

# E você achando que 100% fosse o máximo que alguém pudesse se dedicar.

Sabesp 300%: 100% de água tratada, 100% de esgoto coletado e 100% de esgoto tratado.

O saneamento transforma a vida das pessoas. Por isso, não medimos esforços para levar, até 2014, o Sabesp 300% para todos os municípios do interior atendidos pela Sabesp. E, até 2018, para todas as outras cidades atendidas por nós. Saiba mais acessando www.sabesp.com.br.



Sabesp.
Transformando vidas.







Reservatório do Sistema Cantareira -Banco de imagens da Sabesp

Propiciar a livre discussão de importantes temas relacionados à engenharia sanitária e ambiental foi sempre uma grande preocupação da revista DAE.

Os ensaios, de cunho autoral, publicados nos últimos números desse periódico vêm recebendo inúmeras manifestações de apoio por parte dos nossos leitores e do seu conselho editorial. Em nossa última edição (número 194), publicamos um artigo abordando questões referentes a elaboração de normas e códigos de prática no Brasil (Normas anormais – Prof. Ivanildo Hespanhol).

Em resposta recebemos, de alguns técnicos que há muito militam nesse campo, a solicitação da abertura de um espaço para que pudessem apresentar seus questionamentos sobre alguns pontos abordados no referido documento.

Firme no propósito de contribuir para debate democrático de assuntos relevantes do saneamento ambiental, possibilitando, através do exercício do contraditório, que nossos leitores possam tirar suas próprias conclusões sobre os mesmos, não poderíamos ter outra posição senão acatar a essa justa reivindicação. Sendo assim, publicamos nessa edição o ensaio "Considerações sobre os equívocos da matéria 'Normas Anormais'".

Na seção Ponto de Vista, apresentamos o ensaio "Em busca da gestão de recursos hídricos para a cidade resiliente", dos professores Monica F. A. Porto e Rubem La Laina Porto, documento que contribui sobremaneira para melhor compreensão dos recentes e graves problemas de escassez de água enfrentados por diversos municípios de nosso país.

Completam essa edição da revista DAE, os artigos técnicos:

- Análise de conteúdo, usabilidade e navegabilidade de sítios eletrônicos da internet de prestadoras de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário do Brasil
- · Previsão de consumo de água via modelagem matemática de sistema de abastecimento de água
- Tratamento eletroquímico de azo corante acid red 27 em solução aguosa usando anodo de Ti/  $Ru_{03}Ti_{04}Sn_{03}O_2$
- Geração de metano e de créditos de carbono no tratamento de esgotos sanitários
- Diagnóstico da utilização de sistema de informações geográficas na gestão do saneamento básico das regiões administrativas de Aracatuba e Bauru (SP)

Boa leitura a todos.

Américo de Oliveira Sampaio Editor Chefe



Nº 195 - maio / agosto 2014

#### Missão

A Revista DAE tem por objetivo a publicação de artigos técnicos e científicos originais nas áreas de saneamento e do meio ambiente.

#### Histórico

Iniciou-se com o título Boletim da Repartição de Águas e Esgotos (RAE) em 1936, prosseguindo assim até 1952, com interrupções em 1944 e 1945. Não circulou em 1953. Passou a denominar- se Boletim do Departamento de Águas e Esgotos (DAE) em 1954. Passou a denominar-se Revista do Departamento de Águas e Esgotos de 1955 a 1959. De 1959 a 1971, passou a denominar-se Revista D.A.E. e, a partir de 1972, Revista DAE. Interrupção de 1994 a 2007.

#### Publicação

Quadrimestral (janeiro, maio e setembro) Diretoria de Tecnologia, Empreendimentos e Meio Ambiente - T Superintendência de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Tecnológica - TX Rua Costa Carvalho, 300 - Pinheiros 05429 000 - São Paulo -

Tel (11) 3388 9422 / Fax (11) 3814 5716

# **Editor Chefe**

SP - Brasil

Engenheiro Américo de Oliveira Sampaio

# Assistente Editorial

Engenheira Iara Regina Soares Chao

# Conselho Editorial

Prof. Pedro Além Sobrinho (USP), Prof. Cleverson Vitório Andreoli (Cia. de Saneamento do Paraná – Sanepar), Prof. José Roberto Campos (USP), Prof. Dib Gebara (Unesp), Prof. Eduardo Pacheco Jordão (Universidade Federal do Rio de Janeiro), Prof. Rafael Kospchitz Xavier Bastos (Universidade Federal de Viçosa), Prof. Wanderley S. Paganini (USP e representante da Sabesp), Profa Emilia Wanda Rutkowiski (Unicamp), Prof. Marcos Tadeu (USP e representante do Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT). Coordenação do Eng° Américo de Oliveira Sampaio (Sabesp).

# Jornalista Responsável

Sérgio Lapastina - Mtb: 18276

Capa: Vista aérea do reservatório do Jaguari, pertencente ao Sistema Cantareira.

# Diagramação e arte

Propagare Comercial Ltda.

# CTP, impressão e acabamento

Art Printer Gráficos e Editores Ltda. Tiragem: 4.500 exemplares imprensa@revistadae.com.br

# ISSN 01016040

# Veja a revista eletrônica na internet:

http://www.revistadae.com.br





4 | Revista DAE nº195 | maio-agosto 2014



#### MATÉRIA DE CAPA

Em busca da gestão de recursos hídricos para a cidade resiliente

# PONTO DE VISTA

Considerações sobre equívocos da matéria "Normas Anormais"

# **ARTIGOS TÉCNICOS**

Análise de conteúdo, usabilidade e navegabilidade de sítios eletrônicos da internet de prestadoras de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário do Brasil

> Analysis of content, usability and navigability of internet websites of watersupplys and sanitation service providers in Brazil

Previsão de consumo de água via modelagem matemática de sistema de abastecimento de

> Mathematical model for estimating water consumption

Tratamento eletroquímico de azo corante Acid Red 27 em solução aquosa usando anodo de Ti/Ru<sub>0,3</sub>Ti<sub>0,4</sub>Sn<sub>0,3</sub>O<sub>2</sub>

Electrochemical treatment of Acid Red 27 azo dye in aqueous solution using Ti/  $Ru_{0.3}Ti_{0.4}Sn_{0.3}O_2$  anode

Geração de metano e de créditos de carbono no tratamento de esgotos sanitários

> Methane and carbon credit generation in sanitary wastewater treatment

Diagnóstico da utilização de sistema de informações geográficas na gestão do saneamento básico das regiões administrativas de Araçatuba e Bauru (sp)

> Diagnostic of the use of geographic information system in the management of the basic sanitation of the Administrative Regions of Araçatuba and Bauru (SP)

# **PANORAMA**

- Calendário de eventos
- **8** Publicações



aumento da urbanização no último século, associado ao crescimento populacional, acabou por transformar as grandes cidades em áreas vulneráveis face à sua forte dependência de recursos naturais externos e sua fragilidade perante eventos climáticos extremos.

As cidades apresentam enor-

mes vantagens do ponto de vista de produção econômica e sua compacidade, desde que bem organizada, pode trazer benefícios de toda a ordem. As áreas urbanas compactas têm o potencial de tornar a prestação de serviços aos seus cidadãos mais eficiente. Podem reduzir a emissão de gases poluentes por poder proporcionar melhores

formas de transporte. Reduzem a dimensão da área de impacto. Enfim, viver em cidades é uma boa ideia e o mundo, ao se tornar predominantemente urbano, terá maior chance de oferecer melhor qualidade de vida aos seus cidadãos, principalmente quando se trata da provisão de serviços.

No entanto, há que se reco-

6 | Revista DAE nº195 | maio-agosto 2014

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Professora Titular, Escola Politécnica da USP, mporto@usp.br

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Professor Senior, Escola Politécnica da USP, rlporto@usp.br



Enchentes de Franco da Rocha, São Paulo

nhecer que grandes contingentes populacionais agrupados em uma pequena área faz com que aumente o risco de algo dar errado. Se levarmos em consideração a definição de risco como sendo a probabilidade de algo ocorrer vezes a consequência, ou o dano esperado, é claro que se houver a possibilidade de um número muito grande de pessoas ser afetado por um evento, mesmo que de baixa probabilidade, os efeitos são muito mais trágicos. Em particular no que tange aos fenômenos relacionados à água, secas e cheias são fenômenos naturais onde não existe a possibilidade de se trabalhar com risco zero. As maiores secas e cheias ainda estão por ocorrer. Além disso, nossa capacidade de previsão de tais fenômenos ainda é bastante limitada. Reconhece-se ainda a necessidade de dispormos de sistemas que sejam menos afetados pela variabilidade climática e, principalmente, sejam adaptáveis a situações adversas.

Nos últimos anos surgiu a aplicação do conceito de resiliência à gestão das cidades. Resiliência é a propriedade mecânica dos materiais de não sofrer ruptura e retornar à condição anterior após sofrer uma condição de grande estresse. Ora, uma cidade resiliente é aquela que tem a capacidade de oferecer a seus habitantes a retomada à vida normal mesmo após uma situação de grande estresse. Os fenômenos de estresse podem ser variados, desde sua capacidade para manter o oferecimento de bons servicos de saúde durante uma epidemia, até a capacidade de se recuperar após eventos naturais extremos de cheias, secas, furações, entre outros.

A água é certamente um fator que tem importância na resiliência das cidades, tanto por seu excesso, como por sua falta. Inundações são grandes fatores de estresse, assim como as secas podem causar grandes prejuízos às áreas urbanas, tanto do ponto de vista de saúde humana e qualidade de vida, como do ponto de vista econômico, com perdas para os setores da indústria, comércio e serviços.

