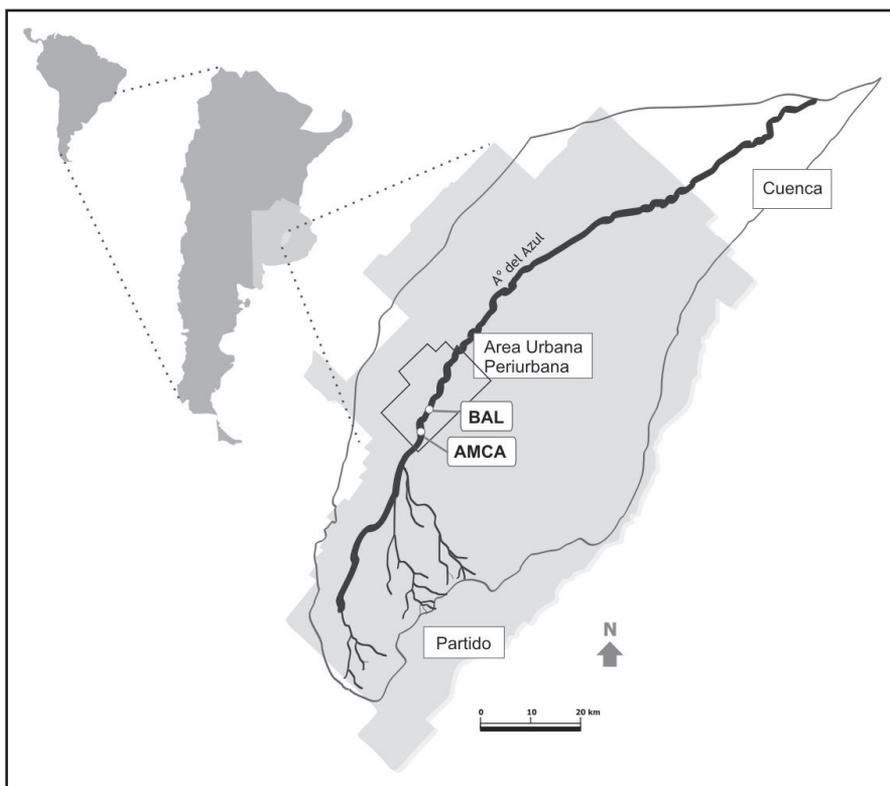


FIGURA 1. Sitios estudiados en el Arroyo del Azul (Bal y AMCA), con los límites del área urbana –periurbana de la ciudad de Azul, el límite de la cuenca hidrográfica y del partido.

en la zona topográficamente más elevada de la cuenca, aguas arriba de la ciudad (al S del partido), donde se cultivan maíz, trigo, soja y girasol.

Concentración de las sustancias peligrosas en el agua

Las estaciones analizadas son el balneario municipal (BAL) y un remanso 1.9 km aguas arriba del mencionado balneario (AMCA), sitio también utilizado frecuentemente para baño recreativo durante la época estival (Ver Figura 1). El primero se encuentra en el límite SO de la planta urbana, en una zona intermedia urbana-periurbana, netamente residencial y con extensos espacios verdes parquizados. El segundo sitio se halla al S del anterior, en un ambiente periurbano-rural, rodeado de campos agrícolas, un autódromo de uso ocasional y un club deportivo.

El estudio se basó en 5 muestreos de agua en BAL y AMCA durante 2006 y 2007. Las muestras para determinar metales fueron colectadas en botellas plásticas de polietileno de alta densidad. Para pesticidas, en botellas de vidrio color ámbar con tapón interno de teflón. Se tomaron a nivel subsuperficial (30 cm por debajo de la superficie), en mitad del curso de agua, fueron refrigeradas (4°C) y así se mantuvieron hasta el momento de los análisis (iniciados a menos de una semana de colectadas las muestras). Estos se llevaron a cabo en un laboratorio privado certificado por la autoridad de aplicación en materia ambiental de la provincia de Buenos Aires (Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible).

Se decidió utilizar el valor promedio de la concentración para aplicar en el cálculo de la exposición debido al limitado número de muestreos. USEPA aconseja utilizar como parámetro representativo de un nivel de exposición lo “razonablemente máximo” a la media aritmética corregida (Límite de Confianza Superior de la Media Aritmética, cuya sigla en inglés es UCL) (USEPA, 1989; USEPA, 1992a; USEPA, 2002). Sin embargo, el bajo número de datos no lo permitió.

Las sustancias peligrosas presentes en las estaciones se indican en la Tabla 1, con su código de identificación (CAS) y sus concentraciones promedio y desvíos estándar, en mg L⁻¹). En la misma tabla también se ofrecen las técnicas analíticas utilizadas para las determinaciones así como sus correspondientes límites de detección.

Modelo de análisis de riesgo a la salud (ARS)

El riesgo según el modelo USEPA es una función de la toxicidad de la sustancia peligrosa y la magnitud de la exposición a la misma, siendo ésta última una medida de la “calidad y cantidad” del contacto entre la sustancia y el organismo expuesto (USEPA, 1989, 1992b).

La exposición, por tratarse de un contacto recreativo con el agua, se analizó para dos rutas: la ingesta accidental y el contacto dérmico. La exposición crónica o subcrónica por la primera se calculó a partir de (1) y por la segunda, a partir de (2).

$$ADDI = \frac{[C * Ir * EF * ED]}{[Bw * AT]} \quad (1)$$

$$ADDDC = \frac{[C * SA * Kp * ET * EF * ED * FC]}{[Bw * AT]} \quad (2)$$

Siendo

ADDI = Dosis Diaria Promedio por Ingesta (en mg kg⁻¹ d⁻¹)

ADDDC = Dosis Diaria Promedio por Contacto Directo (en mg kg⁻¹ d⁻¹)

C = Concentración de la sustancia peligrosa en el agua (en mg L⁻¹)

Ir = Tasa de ingesta diaria del agua (en L d⁻¹)

EF = Frecuencia de la exposición (en d a⁻¹)

ED = Duración de la exposición (en a)

Bw = Peso corporal de la persona expuesta (en kg)

AT = Factores de corrección por tiempo promedio (Duración estadística de la vida humana (70) * 365 días)

SA = Extensión de la superficie de contacto entre la piel y el agua (en cm²)

Kp = Coeficiente de permeabilidad dérmica de la sustancia (en cm h⁻¹)

ET = Duración diaria del evento de exposición (en h d⁻¹)

FC=Factor de corrección de unidades de superficie y volumen (10000 cm² m⁻² * 0.001Lcm⁻³)

El cálculo del riesgo por los *efectos tóxicos no carcinogénicos* (ENC) de cada sustancia según ruta de exposición, se realizó por el cociente de riesgo R, el cual establece si, y en cuanto, la dosis diaria promedio sobrepasa una dosis limitante para esa sustancia (USEPA, 1989). Es decir, se estima por el cociente entre el valor de ADD y la dosis por debajo de la cual no existen efectos toxicológicos, usándose como tal a la Dosis de Referencia (RfD) correspondiente a la sustancia y ruta de exposición (USEPA, 1989). Si el

TABLA 1
Sustancias (Sust.) relevadas en aguas del arroyo (AMCA y BAL), código identificatorio (CAS), concentración en valores promedio (Prom.) y desvío estándar (Desv.ST.), y la técnica analítica empleada con su límite de detección (lim. det.) en mg L-1.N.D. No detectable

Sust.	CAS	AMCA (mg L ⁻¹)		BAL (mg L ⁻¹)		Técnica Analítica	Lim. Det.
		Prom.	Desv.ST.	Prom.	Desv.ST.		
2,4 D	94-75-7	6,00E-02	1,33E-01	N.D.	N.D.	EPA 3510	1,00E-04
α - HCH	319-84-6	1,55E-05	2,62E-05	2,02E-05	2,71E-05	EPA SW 846 M 8081	6,00E-07
Acetoclor	34256-82-1	N.D.	N.D.	1,42E-02	3,55E-02	EPA 3510	1,00E-04
Aldrin	309-00-2	1,36E-06	2,60E-06	2,80E-07	4,02E-07	EPA SW 846 M 8081	2,00E-07
Arsénico	7440-38-2	2,54E-02	1,12E-02	3,54E-02	1,85E-02	EPA 7062	3,00E-03
Cipermetrina	97955-44-7	3,77E-01	9,41E-01	3,87E-01	9,68E-01	EPA 3510	1,00E-04
Clorpirifos	2921-88-2	6,23E-03	1,55E-02	N.D.	N.D.	EPA 3510	1,00E-04
Cobre	7440-50-8	N.D.	N.D.	6,50E-03	2,12E-03	EPA SW 846 M 3010	5,00E-03
δ - HCH	319-86-8	2,46E-07	4,26E-07	5,50E-07	8,61E-07	EPA SW 846 M 8081	4,00E-08
Endosulfan	115-29-7	1,34E-06	1,99E-06	1,24E-06	1,77E-06	EPA SW 846 M 8081	9,00E-07
Endosulfan Sulfato	1031-07-8	6,40E-06	1,15E-05	6,20E-06	1,11E-05	EPA SW 846 M 8081	2,50E-06
γ - Clordano	5566-34-7	N.D.	N.D.	1,95E-06	3,89E-06	EPA SW 846 M 8081	4,00E-07
Glifosato	1071-83-6	9,46E-02	1,21E-01	9,10E-02	1,18E-01	EPA 8321	2,00E-03
Heptaclor	76-44-8	9,35E-06	1,54E-05	8,15E-06	1,27E-05	EPA SW 846 M 8081	3,00E-03
Mercurio	7439-97-6	8,50E-04	1,06E-03	8,50E-04	1,06E-03	EPA SW 846 M 7470	2,00E-04
Zinc	7440-66-6	9,33E-03	5,77E-04	1,42E-02	1,13E-02	EPA SW 846 M 3010	7,00E-03

valor de R excede la unidad, se considera que existe un nivel de riesgo relevante.

Para el caso del cálculo del riesgo para las sustancias de *efectos tóxicos carcinogénicos* (EC), la exposición se estimó también en base al ADD de cada ruta de exposición. El cálculo del riesgo, en este caso, se efectuó a partir del producto de ADD por el valor referencial toxicológico por EC, utilizándose a tal fin el Factor de Pendiente SF (USEPA, 1986), también particular de cada sustancia con dichos efectos y según la ruta de exposición. Esta metodología calcula el exceso de riesgo individual por cáncer asumiendo una relación lineal entre las concentraciones de exposición y los efectos carcinogénicos, método por defecto utilizados por USEPA (1986; 1996).

Si se multiplica el nivel del riesgo por una estimación de la cantidad de gente expuesta da una valoración de la cantidad de casos de cáncer que podrían atribuirse a esa causa. Una manera de realizarlo es calculando el *riesgo poblacional anualizado* (SRHN, 2007a), el que responde a (3):

$$Ran = Rc * PobExp / 70 \quad (3)$$

Siendo

Ran: riesgo poblacional anualizado (en cantidad de casos de cáncer año⁻¹)

Rc: riesgo por EC (en número de casos de cáncer esperados)

PobExp: población expuesta (en número de personas)

70: duración estadística de la vida humana (en a)

En Argentina, según los niveles guía nacionales de calidad de agua para consumo humano, el valor aceptado como riesgo individual máximo por exposición a sustancias carcinogénicas es de 10E⁻⁵, el equivalente a un nuevo caso de cáncer asimilable a esa causa por cada 100000 habitantes (Goransky y Natale, 1996; SRHN, 2007a). Dado que no existe un criterio para ingesta accidental de agua por actividad recreativa ni por contacto dérmico se utilizó este criterio a falta de uno mejor y solo a efectos comparativos.