Como fazer para que as cidades passem por situações de estresse hídrico sem grandes prejuízos à sua população? A cidade de Nova Iorque, por exemplo, tem sido frequentemente citada como um exemplo no quesito de abastecimento de água, por ter feito grandes avanços na proteção de seus mananciais. No entanto, a cidade dependia, até o último mês de outubro, de dois túneis para transferência da água captada em bacias vizinhas para a distribuição na área urbana. Esses dois túneis entraram em operação em 1917 e 1936, respectivamente. Ambos já haviam, há muito, ultrapassado sua vida útil

e estavam sem manutenção por dificuldades de operação. Além disso, havia o receio de ruptura caso fossem esvaziados. Desde 1954 havia planos para a construção de um terceiro túnel para reduzir o risco de acidente e consequente desabastecimento da cidade. Diversas tentativas para construí-lo foram feitas, sem sucesso. Quando o prefeito Bloomberg tomou posse em 2002, ao perguntar para um grupo de consultores quais eram as maiores fragilidades de Nova Iorque, ouviu, surpreso, que a ruptura dos túneis estava dentre os mais significativos impactos que a cidade poderia sofrer. Um investimento de US\$ 4,7 bilhões de dólares permitiu que grande parte desse túnel entrasse em operação em 2013, reduzindo risco de desabastecimento e afastando a possibilidade de falha<sup>3</sup>. Note-se que o objetivo do novo túnel não foi o de aumentar a oferta de água, mas tão somente de diminuir a vulnerabilidade do sistema.

Certamente, a correta avaliação do risco é um ponto importante para a segurança hídrica. É muito comum entender-se que dois fatores principais devem ser considerados na avaliação do risco de eventos extremos: a probabilidade de ocorrência e o dano causado. Mais recentemente considera-se também a exposição ao evento. Criou-se assim o conceito de "triângulo do risco", proposto por Crichton<sup>4</sup> e apresentado na Figura 1.

Segundo esse conceito, ameaça é a probabilidade de ocorrência



Sistema Cantareira - Reservatório do Jaguari



Figura 1 - Triângulo do risco

de um evento de determinada magnitude e é normalmente expressa, em hidrologia, através do período de retorno ou da probabilidade de um sistema falhar em atender a uma determinada demanda. A *vulnerabilidade* é uma propriedade intrínseca do sis-

tema, em outras palavras refere--se às fragilidades que o sistema apresenta e a fatores externos de falha. Por exemplo, uma estação de bombeamento que não tenha um sistema de alimentação elétrica confiável ou não disponha de pessoal capacitado para operá--la. A exposição está relacionada à posição geográfica ou localização das pessoas ou bens sujeitos aos danos. Refere-se também à maior ou menor susceptibilidade do sistema em relação aos eventos críticos. Assim, uma população localizada nas partes baixas de uma cidade usualmente estará mais exposta a inundações. Da mesma forma, um hospital ou uma escola situada em bairros altos podem apresentar dificul-

nº195 | maio-agosto 2014

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Flegenheimer, Mark (16 October 2013). "After Decades, a Water Tunnel Can Now Serve All of Manhattan". The New York Times.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup>Crichton, D. The Risk Triangle. In: Ingleton, J. (Editor) Natuaral Disaster Management. Leicester, Inglaterra: Tudor House Holdings Ltd, 1999, p. 102-103

dades em serem abastecidos de água durante períodos mais críticos. Se um dos lados do triângulo de risco aumenta ou diminui, o risco aumenta ou decresce no mesmo sentido.

A gestão do risco, derivado de eventos hidrológicos extremos, a que as cidades são submetidas é, portanto, o processo que visa mitigar os respectivos danos decorrentes por meio da redução desses fatores.

A redução do risco por meio da redução da *ameaça* é possível através de medidas que visem aumentar a garantia dos sistemas, isto é, visem reduzir a probabilidade de falha. Atuar neste fator implica geralmente na implantação de medidas estruturais (barragens, canais, e outras). A redução da *vulnerabilidade* pode ser feita pelo controle das possíveis ameaças externas e correção das fragilidades, como foi o

caso da construção do terceiro túnel em Nova Iorque. É muito comum ocorrerem falhas por falta de manutenção de bombas, falta de energia elétrica em equipamentos sensíveis, entre outros. A redução da *exposição* pode ser conseguida, por exemplo, através de mudanças no uso e ocupação do solo para afastar populações das zonas de inundação, redundância no abastecimento de populações que podem ser abastecidas por dois sistemas, entre outros.

O aumento da resiliência de um sistema está diretamente vinculado à eficiência com que se trata a gestão do risco.

Quando se olha apenas a redução da ameaça, ou seja, deseja-se trabalhar com a menor falha possível, pode-se incorrer em duas situações distintas. O otimista tenderá a ver que se um sistema, por exemplo, é planejado para

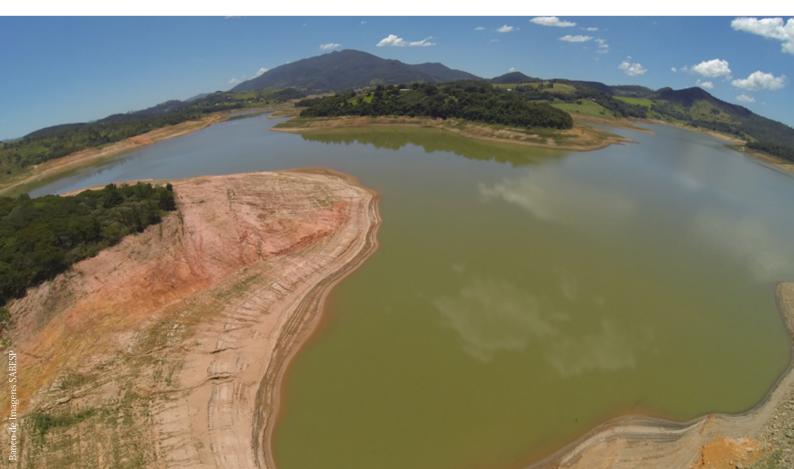
trabalhar com 95% de garantia, a probabilidade de ocorrência da falha é pequena e, numa atitude "cigarra", deixa para se preocupar quando a falha ocorrer. O pessimista, ao contrário, persegue intensamente o controle da falha e, possivelmente, torna-se ineficiente, dispendendo recursos humanos e financeiros em excesso.

A atitude mais correta é buscar reduzir, de forma conjunta, todos os fatores que levam a um aumento do risco, de forma harmônica e planejada. É aqui que entra o conceito de aumento de resiliência.

Há diversas maneiras de se aumentar a resiliência: (1) planejamento; (2) preparação e (3) redundância. Note-se que os conceitos aqui descritos servem igualmente para fenômenos extremos de cheias e de escassez.

Na fase de Planejamento, por







Sistema Cantareira - Reservatório do Jaguari

exemplo, decide-se a probabilidade de falha desejada. Para ser corretamente definida, o efeito da falha deve ser analisado. Se há pouca exposição de populações, podem ser admitidas falhas maiores, mas se a exposição é grande não se admite riscos muitos grandes. Assim é que usualmente tem se recomendado falhas inferiores a 5% para sistemas de abastecimento de água, ou períodos de retorno correspondentes a 100 anos para sistemas de macrodrenagem em áreas urbanas densamente ocupadas. Duas questões devem ser, entretanto, consideradas. Séries hidrológicas tem se mostrado não estacionárias, isto é, com estatísticas como média e desvio padrão não constantes. Nosso conhecimento da probabilidade de falha tem sido colocado em cheque. Outro ponto é o custo elevado das obras quando se deseja reduzir muito a probabilidade de falha.

Assim, considera-se atual-

mente que o planejamento deve conter certo grau de flexibilidade e permitir adaptação. Como isso se traduz em termos práticos? Por exemplo, planejando-se soluções que possam incluir os demais fatores de aumento de resiliência. A cidade de Monterrey, México, possui ao redor de 4 milhões de habitantes na área metropolitana e está localizada em área de baixa disponibilidade hídrica. A cidade conta com um Anel de Transferência<sup>5</sup> de 70 Km de extensão e que interliga mananciais superficiais e subterrâneos (3 barragens e 412 poços, dentre outros) como forma de melhorar a operação do sistema dependendo da escassez de um ou outro manancial.

Outros exemplos de políticas de longo prazo que fazem parte do Planejamento, são as possíveis formas de operação do sistemas que contemplem um aumento de resiliência. Por exemplo, quando da outorga do Sistema Cantareira em 2004, adotou-se a operação baseada nas curvas de aversão a risco. Estas curvas recomendam a adoção de políticas de restrição de uso em função do armazenado no sistema. Quando o volume armazenado começa a diminuir, a curva indica a necessidade de reduzir o uso como forma de proteção antecipada. Este processo reduz a garantia, mas no longo curso reduz a intensidade da falha e, portanto, aumenta a possibilidade do sistema se recuperar mais rapidamente a partir de pequenas falhas.

O Planejamento deve conter, portanto, os conceitos de Preparação e de Redundância. Com frequência nossos planejamentos limitam-se a priorizar uma serie de ações e obras escolhidas por critérios econômicos ou facilidade de implantação. Quando as falhas ocorrem, e elas sempre irão ocorrer, os sistemas estão despreparados para dar respos-

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Longoria, S. F., Maldonando, E. (2009). Nuevo Leon: La Odisea del Agua. Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey. Monterrey. Mexico.

tas eficientes e eficazes.

A Preparação visa planejar, com antecedência, as ações a serem tomadas durante a ocorrência das falhas. Uma parte importante da preparação são os sistemas de monitoramento. previsão e alerta, de modo a anteceder, o máximo possível, a necessidade da tomada de decisão e a aplicação das medidas que visem a redução dos danos. Dentre estas medidas estão os chamados planos de contingência, que significam definir o que?, como?, quando? e quem? com relação às ações a serem tomadas.

Os planos de contingência visam organizar, com antecedência, as ações a serem tomadas para que a crise seja suplantada com o menor impacto possível. Formam um conjunto completo que engloba desde a definição de níveis de alerta até o arranjo institucional necessário para a tomada de decisão, inclusive com a forma da tomada de decisão e a própria definição de quem são os decisores. Definem um conjunto

de ações relacionadas a cada nível de alerta que buscam ir ultrapassando a crise com o menor dano possível.