Por otro lado, no hay referencias sobre límites aceptados para sustancias no carcinogénicas, por lo que en este trabajo se asumió como tal a la unidad.

El riesgo *agregado* (exposición simultánea a la misma sustancia peligrosa por diferentes vías de contacto) y *acumulativo* (exposición simultánea a

TABLA 2
Componentes del cálculo de la exposición

Parámetros	tipo curva	Min.	Max.	Prom.	Desv.	alfa	beta
Dur. Evento	Triang	0,5	2	1			
Frecuencia E	Beta	0,82	45,71	20,7	11,07	1,30	1,73
Duración E	Triang	1	14	7			
Peso Corp.	Normal	13,5	25,5	19,5	2,5		
Talla	Normal	100	118	109	3,4		
Sup. Corp.	Normal	0,94	1,28	1,1	0,05		

Referencias de la tabla:

Min., Max., Prom., desv.: Mínimo, Máximo, Media aritmética, Desvío estándar

Dur. Evento: Duración diaria de la actividad recreativa (en h); responde a una distribución de probabilidades de tipo Triangular (*triang.*); basada en juicio propio.

Frecuencia E: Frecuencia de la exposición (en d a⁻¹), basada en Peluso et al. (2006).

Duración E: Duración de la exposición (en a); basada en juicio propio.

Peso Corp.: Peso corporal (en kg); datos basados en Lejarraga y Orfila (1987).

Talla: en cm; datos basados en Lejarraga y Orfila (1987).

Sup. Corp. Superficie corporal (en m²). Esta se calculó en base al peso y la talla aplicando la fórmula de Dubois y Dubois (1916), que se aprecia en (4).

$$SC = H^{0.725} * P^{0.425} * 0.007184 \quad (4)$$

Donde:

SC: superficie corporal

H: altura (en cm)

P: peso (en kg)

diferentes sustancias) (USEPA, 1999a), se realizó empleando un modelo aditivo o Índice de Riesgo (IR), utilizado por USEPA para evaluaciones ARS de prospección inicial (USEPA, 1989; 2001; 2003).

Tasa de Ingesta, Frecuencia y Duración de la Exposición Recreativa, Superficie corporal y coeficiente de permeabilidad dérmica

El individuo expuesto considerado es un niño de 10 años. La tasa de ingesta asumida es de 0,05 L por hora de duración del evento (USEPA, 1989; USEPA, 1995). El resto de los componentes del cálculo de la exposición (Duración del Evento, Frecuencia y Duración de la Exposición, Peso Corporal, Talla y Superficie Corporal) se presentan en Tabla 2, con sus características.

Dado que se considera que el bañista tuvo un contacto completo con el agua, el valor de SC es el que se utiliza en reemplazo de SA de la ecuación 2.

Los Coeficientes de Permeabilidad Dérmica para cada sustancia se estimaron según USEPA (1992c, 2007), aplicando la ecuación de POTTS y GUY (1992). Ésta se basa en el peso molecular (*Mw*) y en el coeficiente de partición octanol-agua (*Kow*), tal como muestra (5). En la Tabla 3 se aprecian los Kps para las diferentes sustancias.

$$\log Kp = 0.71 \log Kow - 0.0061Mw - 2.72 \quad (5)$$

Log Kp: Coeficiente de permeabilidad dérmica (en cm h⁻¹).

Cálculo del nivel de riesgo y uso del valor de referencia toxicológico

El riesgo se calculó, en principio, individualmente, por sustancia y por vía de contacto para los ENC y EC.

Posteriormente se aplicó un modelo aditivo de ambas vías de contacto (ARS agregado) por sustancia. También se conformaron grupos de sustancias asumiendo idéntico efecto toxicológico para los constituyentes del mismo (ARS acumulativo). Los grupos fueron: metales pesados (As, Cu, Hg, Zn), agroquímicos organoclorados (α y δ - HCH, Aldrin, Endosulfán, Endosulfán sulfato, γ - clordano, Heptaclor) y el conjunto de sustancias completo. También se calculó el riesgo para los ENC y EC. Para las sustancias con estos últimos efectos también se le aplicó el cálculo del riesgo poblacional anualizado.

El cálculo se realizó probabilísticamente con Crystal Ball 7.1 (DECISIONEERING, 2007), aplicando Monte Carlo para 5000 iteraciones (USEPA, 1999b) en base a los tipos de distribución de probabilidades de cada variable. En la Tabla 3 se presentan los referenciales toxicológicos tanto para los efectos no car-

cinogénicos (RfDs) como para los carcinogénicos (SFs) por ingesta oral y por contacto directo (USEPA, 2008). De las distribuciones probabilísticas de valores de riesgo en cada caso, se extrajeron como estadísticos representativos los valores mínimo y máximo, la media aritmética, el desvío estándar y el 95 percentilo.

La cantidad de población expuesta utilizada en la estimación del riesgo poblacional anualizado fue de 10000 personas. Esta es una estimación conservadora a partir de un censo de población usuaria efectivamente realizando actividades recreativas con contacto directo en el balneario del Arroyo Azul durante la temporada estival (Peluso et al., 2008).

Comparación de los valores del ARS entre las estaciones y entre la ingesta accidental y el contacto dérmico

Para comparar la calidad del agua entre las dos estaciones, los resultados de los ARS agregados por sustancia se evaluaron mediante un test no paramétrico (prueba de Wilcoxon de rangos con signo). Este método compara dos muestras de n pares de observaciones utilizando el rango del valor absoluto de las diferencias de cada par. Diferenciando aquellos

TABLA 3
Constantes de permeabilidad de las sustancias (Kp, en cm h⁻¹) y sus referenciales toxicológicos (en mg L⁻¹ d⁻¹) según las rutas de contacto (ingestión (ing) y contacto dérmico (derm)) para ENC (RfD) y EC (SF).
N.A.: no aplicable, por ser sustancias únicamente de ENC

Sustancias	Kp	RfDing	RfDderm	SFing	SFderm
2,4 D	8,45E-03	1,00E-02	8,00E-03	N.A.	N.A.
α - HCH	2,97E-02	3,00E-04	2,91E-04	6,30E+00	6,49E+00
Acetoclor	6,10E-03	2,00E-02	1,00E-02	N.A.	N.A.
Aldrin	4,67E-01	3,00E-05	1,50E-05	1,70E+01	3,40E+01
Arsénico	1,93E-03	3,00E-04	1,23E-04	1,50E+00	3,66E+00
Cipermetrina	1,10E-01	1,00E-02	5,00E-03	N.A.	N.A.
Clorpirifos	4,60E-02	3,00E-03	1,50E-03	N.A.	N.A.
Cobre	3,07E-04	4,00E-02	1,20E-02	N.A.	N.A.
δ - HCH	2,97E-02	3,00E-04	2,91E-04	1,30E+00	1,34E+00
Endosulfan	3,29E-03	6,00E-03	3,00E-03	N.A.	N.A.
Endosulfan Sulfato	3,29E-03	6,00E-03	3,00E-03	N.A.	N.A.
γ - Clordano	1,57E-01	5,00E-04	3,50E-01	2,50E-04	7,00E-01
Glifosato	2,56E-07	1,00E-01	5,00E-02	N.A.	N.A.
Heptaclor	2,16E-01	5,00E-04	4,50E+00	3,60E-04	6,25E+00
Mercurio	3,14E-04	3,00E-04	2,10E-05	N.A.	N.A.
Zinc	3,42E-04	3,00E-01	6,00E-02	N.A.	N.A.

rangos procedentes de diferencias positivas y negativas, se utiliza el valor medio y su desvío estándar a fin de estimar la probabilidad de que su distribución incluya la semisuma de todos los rangos, asumiendo una distribución normal de los mismos (Weimer, 2003). Estas estimaciones se efectuaron utilizando Statistica 7.0 (STATSOFT Inc., 1984-2004) sobre las muestras conformadas por los percentilos 95 del riesgo a la salud de cada sustancia, tanto para los ENC como para los EC, para cada estación.

Para comparar la importancia de la ingesta accidental frente al contacto dérmico, primeramente los resultados de los ARS por estación se analizaron también mediante prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Esto se realizó también con Statistica sobre los percentilos 95 resultantes, tanto para los ENC como los EC. A posteriori, se realizó, por estación y efecto, una comparación sustancia a sustancia, estimándose, para cada una de ellas, la proporción porcentual del contacto dérmico respecto de la ingesta accidental.

RESULTADOS

Los resultados probabilísticos obtenidos del ARS por efectos no carcinogénicos (ENC) y carcinogénicos (EC) debida a la ingesta accidental y al contacto dérmico en las estaciones AMCA y BAL, se pueden apreciar en las Tablas 4 y 5, respectivamente. Los resultados indican que, por ingesta accidental y para ambas estaciones, ninguna sustancia alcanza el nivel limitante del riesgo a la salud por ENC. Los valores máximos corresponden en ambas estaciones al Arsénico. Mientras que en AMCA el R máximo del Arsénico es casi 180 veces menor al valor limitante ($R=5,60E-03$), en BAL es 130 veces ($R=7,64E-03$). Para los EC, el arsénico alcanza el límite para consumo diario residencial en ambos sitios ($R=1,51E-05$ y $R=2,08E-05$, valores máximos en AMCA y en BAL respectivamente).

Con relación al contacto dérmico y ENC, un agroquímico (la cipermetrina) alcanza los mayores valores de riesgo en ambas estaciones aunque no alcanza el límite ($R=1,08E-01$ y $R=1,15E-01$ para AMCA y BAL para los valores máximos de las distribuciones probabilísticas de ARS). El valor de R en ambas estaciones es aproximadamente 9 veces más pequeño que el valor limitante. Para los EC también en este caso el arsénico es la sustancia que posee valores de riesgo más alto y alcanza el valor limitante en las dos estaciones ($R=1,49E-05$ en AMCA y $R=2,22E-05$ en BAL).

Los valores del riesgo agregado y acumulativo para las dos estaciones se presentan en Tablas 6 y 7, respectivamente. Para los ENC, puede apreciarse que en la peor situación (*IR todos* de los valores máximos de las distribuciones ARS), en ninguna de las dos estaciones se alcanza el valor limitante quedando aproximadamente 8 veces por debajo en ambos sitios. Para las dos estaciones, el grupo de los metales posee valores de IR mayores a los de los clorados, aunque apenas alcanza un 10 % del valor de *IR todos* en AMCA y BAL respectivamente. Esto se debe a que la cipermetrina es el principal contribuyente al *IR todos* de ambas estaciones, con un R agregado que alcanza casi el 90 % de aquel. Y a pesar de ser un pesticida, no se encuentra dentro del grupo de los clorados, quien contribuya al *IR todos* con menos de un 1 % en ambas estaciones.

Con relación a los EC, el riesgo agregado y acumulativo de todas las sustancias supera el valor limitante para el agua de bebida. Su mayor contribuyente al *IR todos*, corresponde al arsénico ($2,82E-05$ y $3,74E-05$ en AMCA y BAL respectivamente). Dado que esa sustancia integra el subconjunto de los metales, estos pasan a ser importantes en la generación del riesgo agregado y acumulativo por EC, alcanzando valores de aproximadamente el 90 % de *IR todos* para ambas estaciones respectivamente. Los clorados poseen el porcentaje restante.

La puesta en un contexto más amplio de la calidad del agua en ambas estaciones para EC, logrado a partir del valor de riesgo poblacional anualizado (Ran) para los *IR todos* de AMCA y BAL, permite apreciar que no alcanza la unidad en ningún caso. Es decir, no se esperarían casos anuales de cáncer atribuibles al conjunto de todas las sustancias por ambas vías de contacto consideradas simultáneamente para el conjunto de la población expuesta.

La comparación de la calidad del agua entre las dos estaciones arrojó que, tanto para ENC como para EC, sea por la vía de la ingesta accidental del contacto dérmico o agregada, las diferencias no son significativas dados los resultados del test de Wilcoxon donde los valores de P fueron todas superiores al nivel de significación ($P > 0,05$), tal como muestra la Tabla 8.

La comparación entre la ingesta accidental y el contacto dérmico por ENC y EC, se presenta en la Tabla 9. Los resultados indican que no habría diferencias significativas entre los riesgos generados por ambas vías para ENC ($P \geq 0,05$), aunque sí para EC ($P \leq 0,05$); lo mismo ocurre en ambas estaciones.

Tabla 4
Cocientes de riesgo para los efectos no carcinogénicos (RNC) y carcinogénicos (RC) por ingesta (ing.) y contacto dérmico (cderm.), por sustancia para AMCA

Sustancias	AMCA ing.						AMCA cterm.									
	ENC			EC			ENC			EC						
	Media	SD	Max.	0,95	Media	SD	Max.	0,95	Media	SD	Max.	0,95				
2,4-D	6,33E-05	5,00E-05	3,97E-04	1,64E-04					1,46E-04	1,13E-04	8,24E-04	3,65E-04				
α - HCH	5,47E-07	4,32E-07	3,42E-06	1,41E-06	9,73E-09	6,38E-09	3,88E-08	2,17E-08	3,43E-06	2,67E-06	1,94E-05	8,59E-06	6,21E-08	4,03E-08	2,33E-07	1,39E-07
Acetoclor																
Aldrin	4,78E-07	3,78E-07	3,00E-06	1,24E-06	2,30E-09	1,51E-09	9,15E-09	5,13E-09	9,75E-05	7,58E-05	5,51E-04	2,44E-04	4,77E-07	3,09E-07	1,79E-06	1,07E-06
Arsénico	8,93E-04	7,06E-04	5,60E-03	2,31E-03	3,79E-06	2,48E-06	1,51E-05	8,45E-06	9,18E-04	7,13E-04	5,18E-03	2,30E-03	3,96E-06	2,57E-06	1,49E-05	8,86E-06
Cipermetrina	3,98E-04	3,14E-04	2,49E-03	1,03E-03					1,91E-02	1,48E-02	1,08E-01	4,77E-02				
Clorpirifos	2,19E-05	1,73E-05	1,37E-04	5,67E-05					4,40E-04	3,42E-04	2,48E-03	1,10E-03				
Cobre																
δ - HCH	8,65E-09	6,84E-09	5,42E-08	2,24E-08	3,18E-11	2,08E-11	1,27E-10	7,09E-11	5,43E-08	4,22E-08	3,07E-07	1,36E-07	2,03E-10	1,32E-10	7,62E-10	4,54E-10
Endosulfan	2,36E-09	1,86E-09	1,48E-08	6,10E-09					3,39E-09	2,63E-09	1,91E-08	8,46E-09				
Endosulfan Sulfato	1,13E-08	8,89E-09	7,05E-08	2,91E-08					1,62E-08	1,26E-08	9,13E-08	4,04E-08				
V - Clordano																
Glifosato	9,98E-06	7,89E-06	6,25E-05	2,58E-05					1,12E-09	8,67E-10	6,30E-09	2,79E-09				
Heptaclor	1,97E-07	1,56E-07	1,24E-06	5,11E-07	4,18E-09	2,74E-09	1,67E-08	9,33E-09	1,29E-05	1,00E-05	7,29E-05	3,23E-05	2,79E-07	1,81E-07	1,05E-06	6,23E-07
Mercurio	2,99E-05	2,36E-05	1,87E-04	7,74E-05					2,93E-05	2,27E-05	1,65E-04	7,32E-05				
Zinc	3,28E-07	2,59E-07	2,06E-06	8,50E-07					1,23E-07	9,52E-08	6,92E-07	3,06E-07				

TABLA 5
Cocientes de riesgo para los efectos no carcinogénicos (RNC) y carcinogénicos (RC) por ingesta (ing.) y contacto dérmico (cderm.), por sustancia para BAL

Sustancias	BAL ing.						BAL cderm.									
	ENC			EC			ENC			EC						
	Media	SD	Max.	0,95	Media	SD	Max.	0,95	Media	SD	Max.	0,95				
2,4-D																
α - HCH	7,20E-07	5,59E-07	4,36E-06	1,82E-06	1,30E-08	8,42E-09	4,99E-08	2,94E-08	4,55E-06	3,55E-06	2,61E-05	1,14E-05	8,21E-08	5,25E-08	3,26E-07	1,82E-07
Acetoclor	7,60E-06	5,91E-06	4,61E-05	1,92E-05					2,04E-05	1,59E-05	1,17E-04	5,10E-05				
Aldrin	9,97E-08	7,74E-08	6,04E-07	2,52E-07	4,85E-10	3,15E-10	1,86E-09	1,10E-09	2,05E-05	1,60E-05	1,17E-04	5,12E-05	9,96E-08	6,38E-08	3,96E-07	2,21E-07
Arsénico	1,26E-03	9,79E-04	7,64E-03	3,19E-03	5,41E-06	3,51E-06	2,08E-05	1,23E-05	1,30E-03	1,02E-03	7,46E-03	3,26E-03	5,60E-06	3,59E-06	2,22E-05	1,24E-05
Cipermetrina	4,14E-04	3,21E-04	2,51E-03	1,05E-03					2,00E-02	1,58E-02	1,15E-01	5,00E-02				
Clorpirifos																
Cobre	1,74E-06	1,35E-06	1,05E-05	4,39E-06					3,91E-07	3,05E-07	2,23E-06	9,76E-07				
δ - HCH	1,96E-08	1,52E-08	1,19E-07	4,95E-08	7,29E-11	4,72E-11	2,80E-10	1,65E-10	1,24E-07	9,67E-08	7,09E-07	3,10E-07	4,61E-10	2,95E-10	1,83E-09	1,02E-09
Endosulfan	2,21E-09	1,71E-09	1,34E-08	5,58E-09					3,19E-09	2,49E-09	1,83E-08	7,98E-09				
Endosulfan Sulfato	1,10E-08	8,57E-09	6,69E-08	2,79E-08					1,60E-08	1,25E-08	9,14E-08	3,99E-08				
V - Clordano	4,16E-08	3,24E-08	2,53E-07	1,05E-07	4,97E-14	3,22E-14	1,91E-13	1,12E-13	2,05E-09	1,60E-09	1,18E-08	5,14E-09	4,80E-09	3,07E-09	1,91E-08	1,07E-08
Glifosato	9,72E-06	7,55E-06	5,89E-05	2,46E-05					1,09E-09	8,54E-10	6,26E-09	2,74E-09				
Heptaclor	1,74E-07	1,35E-07	1,06E-06	4,40E-07	3,74E-09	2,42E-09	1,44E-08	8,46E-09	1,15E-05	8,97E-06	6,57E-05	2,87E-05	2,47E-07	1,58E-07	9,79E-07	5,47E-07
Mercurio	3,03E-05	2,35E-05	1,83E-04	7,65E-05					2,98E-05	2,33E-05	1,71E-04	7,46E-05				
Zinc	5,04E-07	3,92E-07	3,06E-06	1,28E-06					1,90E-07	1,48E-07	1,09E-06	4,74E-07				

TABLA 6

Indices de riesgo en AMCA para ENC y EC, agregado por sustancia individual y acumulativo por los metales, los pesticidas organoclorados y por todas las sustancias tomadas en conjunto. Ran: Riesgo poblacional anualizado.

Sustancias	AMCA agregado								
	ENC				EC				
	Media	SD	Max.	0,95	Media	SD	Max.	0,95	Ran
2,4 D	2,09E-04	1,53E-04	1,18E-03	5,06E-04					
α - HCH	3,98E-06	2,98E-06	2,25E-05	9,84E-06	7,19E-08	4,54E-08	2,62E-07	1,56E-07	2,23E-05
Acetoclor									
Aldrin	9,80E-05	7,60E-05	5,53E-04	2,45E-04	4,79E-07	3,11E-07	1,79E-06	1,07E-06	1,53E-04
Arsénico	1,81E-03	1,31E-03	1,03E-02	4,38E-03	7,75E-06	4,76E-06	2,82E-05	1,63E-05	2,33E-03
Cipermetrina	1,95E-02	1,51E-02	1,10E-01	4,86E-02					
Clorpirifos	4,62E-04	3,54E-04	2,61E-03	1,15E-03					
Cobre									
δ - HCH	6,30E-08	4,72E-08	3,56E-07	1,56E-07	2,35E-10	1,48E-10	8,55E-10	5,10E-10	7,29E-08
Endosulfan	5,74E-09	4,15E-09	3,25E-08	1,37E-08					
Endosulfan Sulfato	2,74E-08	1,98E-08	1,55E-07	6,56E-08					
γ - Clordano									
Glifosato	9,98E-06	7,89E-06	6,25E-05	2,58E-05					
Heptaclor	1,31E-05	1,01E-05	7,41E-05	3,28E-05	2,83E-07	1,83E-07	1,05E-06	6,30E-07	9,00E-05
Mercurio	5,92E-05	4,28E-05	3,35E-04	1,43E-04					
Zinc	4,51E-07	3,33E-07	2,56E-06	1,11E-06					
IR metales	1,87E-03	1,35E-03	1,06E-02	4,52E-03	7,75E-06	4,76E-06	2,82E-05	1,63E-05	2,33E-03
IR clorados	1,15E-04	8,92E-05	6,50E-04	2,88E-04	8,34E-07	5,39E-07	3,10E-06	1,86E-06	2,65E-04
IR todos	2,22E-02	1,69E-02	1,25E-01	5,48E-02	8,58E-06	5,27E-06	3,12E-05	1,81E-05	2,59E-03

TABLA 7

Indices de riesgo en BAL para ENC y EC, agregado por sustancia individual y acumulativo por los metales, los pesticidas organoclorados y por todas las sustancias tomadas en conjunto. Ran: Riesgo poblacional anualizado.