A Redundância pode trazer grandes benefícios e ser muito eficiente na redução do estresse. Não significa necessariamente duplicar os sistemas. São ações que, quando tomadas, buscam aumentar a segurança e reduzir as falhas. Por exemplo, novamente citando o caso de Nova Iorque, a reservação existente regulariza uma vazão muito superior à necessária e o sistema sempre trabalha com folga. Evitar trabalhar com sistemas constantemente estressados, muito próximos do risco de falha é uma das formas de redundância. Outro exemplo pode ser visto no recente caso da seca que atinge o Sistema Cantareira e a proposta de suplementação do sistema com as águas do rio Iaguari da bacia do rio Paraíba do Sul. O Sistema Cantareira hoje tem capacidade para regularizar 36 m³/s durante cerca de 97% do tempo. Toda essa vazão é

utilizada para abastecer a Região Metropolitana de São Paulo e para atender às necessidades da bacia do rio Piracicaba. O sistema hoje trabalha no limite da sua capacidade. A suplementação de apenas 5m<sup>3</sup>/s advinda do rio Jaguari eleva a garantia de uma vazão correspondente a 37,5 m<sup>3</sup>/s para quase 100% do tempo. Dada a grande exposição e, portanto, elevado risco que falhas no sistema possam causar, é muito mais relevante, neste caso, a segurança trazida pelo aumento da garantia do que a quantidade de água que se consegue a mais. O aumento da resiliência neste caso é conseguido também pela maior rapidez em se recuperar o estado anterior da reservação pelo fato de se dispor de uma fonte suplementar.

Concluindo, pode-se dizer que ainda é muito incipiente a aplicação do conceito de resiliência no planejamento e operação de sistemas de recursos hídricos. Para aumentar a segurança dos sistemas é necessário desenvolver e utilizar de fato este conjunto de conceitos que envolve novas formas de planejamento mais flexível e adaptativo, formas mais eficazes de preparação com ênfase em planos de contingência e também o uso da redundância dos sistemas, mesmo que isto leve a um aumento de custos e investimentos. É necessário entender que sistemas mais complexos e que garantam maior segurança serão mesmo mais difíceis de operar e mais caros. No entanto, a experiência mundial nos mostra que as crises geridas improvisadamente trazem custos muito maiores. Afinal, esta é a complicação trazida por um mundo cada dia com mais gente para utilizar nossos escassos recursos ambientais.

Enchentes de Franco da Rocha, São Paulo



# Considerações sobre os equívocos da matéria "Normas Anormais"

Carlos Eduardo Komatsu | Eduardo Mazzolenis de Oliveira | Elayse Maria Hachich Maria Inês Zanoli Sato | Sandra Ruri Fugita

DOI: 10.4322/dae.2014.123

Em seu extenso artigo, "Normas Anormais", publicado na coluna Ponto de Vista, da Revista DAE, edição nº 194, janeiro-abril 2014, o professor Ivanildo Hespanhol, ao tentar provar sua tese de que normas e regulamentos estariam sendo adotados em São Paulo e no Brasil como "propostas ufanistas, com a falsa pretensão de sermos os mais rígidos do mundo em termos de proteção ambiental", sem a devida consideração a "variáveis localmente significativas", comete uma série de equívocos que nos sentimos na obrigação de reparar, principalmente em respeito aos especialistas que dedicam horas do seu tempo, muitas vezes de forma voluntária, na elaboração de índices e parâmetros de controle da qualidade do ar, das águas e do solo.

Já na introdução, o prof. Hespanhol foi infeliz ao se basear apenas em textos de jornais, quando poderia ir direto à fonte, onde sempre teve livre acesso. Não o fez, e levou esta revista de tão longa tradição a imprimir dados dissociados da realidade.

É compreensível que um especialista, ao se aventurar por campos a que não está habituado, cometa enganos, mas o direito ao erro não lhe confere autoridade para afirmar que normas "não podem, também, ser promulgadas na condição de instrumentos políticos, impondo a falsa promessa de que os nossos órgãos controladores efetuam, com esmero e extrema rigidez, a proteção dos grupos de risco expostos à poluição ambiental".

Podemos divergir, mas com respeito, dentro dos padrões de urbanidade, sem a postura vaidosa de nos considerarmos os únicos detentores da verdade. Ao desacreditar os órgãos de controle ambiental, além de outros órgãos de governo também envolvidos nas normas mencionadas, o professor está, ingenuamente ao que parece, propondo o caos.

Ao eleger, como exemplo, os novos padrões de qualidade do ar adotados no Estado de São Paulo, por meio do Decreto Estadual 59.113, de abril de 2013, o professor destaca a manchete do jornal "ES-TADÃO": "Estado de São Paulo é o 1º do mundo a ter padrão mais rígido de qualidade do ar".

Caso tivesse procurado a fonte, o que é sempre recomendável qualquer que seja a situação, o autor teria sido informado que o regulamento publicado prevê que a adoção dos novos limites de qualidade do ar será realizada em três etapas intermediárias, até alcançar o padrão final preconizado, que coincide com os valores recomendados pela Organização Mundial da Saúde - OMS, observando prazos de vigência estabelecidos a partir da realidade observada e o progresso das ações de controle das fontes de emissão.

Para melhor ilustrar essa questão, a tabela a seguir indica os padrões de qualidade do ar nacional, estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, as metas intermediárias e o padrão final do Estado de São Paulo. Ressaltamos que o padrão estadual vigente no momento é a Meta Intermediária 1 - MI1, conforme explicita o Decreto Estadual 59.113.

Como se pode depreender, os valores estabeleci-

Valor	MP <sub>10</sub> 24h μg/m³	MP <sub>10</sub> anual µg/m³	MP <sub>2,5</sub> 24h μg/m³	MP <sub>2,5</sub> anual µg/m³	O <sub>3</sub> 8h µg/m³	NO <sub>2</sub> anual µg/m³	NO <sub>2</sub> 1h µg/m³	SO <sub>2</sub> 24h µg/m³	SO <sub>2</sub> anual µg/m³	CO 8h ppm
Conama	150	50			160 (1h)	100	320	365	80	9
MI 1	120	40	60	20	140	60	260	60	40	9
MI 2	100	35	50	17	130	50	240	40	30	9
MI 3	75	30	37	15	120	45	220	30	20	9
Padrão Final / OMS	50	20	25	10	100	40	200	20	-	9

dos nesta etapa MI1 não representam os padrões mais rígidos do mundo, como supôs o prof. Hespanhol com base em texto jornalístico.

Ao comentar a matéria "Ar foi ruim 3 vezes em 2 anos; na nova regra seriam 1.855", publicado no mesmo jornal, destaca que a nova norma estaria dissociada da realidade. Na verdade, o repórter utilizou estudos realizados pela CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo na fase de elaboração da proposta do novo regulamento, que se encontram disponíveis no site www.cetesb.sp.gov.br.

Nesses estudos, foram formulados diversos cenários com os dados de qualidade do ar registrados pela CETESB, compulsando-os com os novos limites. Obviamente, o cenário mais restritivo seria a adoção dos padrões recomendados pela OMS e o jornal, em sua manchete, destaca a situação mais extrema com 1.855 violações do padrão.

É preciso, contudo, deixar claro que esses valores poderão ser adotados no futuro com o desenvolvimento de tecnologias, ações de aprimoramento do controle de fontes e da mobilidade urbana, conforme previsto no regulamento.

Com relação às metas intermediárias estabelecidas no decreto, foram consideradas as observações das concentrações nos últimos anos, bem como as suas tendências. Foram projetados cenários factíveis de acordo com as políticas públicas em desenvolvimento e de forma consentânea com a realidade e com a necessidade de aprimoramento contínuo das ações de controle da qualidade ambiental.

Em seu longo arrazoado, o prof. Hespanhol recorre novamente a um texto do mesmo periódico, pinçando a informação de que a "Poluição por ozônio é a pior da década – em 98 dias do ano passado a taxa de poluentes na Grande São Paulo ficou acima do aceitável". Como um arauto do fim dos tempos, o autor se fixa num texto jornalístico para apontar uma situação crítica de poluição do ar na Região Metropolitana de São Paulo para, em seguida, criticar a rigidez dos novos padrões ensinando que os valores numéricos devem se reportar "a variáveis localmente significativas, com a finalidade de dar suporte a sistemas operacionais de comando e controle, associados à realidade e características de cada região ou país onde o controle é exercido".

Se tivesse se informado adequadamente, saberia que a matéria referia-se ao Relatório de Qualidade do Ar publicado pela CETESB em 2013, com informações registradas em 2012, ou seja, antes da vigência dos novos padrões de qualidade do ar. Em outras palavras, o diagnóstico foi elaborado com

base nos indicadores de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 3/1990, não justificando a sua associação com os novos padrões.

O professor finaliza a sua incursão no campo da qualidade do ar citando outro trecho da mesma matéria: "o padrão é mais rígido do que o previsto para ser adotado pela União Europeia até 2015". E comenta: "uma afirmação bombástica (que) mostra a irrealidade da norma proposta". Um grupo de trabalho criado pela CETESB especialmente para estudar esse assunto consultou textos legais disponíveis para balizar a nova proposta dentro da realidade mundial e de acordo com os dados observados na nossa realidade.

Dessa forma, o que se verifica é que o padrão estadual de qualidade do ar vigente, ou seja, a MI1, não é mais restritivo que o estabelecido pela atual legislação da União Europeia em nenhum dos parâmetros estabelecidos, com exceção das partículas inaláveis finas (MP2,5) e do dióxido de enxofre (SO2). A adoção de valores mais restritivos para esse último parâmetro se justifica, pois na nossa matriz energética o teor de enxofre é baixo.

Assim, entendemos que é totalmente infundada a suposição do prof. Hespanhol de que o regulamento que estabeleceu os novos padrões de qualidade do ar no Estado de São Paulo constitui uma proposta fora da realidade, com a pretensão de ser a mais rígida do mundo, e nem ufanista e muito menos falsa, como insinuou em seu artigo.