Sustancias	BAL agregado								
	ENC				EC				
	Media	SD	Max.	0,95	Media	SD	Max.	0,95	Ran
2,4 D									
α - HCH	5,27E-06	3,95E-06	2,77E-05	1,29E-05	9,51E-08	5,92E-08	3,60E-07	2,06E-07	2,95E-05
Acetoclor	2,80E-05	2,04E-05	1,36E-04	6,72E-05					
Aldrin	2,06E-05	1,60E-05	1,17E-04	5,14E-05	1,00E-07	6,40E-08	3,97E-07	2,22E-07	3,17E-05
Arsénico	2,56E-03	1,83E-03	1,28E-02	6,16E-03	1,10E-05	6,67E-06	3,74E-05	2,35E-05	3,35E-03
Cipermetrina	2,04E-02	1,58E-02	1,15E-01	5,07E-02					
Clorpirifos									
Cobre	2,13E-06	1,57E-06	1,16E-05	5,20E-06					
δ - HCH	1,43E-07	1,08E-07	7,52E-07	3,52E-07	5,34E-10	3,33E-10	2,02E-09	1,16E-09	1,65E-07
Endosulfan	5,40E-09	3,87E-09	2,67E-08	1,30E-08					
Endosulfan Sulfato	2,70E-08	1,93E-08	1,34E-07	6,49E-08					
γ - Clordano	4,37E-08	3,35E-08	2,58E-07	1,09E-07	4,80E-09	3,07E-09	1,91E-08	1,07E-08	1,52E-06
Glifosato	9,72E-06	7,55E-06	5,89E-05	2,46E-05					
Heptaclor	1,17E-05	9,06E-06	6,61E-05	2,90E-05	2,50E-07	1,60E-07	9,89E-07	5,54E-07	7,91E-05
Mercurio	6,01E-05	4,29E-05	3,00E-04	1,44E-04					
Zinc	6,94E-07	5,04E-07	3,59E-06	1,68E-06					
IR metales	2,63E-03	1,87E-03	1,31E-02	6,31E-03	1,10E-05	6,67E-06	3,74E-05	2,35E-05	3,35E-03
IR clorados	3,77E-05	2,92E-05	2,12E-04	9,35E-05	4,51E-07	2,86E-07	1,77E-06	9,93E-07	1,42E-04
IR todos	2,31E-02	1,77E-02	1,26E-01	5,71E-02	1,15E-05	6,94E-06	3,90E-05	2,43E-05	3,48E-03

TABLA 8

Comparación de la calidad del agua entre AMCA y BAL en base a los ARS de efectos no carcinogénicos (ENC) y carcinogénicos (EC) por ingesta (Ing.), contacto dérmico (Derm.) y ambas vías simultáneas (Agregado) mediante prueba de Wilcoxon.

Estadísticos	Ing.				Derm.				Agregado			
	ENC		EC		ENC		EC		ENC		EC	
	AMCA	BAL	AMCA	BAL	AMCA	BAL	AMCA	BAL	AMCA	BAL	AMCA	BAL
Wilcoxon	p=0,86		p=0,5		p=0,37		p=0,89		p=0,53		p=0,4	

TABLA 9

Comparación de los resultados ARS según la ruta de exposición, por estación y tipo de efecto, aplicando prueba de Wilcoxon.

Estadísticos	AMCA				BAL			
	ENC		EC		ENC		EC	
	Ing	Derm	Ing	Derm	Ing	Derm	Ing	Derm
Wilcoxon	p=0,13		p=0,043		p=0,16		p=0,028	

TABLA 10
Comparación de la importancia relativa porcentual del riesgo por contacto dérmico respecto del generado por la ingesta accidental, por estación y tipo de efecto.

Sustancias	AMCA		BAL	
	ENC	EC	ENC	EC
2,4 D	2,23			
α - HCH	6,07	6,39	6,25	6,19
Acetoclor			2,65	
Aldrin	196,98	207,79	203,09	201,16
Arsénico	0,99	1,05	1,02	1,01
Cipermetrina	46,40		47,84	
Clorpirifos	19,40			
Cobre			0,22	
δ - HCH	6,07	6,40	6,25	6,19
Endosulfan	1,39		1,43	
Endosulfan Sulfato	1,39		1,43	
γ - Clordano			0,05	9,74E+04
Glifosato	1,08E-04		1,11E-04	
Heptaclor	63,27	66,74	65,23	64,61
Mercurio	0,95		0,98	
Zinc	0,36		0,37	

Profundizando este análisis, en la Tabla 10 se presentan comparativamente, sustancia por sustancia y por tipo de efecto, la proporción porcentual del riesgo que pueden ocasionar por ingesta accidental respecto del por contacto dérmico. Puede apreciarse que existen sustancias para las cuales el efecto por ingesta es más importante que por el contacto dérmico (el caso extremo para los ENC es el del Glifosato, casi 9000 veces superior un efecto respecto del otro; le sigue el γ -Clordano). Sin embargo, la gran mayoría de las sustancias presentes exhiben un riesgo mayor por el contacto dérmico que por la ingesta accidental. Esta diferencia, aunque no alcanza el extremo del Glifosato, en algunos casos alcanza varios órdenes de magnitud (caso del Aldrin, con más de 200 veces, el Heptaclor, la Cipermetrina y el Clorpirifos para los ENC). Para las sustancias EC, ninguna sustancia tiene mayor efecto por ingesta accidental que por contacto dérmico. El γ -Clordano tiene 95000 veces más efecto por contacto dérmico que por ingesta, luego le siguen en orden de importancia, el Aldrin y el Heptaclor. El arsénico, si bien es mayor el riesgo que puede producir por contacto dérmico, esta diferencia es muy exigua.

Comparando la proporción contacto dérmico vs. ingesta accidental entre ENC y EC, se aprecia la coherencia entre las proporciones de una vía respecto de otra en ambos tipos de efectos. Sin embargo, esto no ocurre en el caso del γ -Clordano, ya que es la única sustancia en que la ingesta accidental genera un riesgo mucho mayor que el contacto dérmico por ENC, mientras que la relación es a la inversa por EC, también con diferencias de varios órdenes de magnitud.

DISCUSION

Los resultados del estudio indican que los riesgos a la salud por los efectos no carcinogénicos y carcinogénicos debida a la ingesta accidental y al contacto dérmico durante la actividad recreativa en aguas del Arroyo Azul no son relevantes. Dado que en Argentina no existen NG o NMP que permitan regular el uso recreativo con contacto directo de los ambientes acuáticos superficiales, este estudio resulta un claro avance en pos de la protección sanitaria de los bañistas.

Los *Niveles Guía Nacionales para Calidad de Agua Ambiente para Recreación Humana*, de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación establecen que la calidad del agua “debe observar pautas microbiológicas y fisicoquímicas que no involucren riesgo para la salud de las personas expuestas” (SRHN, 2007a). Sin embargo, en ellos sólo se establecen como límites a los niveles de densidad bacterianas (*Escherichia coli* y enterococos) aunque dentro de los **Parámetros de calidad con significación para la salud humana** se reconozcan también a los físico químicos. Pero no brindan ningún tipo de precisión en este respecto, sólo indican que “la selección de los parámetros fisicoquímicos se asienta en pautas de prioridad que observan sus niveles de ocurrencia en las áreas de uso recreativo y los potenciales efectos tóxicos sobre las personas expuestas” (SRHN, 2007a). Sin embargo, al momento, no se ha avanzado en este sentido.

Cuando se detectan sustancias químicas peligrosas en el agua recreativa, la gestión suele confrontar las concentraciones relevadas con niveles guía para el agua de consumo humano, pudiendo utilizarse los *Niveles Guía Nacionales para Calidad de Agua Ambiente para Fuente de provisión de agua para consumo humano* (SRNH, 2007a), o en el Código Alimentario Argentino (A.D.L.A., 1969; A.D.L.A., 1971), o, para este caso, los de la Ley 11820 de la Provincia de Buenos Aires (SENADO Y CÁMARA DE DIPUTADOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, 1996). Este proceder, sin embargo, tiene sus inconvenientes. Uno de ellos es que el uso consuntivo de agua posee tasas de ingesta diarias muy superiores respecto de la ingesta accidental durante el uso recreativo. Esto hace que los niveles guía para consumo humano sea excesivamente conservadores respecto del otro uso. Eso ocurre con el límite al que se hace referencia en este trabajo de 10^{-5} para el riesgo por los EC, donde se asume 2 L día^{-1} como tasa de ingesta (SRNH, 2007b), valor muy superior a $0,05 \text{ L día}^{-1}$, que es el valor promedio de tasa de ingesta utilizado en este trabajo. Es por ello que se considera que, a pesar de alcanzarse el valor limitante para agua de consumo por EC, en realidad no implica que deba asumirse un riesgo a la salud si se realiza el baño recreativo. Esto queda refrendado por el riesgo poblacional anualizado que establece que no debería esperarse ningún caso de cáncer anual atribuible al contacto con el agua dentro del conjunto de la población expuesta.

El uso de los NG o NMP para agua de bebida como referencia indirecta de la peligrosidad de las

sustancias posee otro inconveniente: solo reemplazaría a la ingesta accidental, dejando de lado al contacto dérmico. Tal como se vio en este trabajo, el contacto dérmico para varias de las sustancias determinadas en ambas estaciones, poseen valores de riesgo superiores al originado por la ingesta accidental. Esto ocurre en 11 de las 16 sustancias de ENC y en todas las de EC. Y en algunos casos, con diferencias de varios órdenes de magnitud.

Por otro lado, si hubiera NG o NMP para el uso recreativo del agua, ya sea por ingesta accidental o por el contacto directo, seguramente sería un listado de valores para sustancias individuales (tal como ocurre con el agua de bebida), dejando de lado la cobertura frente a los efectos de estar expuestos por dos vías y por varias sustancias simultáneamente, lo que en este trabajo se consideró a partir del riesgo agregado y acumulativo.

Tal como se discute en Peluso et al. (2008) y se corrobora en el presente trabajo, los ARS poseen ventajas operativas sobre los NG o NMP como herramientas de gestión. Una de ellas es el planteo de escenarios diferentes, considerando distintos tipos de condiciones de exposición. De hecho, los análisis de riesgo a la salud podrían colaborar con el desarrollo de los NG hoy faltantes adoptando aquellos escenarios de exposición que el sistema de gestión requiera.

CONCLUSIONES

Los riesgos a la salud por la ingesta accidental y el contacto dérmico durante el baño recreativo en aguas de dos sitios del Arroyo Azul no son relevantes, ni siquiera considerando las dos vías de exposición y todas las sustancias simultáneamente.

La comparación de la calidad del agua entre las dos estaciones estableció que las diferencias entre ambas no son significativas. Si bien la comparación entre las rutas de la ingesta accidental y la del contacto dérmico no permitió reconocer diferencias significativas entre ambas, el riesgo por el contacto dérmico es mayor al originado por la ingesta accidental en 11 de las 16 sustancias de efectos no carcinogénicos y en todas las de efectos carcinogénicos.

La aplicación de análisis de riesgo a la salud permitió caracterizar la balneabilidad de las aguas del arroyo en base a las características químicas, lo que las convierte en metodologías analíticas complementarias a los estudios microbiológicos y sustitutas de niveles máximos permisibles hoy faltantes en la legislación argentina.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se financió con fondos provenientes de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia

de Buenos Aires, de la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires y de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PID452).

Referências

- ADLA, 1969. Anales de la Legislación Argentina. Ley Nacional N° 18.284 ADLA XXIX-B 1456 del 18/VII/69. <http://www.anmat.gov.ar/codigoa/caa1.htm>.
- ADLA, 1971. Anales de la Legislación Argentina. Decreto 2126/71 de la Ley 18284/69, sobre el Código Alimentario Nacional. ADLA XXXI-C, 3086 del 30/VI/71. <http://www.anmat.gov.ar/codigoa/caa1.htm>.
- BILELLO G., 2006. Innovación Productiva y Empleo Rural en La Pampa Argentina. Un Estudio de Caso en Áreas Mixtas. VII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología Rural, Quito, Ecuador.
- DECISIONEERING, 2007. Crystal Ball 7.1 software.
- DUBOIS D., DuBois D.F., 1916. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. Archives of Internal Medicine 17:863-871.
- GORANSKY R., Natale O., 1996. Bases Metodológicas para el Establecimiento de Normas Locales de Calidad de Agua para Consumo Humano. Informe Final. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación - Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas.
- LEJARRAGA H, Orfila G., 1987. Estándares de peso y estatura para niños y niñas argentinos desde el nacimiento hasta la madurez. Archivos Argentinos de Pediatría 85:209-222.
- PELUSO F., Gonzalez Castelain J., Cazenave G. y Usunoff E., 2006. Estimación de la tasa de ingesta y de la frecuencia de exposición en aguas recreativas naturales para su uso en análisis probabilístico de riesgo sanitario. Cuadernos del CURIHAM 12: 1 – 7.
- PELUSO F., González Castelain J., Varela C. y Usunoff E., 2008. Evaluación preliminar del riesgo sanitario por agroquímicos en aguas del Arroyo Azul, provincia de Buenos Aires. Biología Acuática 24: 123-130.
- POTTS R., Guy, R., 1992. Predicting skin permeability. Pharm. Res. 9 (663–669).
- SENADO y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires, 1996. Ley 11820: Marco Regulatorio para la Prestación de los Servicios Públicos de Provisión de Agua Potable y Desagües Cloacales en la Provincia de Buenos Aires, y las Condiciones Particulares de Regulación para la Concesión de los Servicios Sanitarios de Jurisdicción Provincial. <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-11820.html>.
- SRHN, 2007a. Niveles Guía Nacionales para Calidad de Agua Ambiente. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. <http://www.hidricosargentina.gov.ar/NivelCalidad.html>.
- SRHN, 2007b. Metodología para el establecimiento de niveles guía de calidad de agua ambiente para recreación humana. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. <http://www.hidricosargentina.gov.ar/metodologia5.pdf>
- STATSOFT Inc., 1984-2004. Statistica 7.0.
- USEPA, 1986. Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. U.S. Environmental Protection Agency. Federal Register 51(185):33992-34003.
- USEPA, 1989. Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume 1: Human Health Evaluation Manual. EPA/540/1-89/002. Washington D.C., USA.
- USEPA, 1992a. Guidelines for Exposure Assessment. Environmental Protection Agency. Fed. Reg. 57:22888 – 22938. Washington D.C., USA.
- USEPA, 1992b. Supplemental Guidance to RAGS: Calculating the Concentration Term. Intermittent Bulletin. Volume 1 Number 1. Publication 9285.7-081. U.S. Environmental Protection Agency.
- USEPA, 1992c. Dermal exposure assessment: principles and applications. Interim report. EPA/600-8-91/011 B. Washington D.C., USA.
- USEPA, 1995. Supplemental Guidance to RAGS: Region 4 Bulletins, Human Health Risk Assessment (Interim Guidance). Waste Management Division, Office of Health Assessment. En <http://www.epa.gov/Region4/Waste/ots/healthbul.htm#hhexp>
- USEPA, 1996. Proposed Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. U.S. Environmental Protection Agency. Federal Register 61(79):17960-18011.
- USEPA, 1999a. Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemicals Mixtures. Environmental Protection Agency. NCEA-C-0148. Washington D.C., USA.
- USEPA, 1999b. Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment. U.S. Environmental Protection Agency, Draft. En <http://www.epa.gov/superfund/programs/risk>.
- USEPA, 2001. General principles for performing aggregate exposure and risk assessments, Office of Pesticide Programs. En <http://www.epa.gov/pesticides/trac/science/aggregate>.

USEPA, 2002. Calculating Upper Confidence Limits for Exposure Point Concentrations at Hazardous Waste Sites. OSWER 9285.6-10. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Emergency and Remedial Response. Washington D.C.

USEPA, 2003. Framework for Cumulative Risk Assessment. EPA/630/P-02/001F. Washington D.C., USA.

USEPA, 2007. Dermal exposure assessment: A summary of EPA approaches. EPA 600/R-07/040F. Washington D.C., USA.

USEPA, 2008. IRIS (Integrated Risk Information System) Database. U.S. Environmental Protection Agency.

WEIMER R., 2003. Estadística. Ed. CECSA, México. Sexta reimp. 839 p.

Peluso, Fabio Instituto de Hidrología de Llanuras (UNCPBA, CIC, MA).
fpeluso@faa.unicen.edu.ar

José Gonzalez Castelain Instituto de Hidrología de Llanuras (UNCPBA, CIC, MA).

Lorena Rodríguez Becaria ANPCYT.

Sebastián Jaime Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Analysis of basic sanitation in Brazil and its impact on water resources and health

Giuliano Marcon
Arlindo Philippi Jr.

ABSTRACT: Integration of basic sanitation, water resources and health is paramount for sustainable development. The basic sanitation in Brazil is analysed, along with its impacts on water resources and health, and perspectives for addressing problems. Reflections are based on applicable documents and ruling texts. Some of the unsolved basic sanitation issues may be dealt with through instruments and the framework of water resources management. Moreover, the river basin can be used as a reference unit for planning the Federal Basic Sanitation Policy, and basic sanitation plans must be compatible with the river basins plans of the corresponding region. Improvements in the water supply and sewerage service should also take into account innovative solutions which depend upon the health framework in place. Outcomes are expected to promote the intersectoral efficiency in Brazil and Latin America and also faster actions aimed at the improvement of basic sanitation.

KEYWORDS: basic sanitation; water supply; sewerage service; water resources; health.

RESUMEN: Integración de los servicios de saneamiento básico, los recursos hídricos y la salud es primordial para el desarrollo sostenible. El saneamiento básico en Brasil se analiza, junto con sus impactos sobre los recursos hídricos y la salud, y las perspectivas para abordar los problemas. Las reflexiones se basaron en los documentos aplicables y los textos gubernamentales. Algunas de las cuestiones sin resolver del saneamiento básico podrán ser objeto a través de instrumentos y el marco de gestión de recursos hídricos. Por otra parte, la cuenca hidrográfica se puede utilizar como una unidad de referencia para la planificación de la Política Federal de Saneamiento Básico, y los planes de saneamiento básico deben ser compatibles con los planes de las cuencas hidrográficas de la región correspondiente. Las mejoras en el abastecimiento de agua y el alcantarillado también deben considerar soluciones innovadoras que dependan de la política de salud. Se espera que los resultados fomenten la eficiencia intersectorial en Brasil y América Latina y también acciones más rápidas para la mejora de los servicios de saneamiento básico.

PALABRAS CLAVE: saneamiento básico; abastecimiento de agua; alcantarillado; recursos hídricos; salud.

CONTEXT

The integration of basic sanitation, water resources and health were referred to in the National Environment and Health Action Plan, developed as the Brazilian contribution to the Pan American Conference on Health and Environment in Sustainable Human Development, which took place in Washington, in 1995 (Ministério da Saúde, 1995). This Conference, a consequence of the United Nations Conference on Environment and Development - UNCED 1992, emphasised the importance of the definition of policy frameworks and laws in member states to ensure the accomplishment of commitments from UNCED 1992, with consideration for health and the environment in sustainable development (Pan American Charter, 1995). Therefore, the integration of sanitation, water resources and health is perceived as necessary for sustainable development in Latin

America by combining economic growth with protection and preservation of the environment, and response to social claims.

Moreover, the World Health Organisation – WHO's – concept of environmental health highlights its relation to the practice of assessment, control and prevention of physical, chemical and biological factors, and also those of behaviour origin, which potentially affect health (WHO, 2010). This conceptualisation is based on an integrated vision of environmental sanitation and other sectors.

With regards to basic sanitation there is a lot to do, not only in Latin America, but also worldwide. For this reason, the United Nations has established a Millennium Development Goal – MDG – to promote sustainable access to safe drinking water and sewerage (PNUD, 2008). In 2008, when 2.6 billion people were estimated to be without a safe and clean

toilet option, the promotion of the International Year of Sanitation had the objective of raising awareness and of accelerating progress towards the MDG target to reduce the proportion of people without access to sewerage by 2015 (IYS, 2008).

In view of the relevance and urgency of this theme, the objective is to analyse basic sanitation and its implications for water resources and health in Brazil, emphasising the most relevant aspects and perspectives for a proper solution.

METHODS

In results and discussions are initially presented the main legislation milestones for basic sanitation in Brazil, including the Federal Constitution and the Federal Law 11.445, from 5 January 2007 which establishes the guidelines for National Basic Sanitation and for the Federal Basic Sanitation Policy.

What follows is a description of the basic sanitation situation in Brazil, at the end of the twentieth century, based on secondary data mostly supported by the National Survey of Basic Sanitation – PNSB developed by the Brazilian Institute of Geography and Statistics – IBGE – in 2002, by billing units and municipalities (IBGE, 2002). In this context, basic sanitation, following the definition of the Federal Law 11.445/07, encompasses the services, infrastructure and operational installations of: drinking water supply; sewerage service; urban sanitation and waste management; drainage and stormwater management. Policy, as quoted several times, is understood in the context of public policy, according to Philippi & Bruna (2002): guidelines established in the legislation framework aimed at improving the living conditions of society.

The basic sanitation situation is also illustrated with examples of the State of São Paulo and its Units of Water Resources Management – UGRHIs, established by the Decree of the State of São Paulo 32.954, from 7 February 1991, primarily UGRHI 5, the Piracicaba, Capivari and Jundiá River Basins – PCJ focused by Marcon (2005).

In addition, there are discussions about the implications of the environmental sanitation, mainly regarding drinking water supply and sewerage service, for health in Brazil, based on Costa (2004). There is also mention of the Federal Constitution, specifically with respect to the National System of Health – SUS and the National Health Policy, established by the Federal Law 8.080, from 19 September 1990.

In final remarks the most relevant aspects of results and discussions are emphasised, in particular those related to the Federal Law 11.445/07, Ordinance 518, from 25 March 2004, of the Ministry of Health, and the Federal Law 9.433, from 8 January 1997, which establishes the National Water Resources Policy and sets the National System of Water Resources Management. Lastly, perspectives are discussed on dealing with the implications of basic sanitation for water resources and health in Brazil including the promotion of health and adoption of alternative and innovative solutions.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Basic sanitation at the end of the twentieth century

The Constitution of the Federative Republic of Brazil establishes as the role of municipalities, Article 30: the organisation and delivery of public services of local interest. However, states may establish metropolitan regions, urban clusters and micro-regions with neighbouring municipalities, aimed at integrating organisation, planning and the execution of public functions of common interest. Castor (1996) states that metropolitan areas have existed since the 70s, based on the Complementary Federal Law 14, of 1973. In spite of the existing fundamentals for metropolitan planning, planned agencies and the conceptualisation of services for such areas, metropolitan regions have been only indicative. An explanation for this is based on the fact that while the responsibility for the use of the land and other planning instruments had been kept within the functions of the municipality, investments had been dependent upon sectoral policies, “(...) metropolitan agencies (...)” (Castor, 1996, p11) had been controlled by states, and services of regional interest had been allocated either to states or municipalities.

In this context is important to mention the Article 21 of the Brazilian Constitution when it refers to the federal sphere and its competence in establishing guidelines for urban development, including dwellings, basic sanitation and transport. The Article 23 defines as a common competence of the federal sphere, states, federal district and municipalities the promotion of programmes of dwelling building and improvement of living conditions as well as basic sanitation, which demands the co-operation of federated entities to be defined by complementary law.