Em sua diatribe, diz o professor que "as regulamentações que envolvem aspectos de saúde pública não podem ser elaboradas exclusivamente em 'nível de gabinete' onde profissionais se reúnem para definir, aleatoriamente, variáveis a serem regulamentadas e seus respectivos valores numéricos". Embora não tenha citado de forma explícita a norma que definiu os novos padrões de qualidade do ar como exemplo de tal procedimento, esclarecemos que o processo de elaboração do Decreto Estadual nº 59.113 se iniciou em 2008 e se estendeu até 2013, com a participação de representantes das seguintes instituições: OMS, USEPA, União Europeia, Ministério do Meio Ambiente. Faculdade de Medicina e Faculdade de Saúde Pública, da Universidade de São Paulo – USP, secretarias estaduais de Saúde, de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação e de Transportes Metropolitanos, do Governo do Estado de São Paulo, secretarias municipais do Verde e do Meio Ambiente e de Transportes da Prefeitura de São Paulo, Conselho Estadual do Meio Ambiente -CONSEMA, ANFAVEA, ANP e Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - FIESP.

Creditamos a infeliz afirmação do autor ao desconhecimento da realidade, sem outras motivações, pois, desconstruir o trabalho desenvolvido pela CE-TESB e demais instituições, só serve aos que ainda insistem em ignorar a realidade sociopolítico ambiental atual e apostam num Estado anômico para poder continuar poluindo.

Ao longo das 18 páginas de seu artigo, o prof. Hespanhol aborda questões relativas a tratamento de efluentes e reúso de água, campo no qual transita com mais desenvoltura, embora não deixe de cometer equívocos, talvez por conta da confiança excessiva que permeia o texto.

Com relação aos comentários sobre a minuta de resolução de água de reúso para fins não potáveis é preciso esclarecer que, da mesma forma que em relação à qualidade do ar, os padrões estabelecidos foram amplamente discutidos no período de 21 de outubro de 2010 a 6 de setembro de 2012 nas doze reuniões do GT- Reúso, da Câmara Ambiental do Setor de Saneamento, da CETESB, e contou com a participação voluntária de profissionais do Centro de Vigilância Sanitária da Secretaria de Saúde, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais (AESBE), Foz do Brasil, Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto (ABCON), Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento (ASSEMAE), Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES), Sindicato Nacional das Indústrias de Equipamentos para Saneamento Básico e Ambiental (SINDESAM), Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo (ARSESP), Prefeitura Municipal de São Paulo e OPERSAN Soluções Ambientais, além da CETESB, obviamente.

As câmaras ambientais patrocinadas pela CETESB constituem um espaço democrático, onde os vários segmentos da sociedade se fazem presentes para oferecer a sua contribuição nos debates sobre assuntos de interesse de toda a coletividade. E convém ressaltar que nas primeiras reuniões, o professor foi convidado a participar das discussões, o que não foi possível devido à "incompatibilidade" de agendas, segundo alegado pelo mesmo. E mesmo a proposta de se adequar a agenda da câmara ambiental à sua agenda pessoal, não foi suficiente para sensibilizar o professor, reconhecido pela sua experiência acerca da matéria e pelo seu trabalho à frente do Centro Internacional de Referência em Reúso de Água —

CIRRA. Se tivesse acedido ao convite saberia que as normas, regulamentos e padrões não são definidos em gabinete, pelo menos no caso dos trabalhos desenvolvidos pela CETESB.

Sabemos que as tecnologias de tratamento de esgoto sanitário adotadas nas estações (ETEs) existentes no Estado de São Paulo, dificilmente atenderiam aos padrões estabelecidos na minuta de resolução sem a complementação do tratamento. Os efluentes tratados nas ETEs, normalmente, são lançados em corpos d'água e, devem atender aos padrões de emissão de efluentes líquidos indicados nas legislações ambientais estaduais e federais, e também não podem provocar alterações na qualidade do corpo receptor.

O lançamento de efluentes tratados em corpos d'água superficiais e a sua aplicação na irrigação paisagística e lavagem de ruas configuram situações distintas e envolvem avaliações de diferentes parâmetros e riscos ambientais e de saúde pública. O professor salienta que a complementação do sistema de tratamento biológico com tratamento físico-químico (coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção com cloro) não seria suficiente para atender aos padrões estabelecidos na minuta. Isto merece um reparo. Deve-se observar que a eficiência dos sistemas de tratamento complementar é diretamente proporcional à qualidade do efluente produzido pelos sistemas de tratamento biológico e, sendo assim, é preciso ter em mente que estes sistemas exigem operação e manutenção adequados.

O artigo ao mesmo tempo em que afirma que a proposta da resolução para reúso urbano é muito restritiva, uma vez que as metodologias hoje disponíveis para tratamento de esgotos, mesmo com tratamento físico-químico, não seriam capazes de atendê-la, afirma também no item conclusão que alternativas de tratamento que estão sendo estudadas pelo CIRRA (MBRs e processos oxidativos avançados), permitiriam a produção de efluentes com qualidades superiores aos da Classe A e B definidas na minuta da resolução, citando inclusive que algumas Companhias já implantaram essas tecnologias.

Menciona, ainda, que "para efetivamente proteger a saúde pública dos grupos de risco, deveria ser exigido o emprego, para produção de água potável e de água de reúso relacionadas, das melhores tecnologias disponíveis, já consagradas internacionalmente". Essa colocação vai ao encontro da proposta, pois foram estabelecidos padrões que visam a proteção da saúde pública e, portanto, as Companhias de Saneamento devem buscar tecnologias de trata-

mento que os atendam.

É importante salientar que, embora os tratamentos avançados sejam, sem dúvida, tecnologia muito eficiente na produção de água de reúso, especialmente para fins industriais, o seu custo é ainda elevado, o que pode inviabilizar a sua aplicação em larga escala na produção desse insumo para fins urbanos e sendo assim, os tratamentos físico-químicos convencionais (coagulação, floculação, sedimentação, filtração) devem ser considerados.

A minuta de resolução não contempla aspectos como "Reúso em Edificações", "Reserva de Incêndios" e "Recarga de Aquíferos", pois, conforme discutido e estabelecido nas reuniões do GT-Reúso, os padrões de qualidade de água de reúso foram avaliados especificamente para usos "Não Potáveis" para fins urbanos, quais sejam: Irrigação Paisagística, Lavagem de Logradouros e outros espaços públicos e privados, Construção Civil, Desobstrução de galerias de água pluvial e rede de esgotos e Lavagem de caminhões (lixo, coleta seletiva, construção civil), trens e aviões. Deve-se observar que os usos abrangidos na minuta se referem às atividades que estavam em franca expansão, especialmente na cidade de São Paulo, quando do início das discussões e que necessitavam de regulamentação imediata. Outras modalidades de reúso não previstas na referida minuta, deverão ser objeto de estudos posteriores.

A recarga de aquíferos é, sem dúvida, uma prática que pode contribuir para melhorar de forma significativa as condições de disponibilidade hídrica, mas não se deve perder de vista que pode, também, provocar a salinização do solo, a contaminação e inutilização das águas subterrâneas para fins de abastecimento de água. Os exemplos citados no artigo se referem a países onde, historicamente, há baixa disponibilidade hídrica, justificando esse procedimento.

O Brasil, de maneira geral, apresenta boa disponibilidade hídrica, embora as regiões metropolitanas, onde se encontram as regiões mais adensadas, estejam enfrentando uma situação de "stress" hídrico, como é o caso da Grande São Paulo. Entretanto, ainda temos muitas ações a planejar e executar, visando o aperfeiçoamento da gestão da demanda e da oferta de água como, por exemplo, o controle de perdas, redução de consumo, conscientização dos usuários, implantação de medidas econômicas como a cobrança pelo uso da água e o próprio reúso não potável.

Em relação ao item "Lavagem de Veículos", a minuta contempla a lavagem de caminhões, trens e avi-

ões desde que automatizada e somente na sua parte externa, para evitar contato de operadores e passageiros com a água de reúso. Na lavagem de veículos comuns, não há garantias de que não ocorrerá o contato direto de pessoas com a água de reúso, sem falar na aceitação do público em geral, observando que não temos conhecimento se essa prática está ou não sendo adotada no mercado.

Para lembrar que não se trata de um documento elaborado furtivamente, no silêncio de um gabinete, enfatizamos que a minuta de resolução foi colocada em consulta pública no período de 12 de março de 2013 a 12 de maio de 2013, e estranhamente não foram recebidos quaisquer comentários e/ou contribuições do professor Ivanildo Hespanhol, especialmente os aspectos abordados no referido artigo. Tampouco recebemos críticas de outros especialistas ambientais. Foram recebidas quarenta e cinco sugestões de melhoria e aperfeiçoamento de minuta, das mais diversas áreas e instituições, que foram objeto de novas discussões no GT-Reúso, sendo grande parte delas incorporadas na versão que foi aprovada pela Câmara Ambiental do Setor de Saneamento.

Em alguns casos, os padrões estabelecidos na legislação nacional e estadual não consideram aspectos locais, por falta de estudos aprofundados e específicos. No entanto, uma vez conhecidos os riscos, não podemos nos eximir em nossa atuação e deixar de adotar padrões internacionais que podem ser aperfeiçoados para as condições locais, visando sempre a manutenção da saúde pública e proteção do meio ambiente.

Realmente o Brasil, e especificamente o Estado de São Paulo, tem condições de ultrapassar algumas barreiras e realizar estudos específicos para estabelecer padrões de qualidade. Isso, no entanto, depende de políticas públicas adequadas para estabelecer um grau de excelência em pesquisa, envolvendo as universidades e centros especializados na busca por soluções dos problemas da sociedade, gerando dados e parâmetros que nos auxiliem na definição de padrões estritamente locais.