Then the Federal Law 11.445/07 was passed, clarifying the fundamental principles of the basic sanitation national guidelines, responsibilities, provision of basic sanitation by regional public services, planning and regulation, besides economical, social and technical aspects, and also the participation of collegiate agencies within the social control and the Federal Basic Sanitation Policy. It is important to highlight, as a responsibility of basic sanitation providers, the elaboration of basic sanitation plans, the direct delivery of services or the authorisation of delegation, along with the corresponding definition of the responsibility for its regulation and enforcement etc. It is also relevant to mention, in addition to the provision of basic sanitation by regional public services, the definition of responsibilities and possibilities of regional configuration of entities, companies and municipalities involved. Furthermore, aspects of regulation are relevant mainly regarding their objectives: the establishment of standards and norms of service, the assurance of the accomplishment of conditions and targets, prevention and rebuke of the abuse of economic power, and the definition of adequate economical, financial and social tariffs.

There is hope that this piece of legislation contributes to clarifying and improving basic sanitation actions in Brazil. The basic sanitation situation, in terms of drinking water supply and sewerage service at the end of the twentieth century is described ahead, as well as its implications for water resources and health. Differences in water supply and sewerage service coverage are primarily based on the size of population of municipalities and Brazilian Major Regions - BMRs.

As established by the Brazilian Constitution, municipalities, along with the federal sphere, states and the federal district, are autonomous entities and encompass the national political-administrative organisation. Municipalities are the autonomous entities at the lowest level of hierarchy in this structure (IBGE, 2003). The BMRs are formed by the clustering of federated entities and are named North, Northeast, Centre-West, South and Southeast (IBGE, 2003).

IBGE (2002) describes the evolution of basic sanitation actions, with emphasis on water quality and, in turn, protection of health and preservation of environmental quality. In 1981, The National Sanitation Plan – PLANASA – had as goals for population coverage for that decade: 90% for water supply and 65% for sewerage service (IBGE, 2002). Over local and municipality interests, the National Dwelling

Bank – BNH, which managed the resources of PLANASA, prioritised state companies. In this way, states were benefited by the resources of the Plan. Despite the fact that other basic sanitation services had not been considered in the scope, such as general waste collection and urban drainage, PLANASA struggled to reach its targets.

Provision of drinking water is strategic for the risks it can cause to human health if improperly supplied or even absent. A significant amount of the Brazilian population was supplied and this can be verified by the proportion of municipalities with drinking water supply through a general network: 97.9% in 2000. This number was 95.9% in 1989. In both cases, “(...) the fact that a municipality having a network of drinking water supply in place implies its inclusion in the group of municipalities with a distribution network, independent of the coverage, efficiency and number of dwelling connections to such network.” (IBGE, 2002, p31). With respect to municipalities, there were differences according to the size of their populations: those which with less than 20,000 inhabitants owned only 32.1% of the distributed treated water, whilst others with more than 100,000 owned basically all distributed treated water. In Figure 1, it is possible to observe the situation of water supply coverage of billing units per population stratum of municipalities. Also, the larger population a municipality had, the higher the water supply coverage of billing units was. Bearing in mind that approximately 90% of municipalities in Brazil had less than 45,000 inhabitants, as depicted in Figure 2, the highest coverage of distributed treated water as well as of billing units with water supply was noticed in the most populated urban centres. The BMRs with the lowest coverage were “(...) in urban suburbs of large centres, in small urban clusters and in the poorest regions.” (Bittencourt, 2003, p287).

Another factor to be considered was the inequality in the coverage of drinking water supply in Brazil. While in the BMR Southeast 5.6% of the distributed water was without treatment, this rate was 32.4% for the North.

The privileged situation of large urban centres in terms of drinking water supply was exemplified by the largest economical centre of Brazil: the Metropolitan Region of São Paulo - RMSP – which was already reliant upon an inter-basin transfer through the Cantareira System, for drinking water supply to approximately 8 million people, about half of its population. The drinking water supply, in turn,

was dictated by urban growth, requiring agreements between the UGRHI 5, where the transferred water was from, and the UGRHI 6, Alto Tietê Basin, where the RMSP was located. Besides the basin committees of these two UGRHIs, the Sanitation Company of the State of São Paulo - SABESP - also participated in the agreement aimed at renewing the water entitlement of Cantareira System in 2004, maintaining the inter-basin transfer. SABESP was the basic sanitation service operator for the Municipality of São Paulo.

The water entitlement is defined by the Federal Law 9.433/97, which among others, also establishes water price, watershed as planning and management unit and a network of entities sharing responsibilities over water resources of federal domain, named National System of Water Resources Management – SNGRH. Allowing for the obvious relationship with water resources, the basic sanitation sector has been represented by service providers and associations in SNGRH entities, such as basin committees and state water resources councils.

The renewal of the water entitlement of the Cantareira System in 2004 was based on the Resolution of the National Water Agency – ANA – 429, from 4 August 2004. It resolved that the responsibility for granting water entitlement from water bodies owned by the federal sphere, tributaries of the Cantareira System, would be that of the Water and Electric Power Agency – DAEE as a participant entity in the water resources management in São Paulo and also the Minas Gerais's Institute of Water Management – IGAM – in the State of Minas Gerais. The inter-basin transfer, in this particular case, meant that the

UGHRI was driven to relinquish influence over the economical development and the quality of life of its people that this volume of water would be associated with (Marcon, 2005).

From Figure 1, the necessity of making a stronger effort on drinking water supply, coherent with the particularities of the country, including the less populated municipalities and BMRs with lower coverage such as the North and Northeast, was clear.

It was also necessary to reduce the rate of water loss in systems of drinking water supply. In the State of São Paulo, this rate was at average 38% (SRHSO-DAEE, 1999), whereas in the UGRHI 6, this figure was 40%, and in the UGRHI 7, Baixada Santista, achieved 47%. Clearly, this situation reflected the need for better understanding of the relationship between water resources management and drinking water supply.

It is also relevant to outline the lack of promotion of the rational use of water resources. Although SABESP, in the State of São Paulo, charged rising tariffs to residential customers as their consumption of water mounted, the situation was the opposite for consumers of more than 5,000 m³/month opting for fixed demand contracts: the price of the cubic meter was lower, for sequential zones of cubic meters, as the consumption augmented. Although this behaviour can be justified from the perspective of the allocative efficiency for companies of drinking water supply, it is reasonable to infer that lower prices per cubic meter had been a counter balance to the promotion of the rational use of water.

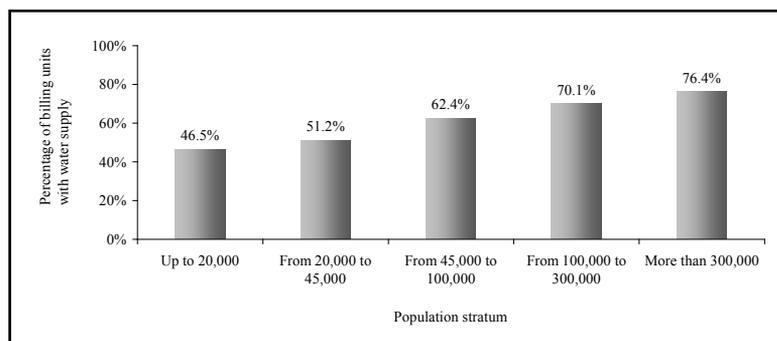


FIGURE 1. Billing units with water supply in Brazil per population stratum of municipalities. Source: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000. Rio de Janeiro; 2002. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoedevida/pnsb/pnsb.pdf>. [2008 Sep 14].

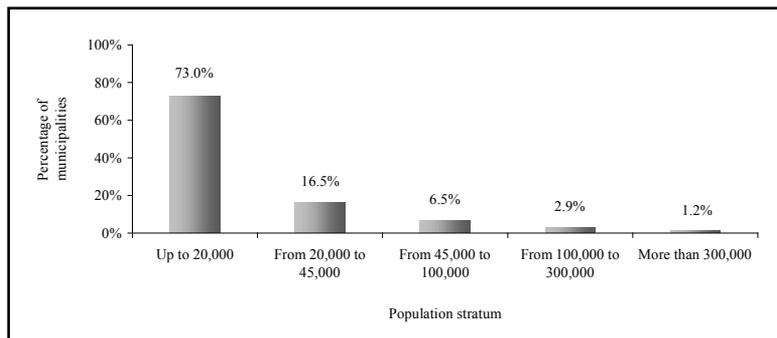


FIGURE 2. Distribution of municipalities in Brazil per population stratum.

Source: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000. Rio de Janeiro; 2002. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pnsb/pnsb.pdf>. [2008 Sep 14].

The necessity of proper water resources management was clear due to the low availability water/inhabitant/year in some regions, among them the most economically developed in the state of São Paulo: UGRHI 6, at 201 m³/inhabitant/year and UGRHI 5, at 408 m³/inhabitant/year. Azevedo et al. (2000) highlight that 1,000 m³ *per capita* per year is often related to a situation of water stress, where Carrera-Fernandez & Garrido (2002) state that the world average is around 2,500 m³/inhabitant/year.

On the other hand, according to data from Company of Water Supply and Sanitation SA – SANASA - (Marcon, 2005), the volume of water originated from alternative sources, for commercial, industry and public use, including some hospitals, was approximately 59% of the total consumption of the municipality of Campinas. Other data which indicated a likely movement of consumers towards alternative sources of water in this municipality were obtained from the comparison between 1996 and 2002, category commercial: while the number of connections in 1996 was 22,578 and in 2002 was 24,332, the total consumption changed from 1,349 to 1,184 thousands of m³, respectively. This dynamic of numbers justified the adoption, according to SANASA, of fidelity and minimum demand contracts, as an attempt to replace consumption flow (SANASA 2003a, 2003b). The Ordinance 518/04 of Ministry of Health established alternative sources of water provision for human consumption: those distinct to drinking water supply which include, among other possibilities, spring, community well, distribution through transporting vehicle, and horizontal and vertical condominium. Probably the search for such alternative sources influenced the favouring of cheaper prices per cubic meter, which was understandable from the market perspective and represented a new

opportunity for dialogue between the basic sanitation, water resources and health sectors.

Also it was a concern that the Areas of Protection and Recuperation of Headwaters – APRMs, instituted by the Law of the State of São Paulo 9.866, from 28 November 1997, and even the Areas of Environmental Protection – APAs – already created, such as those located in the Cantareira System, previously quoted, and responsible for water production for around half of the population of the RMSP were being implemented reluctantly. The deterioration of water quality in such headwaters, as discussed by Marcon (2005), should have been understood as a wake-up call for attention to be made to this water resources management.

However, the protection of water resources should not be limited to water production areas. The densification of urban areas, mainly metropolitan, and other basic sanitation considerations also represent a potential implication for water resources.

To support a better understanding, there are some conceptualisations based on IBGE (2003):

- Districts are administrative units of a municipality.
- An urban area is located within the urban perimeter, defined by the municipality law of a city or village.
- The city is constituted by the urban area of the headquarter district, is delimited by the urban perimeter, and contains the municipality prefecture headquarter. Villages are composed of urban areas of districts which are not the municipality headquarter.
- Urbanised areas are those “(...) legally defined as urban, characterised by buildings, streets and intense human occupation, along with

areas affected by transformations attributable to urban development and those reserved for urban expansion (...)” (IBGE, 2003, p224).

The soil impermeabilisation for streets and buildings should be taken into account, among other factors, as impacting on water resources. The arising flow of stormwater in the drainage network of urbanised areas may cause flooding and escalate the carriage of sediments and general waste, improperly disposed of, into water bodies, resulting in risks to population health and compromising riparian ecosystems. In metropolitan regions, this phenomenon is likely to be amplified because of the clustering of urbanised areas.

The analysis of Marcon (2005) on the largest municipalities of UGRHI 5 showed gaps to be filled regarding both compatibility of master plans with law of use and occupation of the land, and definition of internal municipality areas according to their suitability, including those for sustainability of water resources.

When comparing the evolution of sewerage service coverage just before and after the 90s, a marginal rise is observed: while in 1989 47.3% of municipalities were provided with this service, this number increased to 52.2%, in 2000. Even allowing for a 24% growth in the number of municipalities, the sewerage service did not develop at the same pace, with its increase rate being only 10% for the same period. In this context a municipality was considered to have a network for sewage collection when its network provided services to at least one district, “(...) independent of the extension of the network for sewage collection, number of connec-

tions or billing units with sewerage service (...)” (IBGE, 2002, p26). As illustrated in Figure 3, the percentage of billing units with sewerage service grew larger as the population stratum of municipalities augmented. Yet, it is worth mentioning the poor condition of collection networks and of septic tanks (Bittencourt, 2003).

The treatment of the collected sewage also reflected the inequality among municipalities, in accordance with their population stratum: while in municipalities up to 20,000 inhabitants the daily volume of sewage treated was 17.8%, in municipalities with more than 300,000 inhabitants this proportion was 48% (IBGE, 2002).

There were also differences in the country in relation to sewerage service. Whilst in the BMR North, 92.9% of municipalities did not own collection, in the Southeast this figure was only 7.1% (IBGE, 2002).

When the total number of dwellings researched by IBGE is observed, only 33.5% owned general network of sewerage service, again with contrasts. In the BMR North, the rate was 2.4%, whereas in the Southeast this number reached 53% (IBGE, 2002). In general, the larger the population of the municipality, the higher the rate of dwellings served with general network of sewerage service was: “(...) the municipalities with more than 300,000 inhabitants own almost three fold dwellings connected to the general network of sewerage service in comparison to municipalities with populations up to 20,000 inhabitants (...)” (IBGE, 2002, p43), which reflected the fostering of larger urban centres, as already mentioned for drinking water supply.

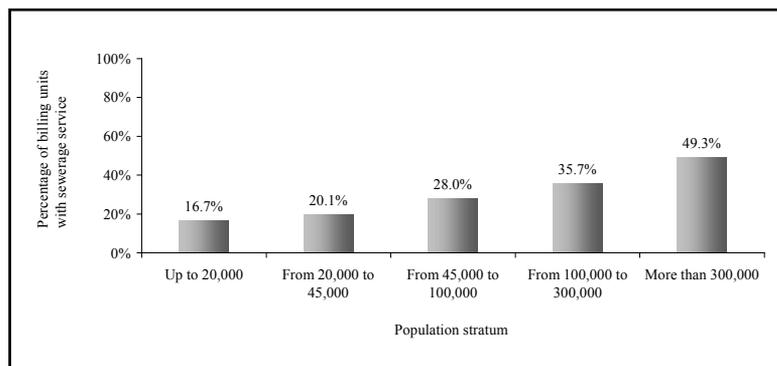


FIGURE 3. Billing units with sewerage service in Brazil per population stratum of municipalities.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000. Rio de Janeiro; 2002. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoedevida/pnsb/pnsb.pdf>. [2008 Sep 14].

The boost in the proportion of collected sewage treated between 1989 and 2000 in Brazil was 77.4%, reflecting the effort of service suppliers. This meant an additional 35.3% of collected sewage was treated. The highest rate of increase, 169.4%, was in municipalities of between 45,000 and 100,000 inhabitants. Although in municipalities with larger populations this improvement was also significant, 84.6%, this proportion did not match even half of the sewage collected.

The conditions of sewerage service in Brazil were characterised in the following ways: 47.8% of the municipalities did not collect, 32% only collected, and just 20.2% collected and treated their sewage.

In UGRHI 5, in particular, the untreated or not properly treated sewage had impacted on the Dam of Salto Grande. CBH-PCJ (1996) reported the existence of cyanobacteria in this locality, in which toxins, not being necessarily removed with conventional treatment, may have posed serious health risks for the population supplied with this water.

This situation of water pollution could motivate urban centres to search for more remote headwaters from which to deliver drinking water to the population, raising the costs of access to water. Apart from that, this pollution degrades aquatic ecosystems, making other uses of water resources difficult, such as recreation and fishing, and in some cases causing discomfort for nearby localities because of odours.

Having described results and presented discussions on basic sanitation and its implications for water resources, from this point on the impact on health of inadequate environmental sanitation is shown, including data on deaths and hospitalisations, as well as comparisons between the BMRs.

IMPACTS OF ENVIRONMENTAL SANITATION ON HEALTH

Some diseases are due to inadequate environmental sanitation caused by deficiencies in not only drinking water and sewerage services, but also a wide range of environmental sanitation, including waste management and housing conditions, among others. As such, they are entitled Diseases Related to Inadequate Environmental Sanitation - DRSAl.

The next paragraphs present data on death and hospitalisations due to DRSAl between 1996 and 2000, based on Costa (2004). The emphasis is on diarrhoea, as among all DRSAl, this was the disease

most related to inadequacies in drinking water and sewerage.

According to Costa (2004), between 1996 and 1999 there were 59,979 deaths due to DRSAl: of those, 32,817 were the result of diarrhoea, 54.7% of the total. Among deaths attributable to diarrhoea in this period, 17,719 were of children younger than 1 year of age, representing a rate of 14 deaths per day. With the exception of 1998, deaths caused by diarrhoea plummeted, starting with 9,252 in 1996 and reaching 7,309 in 1999. From the total of these deaths caused by diarrhoea, 63% were of children younger than 5 years old and 25% in people older than 65 years of age. Among children younger than 1 and younger than 5 years old, the BMRs Northeast and North presented the highest rates of proportional deaths due to diarrhoea, in general above the national rate between 1996 and 1999. While in 1996 the national rate was 7.91 for younger than 1 year of age, and 7.87 for younger than 5, in 1999 these figures were 6.19 and 6.32 respectively.

If in 1999 all BMRs had the same death rates attributable to DRSAl as the South, which among them presented the lowest proportion for that year, the number of deaths that could be avoided in Brazil would have been around 6,103. Based on the fact that the number of deaths caused by diarrhoea was 53.5% of the total DRSAl in 1999, the estimated number of deaths that could have been avoided due to this particular disease in Brazil would be 3,265. Yet, even the death rate in the BMR South was not ideal, as many of the identified deaths were attributable to avoidable causes (Costa, 2004). Avoidable causes include improvements in the basic sanitation of the BMR South, considering the low rates of collection and treatment of sewage, mainly in the states of Santa Catarina and Rio Grande do Sul.

Again, according to Costa (2004), among DRSAl, a fall in the hospitalisations was observed between 1996 and 2000 from 712,982 to 565,560. In terms of rate of hospitalisations, there was a reduction from 373 to 333 per 100,000 inhabitants, which represented a reduction of 11% in this period. The largest reduction was in the BMR Southeast, of approximately 40%, whilst the smallest in the North was about 15%. In this period diarrhoea was the cause of 92.69% of hospitalisations attributable to DRSAl on average in Brazil, from 662,927 in 1996 to 515,469 in 2000. 52% of hospitalisations due to diarrhoea in this period were in children younger than 5 years old, and from 1997 the age group with

the highest occurrence of diarrhoea began to change from children younger than 1 year of age to those between 1 and 4 years.

The federal spending on hospitalisations caused by DRSAI rose 35% between 1996 and 2000, comprising around 3.2% and 2.3% respectively of the total federal hospital expenditure on diseases. Among hospitalisations attributable to DRSAI between 1996 and 2000, the highest expenditure was on diarrhoea: approximately 90% of the total (Costa, 2004).

The same author also suggests that if all BMRs in 2000 were at the same rate of hospitalisation due to DRSAI as the Southeast, which had the lowest proportion among them in that year, the number of hospitalisations which could have been avoided in Brazil would have been 318,724. In this same context more than 80% of these hospitalisations which could have been avoided would have been in the BMRs North and Northeast. Taking into account that in 2000 diarrhoea was the cause of 91.14% of hospitalisations due to DRSAI, the conclusion is that 290,485 of these cases of diarrhoea could have been avoided.

The analysis above confirms once more the importance of drinking water and sewerage treatment for health and the differences that exist among BMRs with respect to basic sanitation coverage. As a result, it is relevant to emphasise the constitutional attribution mentioned by the Article 200, referring to the participation of SUS in the formulation of policy and the execution of basic sanitation actions. The National Health Policy outlines that the actions and services of SUS must be executed by a decentralised and hierarchical structure, including federated entities and other institutions. This Law also foresees the creation of intersectoral commissions not covered by the SUS, among these, sanitation and environment. In this particular context, sanitation refers to environmental sanitation.

FINAL REMARKS

It is expected that water pricing will motivate suppliers of drinking water to focus on lowering rates of water loss and, in turn, wastage of water.

Drinking water supply tariffs based on contracts of economy of scale do not necessarily lead consumers to use water more rationally, aimed at by the water pricing. This issue should be analysed in the context of each watershed in view of, among other aspects, Article 30 of the Federal Law 11.445/07 referring to

categories of consumers in Item I and, mainly, Item III, which is related to the guarantee of the following social objectives: the preservation of public health, adequate services to consumers with low incomes and the protection of the environment. Another aspect to be considered in calculating these tariffs is the subsidies that need to be made in order to deliver coverage to consumers and localities of low income, based on the Article 31, including their operation between localities. This discussion is necessary taking into account the quest for a price composition for final consumers that is in line with the requirements of rational water use, defined by basin committees, in accordance with the Federal Law 11.445/07. This law establishes the necessity of compatibility of basic sanitation plans with river basins plans.

The movement of consumption towards alternative sources, probably motivated by cheaper prices, is not a negative aspect in itself for water resources management and health, as long as the extraction of water follows the terms of water entitlements and is also in accordance with procedures and responsibilities related to control and water quality surveillance for human consumption, based on the Ordinance 518/04 of the Ministry of Health.

It is recommended that actions aimed at protecting headwaters areas, fundamental for drinking water supply, be established based on the watershed as the planning unit, according to the Federal Law 11.445/07, and their basin committees. This condition is reinforced, based on the same law, by the necessity for contemplation of basic sanitation public services delivered in articulation with other sectoral policies, including those of urban and regional development and environmental protection.

Besides, the Federal Law 9.433/97 defines the need for municipalities and the federal district to integrate local policies for basic sanitation, use, occupation and preservation of the land and environment with federal and state policies for water resources.

The above reflections, along with the adoption of urban sanitation and waste management, urban stormwater drainage and management, and the compatibility of master plans and laws of use and occupation of the land, are paramount for urbanised and mainly metropolitan areas.