Mas, é preciso salientar que a busca de padrões consentâneos com a realidade do nosso Estado constitui uma preocupação dos órgãos de controle ambiental, não se limitando a copiar dados de instituições internacionais. A "Proposta de Disciplinamento do Reúso Direto Não Potável de Água Proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário para Fins Urbanos", consubstanciada na minuta de resolução conjunta das secretarias da Saúde, Meio Ambiente e Recursos Hídricos e Sane-

amento, adota, em verdade, padrões e critérios mais restritivos para protozoários e menos restritivos para ovos de helmintos, em relação àqueles adotados nos citados países industrializados.

Justifica-se a adoção de critérios quantitativos para Giardia spp e Cryptosporidium spp, uma vez que a análise de efluentes tratados para fins de reúso indicou a presença desses microorganismos em concentrações que oferecem risco à saúde humana. Desta maneira, o texto da minuta de resolução das três secretarias foi gerado com base em dados locais, obtidos por meio do Projeto "Risco Microbiológico Associado à Água de Reúso e Lodo de Esgoto - Subsídios para Regulamentação", financiado pela FINEP, no qual efluentes brutos e tratados de quatro estações de tratamento de esgoto do Estado de São Paulo, incluindo duas ETEs que produzem água de reúso, foram monitorados durante o ano de 2009.

Participaram desse estudo, além dos laboratórios da CETESB, o Instituto de Ciências Biomédicas, da Universidade de São Paulo - USP, e o Laboratório de Práticas de Saúde Pública, da Faculdade de Saúde Pública, também da USP. De acordo com os estudos desenvolvidos no âmbito desse projeto, os efluentes tratados das duas ETEs que produzem água de reúso apresentaram baixa remoção de Giardia spp, o que obviamente demonstrava que o sistema de tratamento não tinha a eficiência desejada. Um dos produtos do estudo foi um trabalho preliminar de avaliação quantitativa de risco microbiológico que estimou os valores estabelecidos para essas variáveis na Proposta de Água de reúso urbano.

Esses dados justificam plenamente a inclusão de critérios quantitativos para protozoários patogênicos na proposta de resolução, pois no reúso urbano não potável (lavagem de ruas, irrigação de campos esportivos e outros) pode ocorrer o contato da água com o público, inclusive com crianças. Os resultados do projeto foram apresentados de forma detalhada às empresas de saneamento e também durante as reuniões do Grupo de Trabalho GT-Reúso, da Câmara Ambiental do Setor de Saneamento da CETESB.

O conjunto de especialistas da agência ambiental paulista entende, contrariamente ao que pensa o professor, que critérios econômicos do reúso não devem se sobrepor à preocupação com a saúde dos grupos de risco. O monitoramento dos protozoários e helmintos exigido para as águas de reúso Classe A e B da minuta da resolução, ao qual o autor se opõe, com periodicidade trimestral, não irá representar uma carga de trabalho excessiva aos laboratórios das empresas de saneamento que, por força da Portaria 2914/2011, terão de analisar Giardia spp e Cryptospordium spp nos mananciais que apresentarem médias geométricas anuais de Escherichia coli superiores a 1000/100 mL. Sabe-se, inclusive, que no Estado de São Paulo são muitos os mananciais que superam tais limites da bactéria indicadora de contaminação fecal.

O autor do texto do "Ponto de Vista" opõe-se a essas análises e, para embasar a sua argumentação, cita uma tese de doutorado defendida em 1999 (a qual, aliás, detectou oocistos de Cryposporidium na água tratada) deixando de citar inúmeros trabalhos mais recentes que comprovaram, nos corpos d'água altamente poluídos do Estado de São Paulo, a associação entre contaminação fecal e a ocorrência dos protozoários, utilizando métodos estatísticos mais adequados.

É internacionalmente reconhecido que Giardia spp e Cryptosporidium spp representam sério risco à saúde humana, tendo sido registrados inúmeros surtos em diferentes países, com elevado número de casos sempre associados à água de consumo humano. Há vários anos, a agência ambiental americana (USEPA) inclui em sua legislação critérios para remoção desses protozoários e, reconhecendo sua importância na avaliação da qualidade das águas, instituiu, em 1996, uma norma denominada ICR (Information Collection Rule) determinando que empresas, que forneciam água à população superior a 100.000 habitantes, deveriam monitorar os protozoários durante dezoito meses.

Essa lei foi promulgada cerca de três anos após o surto de criptosporidiose em Milwaukee, nos Estados Unidos, em 1993, atingindo 400.000 pessoas. Atualmente, dispõe-se de um método internacionalmente validado para análise desses organismos, que a USEPA desenvolveu em resposta a esse surto e a inúmeros outros, e também para dar suporte à legislação.

Embora dados epidemiológicos sobre a incidência de giardíase no Brasil não sejam disponíveis, supõe--se que esses valores sejam elevados, conforme apontam as elevadas densidades de Giardia spp em esgotos brutos, da ordem de 10<sup>3</sup> a 10<sup>4</sup> cistos/L. Sabe-se que vários mananciais do Estado de São Paulo apresentam elevadas concentrações desse protozoário configurando situação de risco para a saúde pública.

O protozoário Cryptosporidium spp ocorre em concentrações extremamente baixas em comparação à Giardia spp, em esgotos brutos e tratados, e em mananciais, uma vez que o primeiro tem origem predominante de contaminação animal e a *Giardia* spp tem origem na contaminação fecal humana. Essa constatação tem suporte em diferentes pesquisas conduzidas no Brasil, as quais não são citadas pelo professor.

O autor comete outro deslize ao mencionar que a resolução conjunta foi criticada por especialistas e que deverá ser totalmente revisada. De todas as entidades consultadas, a única a se opor à minuta foi a AESBE, colocando-se contra o monitoramento dos parasitas, alegando que irá representar um custo que inviabilizará a produção de água de reúso. A AESBE propôs a adoção de padrões da OMS para ovos de helmintos, sem considerar se tais ovos são ou não viáveis e sem citar o gênero predominante e mais resistente desses ovos no esgoto (*Ascaris* spp).

Entende-se que a proposta do padrão de ovos viáveis de Ascaris spp, embora mais trabalhosa, é menos restritiva, pois esses ovos são encontrados em número muito mais reduzido do que ovos de helmintos. Muitas amostras de esgoto não atenderiam ao critério <1 ovo de helminto, sem considerar seu gênero e viabilidade, pois esses patogênicos estão presentes em grande número no esgoto tratado ao contrário dos ovos viáveis de Ascaris spp.

Gostaríamos de apontar também algumas incorreções no texto:

- Quadro 3. A EPA 40 Part 503 estabelece também valores para ovos viáveis de helmintos em lodo de esgoto classe A, que é < 1 ovo viável de helminto/4gMS, e a unidade para vírus é apenas UFP, não mencionam UFF;
- Os valores mencionados relativos à Resolução CONAMA 274/2000 no segundo parágrafo do item "5.4 Lavagem de veículos" referem-se a coliformes termotolerantes e não E.coli como mencionado no texto;
- No último parágrafo do item "5.1 Ovos de Helmintos (nematodos Intestinais) o valor estabelecido pela proposta de reúso urbano não é  $\leq$  0,1 ovo viável/L de nematodos intestinais e sim  $\leq$  0,1 viável Ascaris.

Além dos aspectos ambientais e dos relacionados à saúde humana abordados anteriormente, é muito importante considerar na resolução de reúso a prevenção a eventuais impactos causados pela irrigação, em face de concentrações de determinadas substâncias. O cloreto presente na água de irrigação em concentrações inadequadas provoca clorose foliar que pode degenerar para necrose nas bordas das folhas. É uma toxicidade frequente em culturas irrigadas, quando a qualidade da água não é controlada. Outro íon importante em águas salinas é o sódio que em concentrações elevadas é tóxico e manifesta-se em forma de queimaduras nas folhas. Esse íon pode ainda provocar desagregação dos colóides do solo provocando um decréscimo na sua permeabilidade.

Assim, a resolução estabeleceu valores seguros para a vegetação, pois na qualidade da água, os limites estabelecidos para o consumo humano diferem do consumo vegetal. O estabelecimento dos limites de cloreto e sódio para a água de reúso foi genérico com base na qualidade de água para irrigação irrestrita (WHO, 2006), ou seja, não considera as peculiaridades do local a ser irrigado, nem da planta a ser cultivada.

São estas as considerações que o conjunto de especialistas da CETESB solicita que sejam publicadas, com a finalidade precípua de restabelecer a verdade, dissipando dúvidas que o artigo possa ter semeado no seio da comunidade científica brasileira. E também para tranquilizar a comunidade em geral, mostrando que o trabalho desenvolvido pela CETESB continua voltado única e exclusivamente para o bem-estar da população.

# **Autores**

#### Carlos Eduardo Komatsu

Gerente do Departamento de Qualidade Ambiental

Engenheiro Químico formado pela Escola politécnica da Universidade de São Paulo (USP)

Na CETESB desde 1992, tem trabalhado nas áreas de emissões atmosféricas, apoio ao licenciamento e qualidade ambiental.

# Eduardo Mazzolenis de Oliveira

Engenheiro Químico formado pelas Faculdades Oswaldo Cruz, Mestre em Ciência Ambiental pelo PROCAM-USP

Engenheiro da Divisão de Apoio ao Controle de Fontes de Poluição

Secretário Executivo da Câmara Ambiental do Setor de Saneamento da CETESB

# Elayse Maria Hachich

Farmacêutica Bioquímica pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (USP) e Doutora em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da USP. Atua na CETESB desde 1992 na área de Microbiologia e Parasitologia Ambiental e atualmente é Gerente da Divisão de Microbiologia e Parasitologia

# Maria Inês Zanoli Sato

Bacharel em Ciências Biológicas Modalidade Médica pela Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Mestre em Imunologia e Microbiologia pela mesma instituição e Doutora em Ciências pelo Instituto de Ciências Biomédicas da USP. Atua na CETESB desde 1978, inicialmente na área de microbiologia, parasitologia e mutagênese ambiental e atualmente é Gerente do Departamento de Análises Ambientais.

#### Sandra Ruri Fugita

Engenheira Civil pela Universidade Presbiteriana Mackenzie e Mestre em Tecnologia pelo Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. Engenheira no Setor de Avaliação Ambiental de Sistemas de Tratamento de Efluentes da CETESB desde 2006.

# Análise de conteúdo, usabilidade e navegabilidade de sítios eletrônicos da internet de prestadoras de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário do Brasil

Analysis of content, usability and navigability of internet websites of watersupplys and sanitation service providers in Brazil

Hygor Aristides Victor Rossoni | Izabel Cristina Chiodi de Freitas | Sonaly Cristina Rezende Borges de Lima | Fernanda Fonseca Pessoa Rossoni

Data de entrada: 10/12/2012 | Data de aprovação: 26/08/2013

DOI: http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.118

# Resumo

Com o propósito de analisar o conteúdo, a usabilidade e a navegabilidade de sítios eletrônicos de Prestadoras de Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário, foram selecionadas para estudo as páginas eletrônicas de duas autarquias municipais; uma companhia pública estadual e duas companhias públicas - uma de capital misto e, outra, aberto. Para tanto, foi utilizada a metodologia de pesquisa qualitativa: análise de conteúdo temático-categorial. Foi constatado que as companhias de saneamento priorizam conteúdo de informações de interesse de investidores, de promoção institucional e da gestão de qualidade dos serviços e produtos. Além disso, elas possuem um comportamento mais próximo de empresas privadas, por tratarem os usuários dos serviços como clientes. As autarquias municipais, por sua vez, abordam prioritariamente informações do interesse dos usuários voltadas para a gestão ambiental e a responsabilidade social, o que pode representar maior assimilação por parte do agente público de que o saneamento é um direito essencial da população e um dever do Estado. Uma conclusão plausível é que a abordagem e o acesso às informações não são apresentados de forma adequada, principalmente em relação à qualidade da água. Além disso, os sítios analisados possuem baixa usabilidade e navegabilidade, o que dificulta ainda mais sua apropriação pelos usuários.

Palavras-chave: Análise de Conteúdo; Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário; Navegabilidade; Usabilidade: Sítios Eletrônicos.

# **Abstract**

In order to analyze the content, usability and navigability of Water Supplys and Sanitation Service Provider websites, the following webpages were selected for study: two municipal autarchies; one public, state-administered company; and, two public companies of mixed funding. Qualitative research methodology was used for both, including analysis of thematic-categorical content. It was observed that companies prioritize the informational content of interest to investors, institutional promotion, and the quality management of services and products. In addition to this, their behavior is closer to that of private businesses, treating service users like clients. Municipal autarchies, on the other hand, prioritize information of interest to users and focused on environmental management and social responsibility, which may represent a greater understanding by the public agent that environmental sanitation is an essential right of the people and an obligation of the State. A first conclusion is that the approach and access to information are not presented in an appropriate way, mainly in regard to water quality. In addition to this, the websites analyzed have low usability and navigability, which makes their utilization even more difficult for the users.

Key-words: Content Analysis; Water Supplys and Sanitation; Navigability; Usability; Websites.

<sup>\*</sup>Curriculum dos autores - ver página 30

# Introdução

Nos últimos anos, houve certo avanço na cobertura dos servicos de saneamento no Brasil. conforme aponta a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB)1 (IBGE, 2010). Entretanto, cerca de 12 milhões de domicílios no País ainda não têm acesso à rede de abastecimento de água. dados que são indicativos da cobertura e não revelam problemas de perdas de água e de intermitência no abastecimento, além de nada informar sobre a potabilidade da água. É possível verificar, também, que o atendimento à população com serviços de saneamento apresenta grandes desigualdades regionais; inclusive, os déficits são tão maiores quanto mais ao norte estão localizados os municípios (IBGE, 2010).

No Brasil, são adotados diferentes modelos institucionais para os serviços de saneamento (PEIXOTO, 2010 e HELLER, 2012): i) servicos vinculados à Administração Direta Municipal em que a Prefeitura Municipal é a responsável pelas atividades de planejamento, projeto, operação e administração; ii) Administração Indireta Municipal - administração municipal concede, por meio de lei específica, ou permite, por licitação pública, a gestão e/ou operação dos serviços de saneamento por empresas públicas (Ex: autarquias ou empresas companhias públicas municipais), podendo também ser um modelo empresarial de gestão e operação dos servicos de saneamento por meio de concessões obtidas junto aos titulares dos serviços (municípios); iii) Companhias Estaduais – consistem em empresas públicas e/ou de economia mista que obedecem a um sistema centralizador administrativo e financeiro, sendo que a operação dos serviços e manutenção são realizadas por meio de escritórios regionais; iv) Empresas Privadas - consistem em acordo firmado entre a administração pública e entes privados, os quais estabelecem vínculo jurídico entre si, visando à implantação ou gestão, no todo ou em parte dos serviços; v) Consórcios - forma de auto-organização, com baixa participação dos governos estaduais e federal, regulada pela Lei 11.107/05 e prevista, também, na Lei 11.445/07, que oficializa a oportunidade de gestão associada entre municípios, a qual pode incluir entes estaduais e federais. Consórcios Intermunicipais de Saneamento devem conter a ratificação, por lei, de Protocolo de Intenções, seguida da celebração de convênio específico entre o Município consorciado e o Consórcio, em que devem ficar bem definidas as competências atribuídas ao consórcio.

Apesar dos avanços no que tange à cobertura de serviços de saneamento a partir dos anos 1970, pode-se atribuir o aumento das desigualdades socioeconômicas e regionais no acesso a estes servicos à Política Nacional de Saneamento Básico, iniciada durante a ditadura militar e orientada pelos instrumentos do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANASA). O referido Plano, em detrimento dos demais serviços, priorizou o abastecimento de água e, em menor medida, o esgotamento sanitário, e direcionou os investimentos para regiões de economia mais dinâmica (Sul e Sudeste do Brasil), nos municípios mais desenvolvidos que fossem capazes de restituí-los. Ademais, o PLANASA condicionou o repasse de recursos aos municípios à atuação das Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESB) nos respectivos servicos. Assim, uma grande parcela dos municípios foi alijada dos benefícios do plano, entre eles, alguns com sistemas bastante eficientes, operados pelos próprios municípios por meio de autarquias. Nos anos 1980, período de recessão econômica no País, antes mesmo das metas iniciais do PLANASA serem alcancadas. houve contingenciamento dos recursos para o setor de saneamento, resultando em ampliação da segregação regional e de classes, fato que contribuiu ainda mais para a manutenção do quadro deficitário nas periferias urbanas e áreas rurais (REZENDE e HELLER, 2008).

A nova Política Nacional de Saneamento no Brasil (definida pela Lei nº 11.445/07) inovou ao prover a sociedade de uma legislação que regulasse o assunto, promover a transparência e viabilizar o controle social, princípios que corroboram as definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água em sistemas de abastecimento, bem como a definição de mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água

<sup>1</sup> Consistem em resultados da pesquisa realizada pelo IBGE sobre a oferta e a qualidade dos serviços de saneamento ambiental no Brasil, realizada periodicamente, com base em consultas aos titulares – autoridades municipais – e empresas contratadas para prestar serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e coleta de resíduos sólidos, em todos os municípios brasileiros.

para consumo humano (BRASIL, 2005).

Em relação à instrumentalização e organização de pesquisas de caracterização sanitária dos domicílios brasileiros, vale destacar órgãos oficiais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Ministério das Cidades, possibilitam, por meio de informações obtidas a partir de survevs, criar importantes indicadores para visão macro, mas não refletem, por exemplo, o grau de satisfação dos usuários e os investimentos em ações que garantam eficácia e sustentabilidade institucional (RUBINGER, 2008). Cabe ressaltar que estes dados reportam apenas a cobertura, no entanto, deixam de lado a análise sobre o nível de qualidade e a forma de acesso<sup>2</sup> aos serviços de saneamento pela população.

Assim, a divulgação da qualidade dos serviços prestados se estabelece de forma institucional e permanente e, naturalmente, em virtude do crescente número de usuários no mundo todo e do grande impacto que a internet exerce sobre a sociedade, este meio de comunicação tem revelado ser poderosa ferramenta para a divulgação de produtos, serviços, promoções, imagem da marca e ferramentas de relacionamento com o cliente (LUK et al., 2002; CHO & KHANG, 2006).

Em compilação de diferentes autores, Heller e Castro (2007, p. 286) extraem o seguinte conceito para política pública: "... processo que envolve decisões por parte de corpos e autoridades governamentais e ações, realizadas por um ator ou um conjunto de atores, e é composto por metas e os meios para alcançá-las". Portanto, o saneamento está contido na esfera da política pública, área de atuação do Estado que demanda formulação, avaliação, organização institucional e participação cidadã (HELLER e CASTRO, 2007).

Nesse contexto, este artigo tem por objetivos analisar e avaliar o conteúdo de sítios eletrônicos da internet de prestadoras de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil, com foco na usabilidade e navegabilidade. É importante ressaltar o valor da contribuição de trabalhos centrados na verificação do direito de acesso à informação, como vetor de estímulo à participação e ao controle social dos usuários junto às prestadoras de serviços.

# Marcos Legais e a Provisão dos Servicos de Saneamento

A Organização das Nações Unidas (ONU), em resolução histórica - A/RES/64/292 de 28 de julho de 2010 - declarou o acesso à água potável e ao esgotamento sanitário um direito humano (ONU, 2012). Esse novo cenário, inquestionavelmente, requalifica os papéis dos agentes públicos e sociais que atuam no saneamento brasileiro. O Brasil, em termos de servicos de abastecimento de água, tem atendido padrões internacionais, conforme estudo do Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA, 2004). No país, a meta para saneamento dos Objetivos do Milênio com relação ao abastecimento de água é de 84,9% da população atendida até 2015, já tendo sido ultrapassado o previsto.