Differences within BMRs regarding drinking water supply coverage and between municipalities based on the size of their population were identified, even involving cases of water entitlements for inter-

basin transfers in favour of large urban centres. The data on sewerage service coverage contained not only differences among BMRs based on the population of municipalities, but also in the treatment of collected sewage and, potentially, in relation to the adequacy of the treated sewage. Apart from the large amount not collected, there was also the collected, but not treated, sewage which, therefore, could cause dilapidation of aquatic ecosystems where it was disposed of, as well as discomfort in the surrounding areas and impact on the costs for obtaining water from other headwaters.

The participation of SUS in the formulation of the policy and execution of basic sanitation actions could also be performed in basin committees, as was observed in many examples throughout the country. This participation could also be described in basic sanitation plans as they were developed, in terms of the watershed. It is natural to conceive that this participation should be proportional to the death and hospitalisation rates attributable to DRSAl, and that such actions should be prioritised in BMRs and states most impacted, with the aim of improving conditions of drinking water and sewerage coverage.

It is also understood that the enhancement of conditions of drinking water and sewerage in municipalities with low population stratum is not trivial, in view of not only the cost of installing treatment plants, but also their operational costs. Besides states and federal funding, it is expected that water pricing will support, at least partially, investments

and financial aid. It is necessary to think about the promotion of health and the adoption of alternative, innovative and safe solutions. Approaches such as the use of rainwater (ENHEALTH, 2004), slow-sand filters (Lantagne et al., 2008) and dry toilets (CERES, 2008) require support from government structures such as SUS, entities related to the control and surveillance of water quality and, in particular, the National Health Foundation – FUNASA – for dissemination and implementation.

In conclusion, interfaces of the basic sanitation, water resources and health mechanisms and institutions in Brazil can and should be developed to promote better results for the society.

It is intended that this analysis contribute to better intersectoral efficiency in Brazil and Latin America, and the sustainable development and acceleration of actions to achieve the MDGs related to sewerage and permanent and sustainable access to drinking water.

ACKNOWLEDGMENTS

Acknowledgments to *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP* - for its support of the Doctorate of Giuliano Marcon, Thesis *Avaliação da Política Estadual de Recursos Hídricos de São Paulo nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí*, defended in 2005 at *Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo*, Brazil.

Referências

- AZEVEDO, LGT; BALTAR AM; FREITAS, P. 2000. A experiência internacional. In: Thame, A.C.M., organiser. *A cobrança pelo uso da água*. São Paulo: Instituto de Qualificação e Editoração p19-27.
- BITTENCOURT, MF. 2003. Ações municipais de recursos hídricos: saneamento básico em pequenos municípios: o PASS/BID. In: Little PE, organiser. *Políticas ambientais no Brasil: análises, instrumentos e experiências*. São Paulo: Peirópolis/Brasília: Instituto Internacional de Educação do Brasil p285-92.
- CARRERA-FERNANDEZ, J; GARRIDO, RJ. 2002. *Economia dos recursos hídricos*. Salvador: Edufba.
- CASTOR, BVJ. 1996. Criando condições institucionais adequadas a políticas ambientais eficazes. *Cadernos FUNDAP N20 Política Ambiental e Gestão dos Recursos Naturais* p7-13. <http://www.fundap.sp.gov.br/publicacoes/cadernos/cad20/Fundap%2020/CRIANDOCONDICOES-INSTITUCIONAISADEQUADASAPOLITICASAMBIE.pdf>. [2009 Aug 17].
- [CBH-PCJ, 1996] Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí. 1996. *Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 1995*. São Paulo: DAEE.
- [CERES, 2008] Centre for Education and Research in Environmental Strategies. 2008. *Water Trail: Compost Toilets*. <http://www.ceres.org.au/watertrail/files/compost.html>. [2008 Sep 16].
- COSTA, AM, coordinator. 2004. Impactos na saúde e no Sistema Único de Saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado. In: FUNASA. *Cad. Pesquisa em Engenharia de Saúde Pública*. Brasília: Ministério da Saúde. p7-27. http://www.funasa.gov.br/internet/arquivos/biblioteca/eng/eng_caderno1.pdf. [2010 Jun 1].

- [ENHEALTH, 2004] National Public Health Partnership. 2004. *Guidance on use of rainwater*. Australian Government. http://enhealth.nphp.gov.au/council/pubs/documents/rainwater_tanks.pdf. [2008 Sep 16].
- [IBGE, 2002] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2002. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000*. Rio de Janeiro. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf>. [2008 Sep 14].
- [IBGE, 2003] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2003. *Metodologia do Censo Demográfico 2000*. Rio de Janeiro. Série Relatórios Metodológicos; 25. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/metodologia/metodologiacenso2000.pdf>. [2008 Sep 14].
- [IYS, 2008] International Year of Sanitation 2008. 2008. *Tackling a Global Crisis: International Year of Sanitation 2008*. http://esa.un.org/iys/docs/IYS_flagship_web_small.pdf. [2008 Sep 15].
- LANTAGNE, D S; QUICK, R; MINTZ, ED. 2008. Household Water Treatment and Safe Storage Options in Developing Countries: a Review of Current Implementation Practices. *Water Stories: expanding opportunities in small-scale water and sanitation projects*. Woodrow Wilson International Center for Scholars. http://www.wilsoncenter.org/waterstories/Household_Water_Treatment.pdf. [2008 Sep 15].
- MARCON, G. 2005. *Avaliação da Política Estadual de Recursos Hídricos de São Paulo nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá*. São Paulo. Doctorate Thesis, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo, 256p <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-21042005-203718/>. [2008 Sep 14].
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. 1995. *Conferência Pan-Americana sobre Saúde e Ambiente no Desenvolvimento Humano Sustentável: Plano Nacional de Saúde e Ambiente no Desenvolvimento Sustentável: diretrizes para implementação*. Brasília. <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/Planonac.pdf>. [2009 Aug 17].
- [PAN AMERICAN CHARTER, 1995] *Pan American Charter on health and environment in sustainable human development*. 1995. Washington. <http://www.bvsde.paho.org/bvsadi/i/fulltext/cartapan/cartapan.pdf>. [2010 May 29].
- PHILIPPI JR, A; BRUNA, GC. 2002. *Política e Gestão Ambiental*. Apostila do Curso de Especialização em Gestão Ambiental, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- [PNUD, 2008] Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. 2008. *Objetivos de Desenvolvimento do Milênio: garantir a sustentabilidade ambiental*. http://www.pnud.org.br/odm/objetivo_7/. [2008 Sep 15].
- [SANASA, 2003a] Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento SA. 2003. *Contratos de fidelidade e demanda mínima*. <http://www.sanasa.com.br/informacoes/consumoIndCom.asp>. [2004 Mar 23].
- [SANASA, 2003b] Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento SA. 2003. *Resolução Tarifária n.01/03*. http://www.sanasa.com.br/atend/tarifa_res2003.asp. [2004 Mar 23].
- [SRHSO-DAEE, 1999] Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras do Estado de São Paulo. Departamento de Águas e Energia Elétrica. 1999. *Síntese do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo*. São Paulo: DAEE.
- [WHO, 2010] World Health Organisation. 2010. *Environmental health*. http://www.who.int/topics/environmental_health/en/. [2010 May 29].

Giuliano Marcon Núcleo de Informações em Saúde Ambiental - NISAM, Universidade de São Paulo. São Paulo, Brazil (giulianomarcon@hotmail.com).

Arlindo Philippi Jr. Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo, Brazil (aphij@usp.br).

Presentación de artículos

Los artículos pueden ser presentados en español, portugués o inglés. El resumen deberá ser enviado obligatoriamente en el mismo idioma y abstract en inglés (para trabajos en español y portugués) y, en español (para trabajos en inglés).

FORMATO

El archivo debe ser enviado en medio magnético, acompañado de dos copias impresas. Los archivos deben estar en Word, versión reciente.

Configuración de la página: tamaño: A4 (210 x 297mm); márgenes: 2,5 cm en todas las direcciones;

Espacio doble, letra Times New Roman 12;

Número máximo de páginas igual a 25, incluyendo tablas, figuras, ecuaciones y referencias. Estas deben estar numeradas de 1 a n. Las tablas y figuras deben tener título. Las figuras deben ser enviadas también en archivo separado en formato TIF, 300dpi.;

Todas las referencias citadas en el texto deben estar listadas en la bibliografía. En el texto del artículo la referencia debe ser escrita, en minúsculas y entre paréntesis, como apellido y año e. g. (Araujo, 2001). Referencias con dos autores serán citadas como: (Araujo y Campos, 2001). Para el caso de más de dos autores será: (Araujo et al., 2001). En la bibliografía las referencias serán listadas en orden alfabético del apellido del primer autor, el que debe ser escrito en mayúsculas, e. g. :

ARAUJO, J., Campos, E. y Silva, C., 2001. Política de Recursos Hídricos em Pernambuco. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. vol. 7, nro 1, p. 232-253. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. www.abrh.org.br

Cuando sea posible, deberá ser indicada una página de Internet relacionada a la publicación citada, como indicado en el ejemplo.

La numeración de las ecuaciones debe estar a la derecha y todos sus términos deben estar definidos en el texto.

Todas las tablas y figuras deben estar citadas en el texto.

Los interesados en publicar artículos en la revista deben preparar el mismo de acuerdo con el formato indicado y enviarlo a:

ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos
Av. Bento Gonçalves, 9500 – IPH/UFRGS
Caixa Postal 15029 -
CEP 91501-970 – Porto Alegre, RS, Brasil
E-mail: rega@abrh.org.br

Chamada de artigos

Os artigos devem ser submetidos em espanhol, português ou inglês. Deverá ser enviado, obrigatoriamente, resumo no mesmo idioma e em inglês (para trabalhos em português e espanhol) e, em espanhol (para trabalhos em inglês).

FORMATO

O arquivo deve ser enviado por meio magnético, acompanhado de duas cópias impresas. Os arquivos devem estar em Word, versão recente.

Configurações da página: tamanho A4 (210 x 297mm); margens 2,5 cm em todas as direções;

Espaçamento duplo, tipografia Times New Roman, corpo 12;

Número máximo de páginas igual a 25, incluindo tabelas, figuras, equações e referências. Estas devem estar numeradas de 1 a n. As tabelas e figuras necessitam ter título. As figuras devem ser enviadas também em arquivo separado, em formato TIF, resolução 300 dpi.

Todas as referências citadas no texto devem estar listadas na bibliografia. No texto do artigo a referência deve ser escrita em minúsculas e entre parênteses, como sobrenome e ano (Araujo, 2001). Referências com dois autores serão citadas como: (Araujo e Campos, 2001). Na bibliografia as referências serão listadas em ordem alfabética do sobrenome do primeiro autor, que deve ser em maiúsculas:

ARAUJO, J., Campos, E. e Silva, C., 2001. Política de Recursos Hídricos em Pernambuco. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. vol.7, n.1, p.232-253. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. www.abrh.org.br

Sempre que possível, deverá ser indicada uma página de Internet, relacionada à publicação citada, como no exemplo acima.

A numeração das equações deve estar à direita e todos os seus termos devem ser descritos no texto.

Todas as tabelas e figuras devem ser mencionada no texto.

Os interessados em publicar artigos na revista devem preparar o mesmo de acordo com o formato citado e submetê-lo a:

ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos
Av. Bento Gonçalves, 9500 – IPH/UFRGS
Caixa Postal 15029 -
CEP 91501-970 – Porto Alegre, RS, Brasil
E-mail: rega@abrh.org.br