Assim, a adoção de políticas públicas voltadas para o atendimento aos princípios da economicidade e eficiência, prevendo a aplicação de recursos de forma responsável é amplamente desejável, pois deverá gerar o máximo benefício à população, respeitando a realidade regional e local.

Tal análise alinha-se às diretrizes para o saneamento, delineadas na Lei Federal 11.445/2007 (BRASIL, 2007), no que diz respeito aos seus princípios fundamentais que envolvem a transparência e o controle social.

outro lado, o Decreto Presidencial 5.440/2005 estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento público e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de tais informações ao consumidor (BRASIL, 2005). O princípio norteador é a garantia da informação, a qual implica em transparência nas relações de consumo conforme o Código de Defesa do Consumidor, sendo que o decreto citado regulamenta, especificamente, a informação relativa à qualidade da água para consumo e, sobretudo, busca aproximar usuários, setor de saúde e responsáveis por sistemas e soluções alternativas (BRASIL, 2006).

<sup>2</sup> É importante ressaltar que, para a caracterização do atendimento e do déficit de acesso ao saneamento no Brasil, durante a elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), buscou-se uma definição para a análise da situação tendo em conta a infraestrutura implantada, os aspectos socioeconômicos e culturais e a qualidade dos serviços oferecidos ou solução empregada. Neste sentido, os diferentes componentes do saneamento podem ser classificados em relação ao atendimento em: adequado, precário e sem atendimento. Para mais informações, ver a proposta Plansab (SNSA, 2011, p.19).

# Importância do Acesso à Informações e da Análise de Conteúdo de Sítios Eletrônicos

Segundo pesquisa do Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística (IBOPE, 2012), o Brasil possuía, em 2011, 79,9 milhões de internautas, sendo considerado o 5º país mais conectado. Dentre o total de internautas brasileiros, 87% acessavam a *internet* pelo menos uma vez por semana e a mesma proporção utilizava a rede para pesquisar produtos e serviços (CETIC, 2012).

Com tantas pessoas acessando a *internet*, atualmente ela é a segunda maior mídia de massa nacional e, portanto, merece investimentos maiores (OHIRA, et al., 2003). Nesse sentido, as páginas passaram a agregar informações úteis e organizadas, cujo valor passou a ser determinante para que os usuários o visitem novamente, aliado à preocupação com a navegação na rede, o que resulta no desenvolvimento e na aplicação de diversos mecanismos/ferramentas de busca.

Dessa forma, a *internet* atende ao que Shimp (2009) denominou "objetivos específicos da mídia": i) alcance: número maior de pessoas; ii) frequência: período em que são expostas as informações; iii) peso: quantidade de informações a ser veiculada no período; e iv) custo: meio de comunicação mais barato que os tradicionais.

Como afirmou Vilella (2003), a *internet* é uma mídia que está em permanente construção e reconstrução, por isto, a avaliação apresenta-se como uma prática muito importante. Neste contexto, destacam-se a usabilidade e a navegabilidade como critérios de avaliação. A usabilidade é a extensão em que um produto pode ser usado por determinados usuários para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto de uso. Por sua vez, a navegabilidade é a forma de organização da informação para que o usuário navegue intuitivamente e saiba onde está e de onde veio, bem como quais são as suas possibilidades futuras de acesso (VILELLA, 2003).

Há diversas formas para que informações sobre a qualidade da água cheguem até o consumidor: correspondência individual, contas de água, cartazes, folhetos, páginas eletrônicas da internet, divulgação em veículos de comunicação de massa (jornal, rádio e televisão). Nesse sentido, as informações vinculadas a sítios eletrônicos possuem excelente potencial difusor – devido ao seu alto grau de acessibilidade e por facilitar

o fornecimento de informações ao consumidor com maior riqueza de detalhes.

Por este motivo, os conteúdos virtuais de organizações devem ser avaliados periodicamente. Um dos instrumentos para tal é a análise de conteúdo, a qual consiste em um conjunto de técnicas ou procedimentos objetivos e sistemáticos de descrição do conteúdo das mensagens, visando obter indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção destas mensagens (BARDIN, 2011; OLIVEIRA, 2008).

# Material e métodos

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi utilizado o método da análise de conteúdo temático-categorial, que, conforme Bardin (2011) consiste em descobrir os núcleos de sentido que compõem uma comunicação cuja presença ou frequência tenham algum significado para o objetivo analítico visado.

Após a formulação dos objetivos, a análise foi dividida em três etapas, conforme preconizado por Oliveira, 2008: i) pré-análise: definição do *corpus* por meio da leitura flutuante; formulação das categorias; ii) exploração do material: agregação dos dados brutos em características pertinentes ao conteúdo expresso nos sítios eletrônicos; e iii) tratamento dos resultados, inferência e interpretação: quantificação simples (frequência) e análise qualitativa comparativa dos dados.

Para a definição do *corpus*, os critérios foram estabelecidos com base nas páginas principais (*menus* principais) e nas de segundo nível dos sítios eletrônicos (*links* e ícones internos): isto porque, ao mesmo tempo em que analisa o conteúdo da primeira página, o internauta avalia, ainda que inconscientemente, a aparência do sítio eletrônico (FERRARI; 2008; CHO e KHANG; 2006; LUK et. al., 2002). Neste contexto, a análise de conteúdo dessas páginas possui relevância no que diz respeito à verificação da abordagem das informações pelas prestadoras de um serviço que é essencial para a população.

Também foram realizadas análises específicas nos conteúdos dos seguintes elementos dos sítios eletrônicos: i) Missão e Visão Institucional; ii) cumprimento do Decreto 5440/2005 – relativo à obrigatoriedade de divulgação de informações sobre a qualidade da água e os ícones relativos a esse assunto; e iii) *banners* referentes a Notícias

Notação de Referência	Descrição			
СРСА	Companhia pública de capital aberto, criada há mais de 35 anos. Localiza-se na região Sudeste e é responsável pelo abastecimento de água em cerca 70% dos municípios da federação a qual representa.			
CESB	Companhia estadual de saneamento localizada na região Norte e fundada há 40 anos. Presente na sede de 15 municípios e em 62 localidades.			
EPCM	Empresa pública de capital misto, criada em 1970 e localizada na região Sul. Presente em 68% dos municípios do estado.			
SAAE/01	Atua em um município com aproximadamente 45 mil habitantes.	Autarquias municipais autônomas,		
SAAE/02	Atua em um município com aproximadamente 30 mil habitantes.	criadas há mais de 30 anos e localizadas na região Sudeste. Originalmente foram administradas e conveniadas com a Fun- dação Nacional de Saúde (FUNASA).		

Tabela 1 - Notação de referência e descrição das organizações prestadoras dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário analisadas no presente estudo

# e Projetos.

Apesar de o presente trabalho representar um conjunto real de sítios eletrônicos de prestadoras de serviços de saneamento do Brasil, houve a opção por resguardar sua identificação, assim, da mesma forma, durante a apresentação dos resultados, foram omitidas as denominações das empresas. Para designá-las, utilizaram-se notações de referência. É importante salientar que o fato de ter sido assumida a premissa de profundidade da metodologia qualitativa não foi ensejado, por pretensão, que este trabalho seja representativo de realidade mais abrangente, mas, sim, um estudo que busque, com intensidade, inferências dos pesquisadores sobre o fenômeno estudado.

De toda forma, deve ser entendido que a discussão a partir da seleção amostral em questão, traz à tona aspectos que refletem uma realidade

mais geral e menos particular. Como destaca Flick (2011), este tipo de estudo permite identificar problemas, fazer interações específicas, entender padrões e detalhes, obter juízos de valor e realizar interpretações, caracterizar a riqueza de um tema e explicar fenômenos de abrangência limitada.

Na Tabela 1, estão descritas as notações de referências adotadas, bem como a descrição sumarizada das características de localização, porte e modelos de gestão das cinco prestadoras de serviços de saneamento analisadas no presente estudo.

A coleta de informações e a análise do conteúdo foram realizadas no período de 02 de novembro a 14 de dezembro de 2011. Para tal, foram utilizados os seguintes instrumentos:

a) Agrupamento (categorias de conteúdo) e

Categorias de conteúdos	Descrição
Política Institucional	Relacionada ao planejamento estratégico e com a posição assumida e defendida pela empresa. Destacam-se a Visão e a Missão Institucional (DIAS, 2009).
Gestão da Qualidade do Produto e Serviço	Estratégias de administração orientadas a criar consciência da qualidade em todos os processos organizacionais, tanto na prestação do serviço, quanto do produto (FERRARI, 2008).
Gestão Ambiental e Responsabilidade Social	Também denominada gestão socioambiental, possui o intuito de sensibilizar os empreendedores para que possam atuar segundo o seguinte pressuposto: "a empresa deve ser socialmente justa e ambientalmente responsável" (SEIFFERT, 2008).
Informações aos Usuários, Fornecedores e Investidores	Constituem ferramentas fundamentais para a melhoria da interface e comunicação entre a empresa e usuários/ fornecedores/ investidores.
Identidade Visual	Conjunto de elementos gráficos que representam visualmente e de forma sistematizada, um nome, ideia, produto, empresa, instituição ou serviço (FERRARI, 2008).

Tabela 2 - Descrição dos critérios para a análise de conteúdo temático-categorial dos links do menu principal e ícones internos da página inicial dos sítios eletrônicos de estudo

Critérios Avaliativos					
Usabilidade	Capacita o usuário a realizar facilmente tarefas associadas ao uso do sítio. Entre os critérios de avaliação, destacam-se: planejamento visual/gráfico; interface com o usuário; facilidade de navegação; habilidade de executar tarefas com um menor número de cliques e integração e execução de tarefas de forma facilitada (OHIRA et al., 2003; VILELLA, 2003)				
Navegabilidade (Cyberworthiness)	Propriedade ou capacidade de navegação que possui a interface de um portal na internet, ou o próprio software navegador, de facilitar ao usuário chegar ao seu destino da maneira mais segura e eficiente possível. Os elementos de navegação oferecem a visão panorâmica de todo o conteúdo, destacando-se as tabelas de conteúdo, os índices e, sobretudo, os mapas de site (FERRARI, 2008).				

Tabela 3 - Critérios avaliativos de usabilidade e navegabilidade

Critérios de Ponderação						
Critérios	Conceitos	Peso				
Bom (B)	Apresenta todos os requisitos necessários e esperados para os parâmetros analisados.	3				
Satisfatório (S)	Proporciona uma abordagem regular e aceitável dos parâmetros analisados.	2				
Parcial (P)	Atende de forma parcial, mas deixa a desejar na plenitude dos requisitos estudados.	1				
Insuficiente (I)	Aborda os critérios estudados de forma escassa, incompleta e deficiente.	0				

Fonte: critérios estabelecidos pelos autores do estudo.

Tabela 4 – Conceitos e pesos utilizados no ranking para classificação dos sítios eletrônicos em termos de usabilidade e navegabilidade.

exploração do material: visando à descrição da abordagem de conteúdo dos *links* e ícones nas páginas principais e de segundo nível predominante dos sítios, buscando responder quais são os focos de abordagem das informações (Tabela 2). Ao final, os *links* dos menus principais e ícones internos foram agrupados, a fim de contabilizar a frequência de ocorrência (F) e percentual (P) de cada uma das cinco categorias definidas e analisadas.

b) Inferência e avaliação geral: construção analítica baseada no levantamento da qualidade geral (aspectos positivos e negativos) do sítio eletrônico, baseados exclusivamente na usabilidade e navegabilidade (Tabela 3). A análise final dos dados foi efetuada por meio de ponderações qualitativas e a posterior dotação de pesos para o estabelecimento de *ranking* comparativo dos sítios analisados em função dos critérios referentes à análise de conteúdo, usabilidade e navegabilidade.

Na Tabela 4, encontram-se os atributos e pesos relativos à análise final. Ressalta-se que esta avaliação limita-se exclusivamente à percepção de uso e navegação nos sítios eletrônicos correspondentes ao período da análise.

# Resultados e discussão

Os resultados referentes à análise de conteúdo temático-categorial das páginas iniciais dos sítios eletrônicos deste estudo estão resumidos na Tabela 5. No que respeita a identidade visual, a principal intenção é que sejam reforçados os conceitos de organização, solidez, coerência e afirmação da personalidade da marca. Também é percebido que, na conformação do simbolismo, todas as prestadoras utilizaram as cores azul, branca e verde, em alusão ao elemento água, com a pretensão de passar a impressão de prestadora "limpa" e dinâmica, que visa à proteção dos recursos naturais renováveis.

Quanto ao *slogan* das prestadoras dos serviços de saneamento, as autarquias municipais focalizaram o produto (SAAE/01: "Qualidade em cada gota" e SAAE/02: "Cuidando da água que alimenta a vida"), enquanto a empresa pública de capital misto focalizou a gestão e promoção institucional (EPCM: "Inovação; Agilidade e Transparência"). No entanto, com base nas considerações de Shimp (2009), foi constatado que as frases dos *slogans* das autarquias municipais são genéricas e buscam promover diretamente os atributos ou benefícios do serviço ou do produto sem declaração de superioridade. Porém, vale destacar que.

		Prestadoras de Serviço de Saneamento						
Categorias	Subcatego-	Autarquias		Companhia	Empresa/Companhia Pública (aberta mista)			
temáticas	rias	SAAE/01	SAAE/02	Estadual CESB	EPCM	CPCA		
Identidade	Slogan	Qualidade em cada gota	Cuidando da água que ali- menta a vida	ND	Inovação; Agilidade e Transparência	ND		
Visual	Cor do sítio	Azul claro	Branco e azul celeste	Branco e azul	Branco e verde	Branco		
Promoção	Menu principal	Responsabilidade e Qualidade F = 1; P = 9,1%	ND	A Empresa; Administração; Missão e Visão; Organograma F = 4; P = 25 %	Companhia; Galeria EPCM F = 2; P = 11,1%	A Empresa; Logo- marca F = 2; P = 18,2%		
e Polítíca Institucio- nal	Links e ícones internos	ND	ND	ND	Campanha de Va- lorização da EPCM; Prêmio EPCM de Ecologia e Prêmio EPCM de Jornalismo F = 3; P = 42,8 %	ND		
Gestão Ambiental e Respon- sabilidade Social	Menu principal	Legislação; Edu- cação Socioam- biental F = 2; P = 18,2%	Educação Ambiental; SAAE Orienta; Sistema de Água; Sistema de Esgoto; "Projeto" - Água e Vida F = 5; P = 45,4%	Recursos Hídri e Meio Ambier Saúde; Qualid F = 2; P = 12,5% Água; Respons dade Social; F = 4; P = 22,2		Reduza sua Conta F = 1; P = 9,1%		
	Links e icones internos	Enquete F = 1; P = 12,5%	Novidade (Educação Ambiental) F = 1; P = 20%	Dicas F = 1; P = 33,3%	Relatório Anual F = 1; P =14,3 %	Despoluição; Lagoa Limpa F = 2; P = 18,2%		
Gestão da Qualidade do Produto	Menu principal	SAAE F = 1; P = 9,1%	SAAE; Contas Públicas F = 2; P = 18,2%	Ações F = 1; P = 6,3%	Serviços; Projetos e Obras; Ouvidoria Geral do Estado F = 3; P = 5,6%	Qualidade da Água; Balanços F = 2; P = 9,1%		
e Serviço	Links e icones internos	Ouvidoria F = 1; P = 12,5%	Qualidade F = 1; P = 20%	ND	Qualidade da Água F = 1; P = 14,3%	ND		
Informa- ções aos Úsuários;	Menu principal	Serviços; Entenda sua Conta; Licitações; Notícias; Dicas e Dúvidas; Central de Atendimento F = 7; P = 63,6%	"Município"; Licitações; Visi- tas; Perguntas Frequentes F = 4; P = 36,4%	Nosso Atendimento; Notícias; Estrutura Tarifária; Emissão de 2ª Via; Licitações; CRC; Transferência; Negociação de Débito; Conta de Água F = 9; P = 56,2%	Concurso Público; Loja Virtual; Regulamento de Serviços; Licitações; Orientações ao Cliente; Saiba Mais; Marcos Geodésicos; Investidores; Fale Conosco F = 9; P = 61,1%	Licitações; Relação com os Investidores; Aprenda Conosco; Resumo da Semana; Guia do Usuário; Informativo F = 6; P = 54,5%		
Fornecedo- res e Inves- tidores	Links e ícones internos	Newsletter; Dicas e Dúvidas; Ultimas Notícias; Fale com o Presidente; 2ª Via de conta F = 6; P = 75%	Newsletter do SAAE; Estágio; Gale- ria de Fotos F = 3; P = 60%	Fale Conosco; Sua Conta F = 2; P = 66,7%	Pagamento da Conta/Segunda Via; Loja Virtual F = 2; P = 28,6%	Pregão Eletrônico; Visitação Ambiental; Fale com a CPCA; Consulta ao Cadas- tro; Guia do Usuário; Agência de Atendi- mento; Nada Consta; Ultimas Contas; 2ªVia e contas vencidas F = 9; P = 81,8%		
Frequência	Menu principal	11	11	16	18	11		
(F) total de subcatego- rias	Links e ícones internos	8	5	3	7	11		
Inferências Específicas	Página como instrumen- to para cumprir o decreto 5440/05	Status do abas- tecimento de água em tempo real	NC	NC	Relatório anual de qualidade das águas, 2011, mas os dados são de 2010, muito técnico, sem análise, "carrega- do"	Relatórios mensal, trimestral, semes- tral e anual sobre a qualidade da água, também burocrático, técnico		
	Notícias/ projetos	Notícias gerais; dois projetos: Separaração e Fiscal da água	Informações gerais sobre a cidade; Educa- ção ambiental	Não consta; é uma página em construção, sim- ples, "enxuta"	Link específico sobre responsabili- dade social: Prosa- near, tarifa social, aprendiz etc.	Links interagindo com outras ações de go- verno: PAC, "Estado" contra a dengue		

Onde: ND = Não Disponível; P= Porcentagem (%); NC = Não Consta.

Tabela 5 – Quadro resumo da análise de conteúdo temático-categorial da página inicial dos sítios eletrônicos analisados.

24 | Revista DAE nº195 | maio-agosto 2014

	Inferência	Prestadoras de Serviço de Saneamento						
Categorias temáticas		Autarquias Mur	nicipais	Companhia Esta- dual	Empresa/Compa	Empresa/Companhia Pública (aberta ou mista)		
		SAAE/01	SAAE/02	CESB	EPCM	CPCA		
Missão	Unidade de Con- texto	Contribuir para melhoria de vida das pessoas, pres- tando serviços de saneamento com universalidade e qualidade no município	ND	Prestar adequada- mente os serviços de abastecimento de água e esgota- mento sanitário, com equilíbrio eco- nômico-financeiro, universalizando o atendimento, con- tribuindo para me- lhoria da qualidade de vida e da saúde da população	Fornecer água tratada. Coletar e tratar esgotos sanitários, pro- movendo saúde, conforto, quali- dade de vida e desenvolvimen- to sustentável	Prestar serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário que contribuam para a melhoria da qualidade de vida da população e para o desenvolvimento socioeconômico, com rentabilidade, visando à satisfação da sociedade, dos clientes e acionistas		
	Localiza- ção no Site	"Responsabilidade e Qualidade" => Perfil	ND	"Missão e Visão"	"Companhia" => Missão	"Guia do Usuário"		
	Unidade de Regis- tro	Melhoria de vida; saneamento; universalidade; qualidade	ND	Abastecimento de água; esgotamento sanitário; equilí- brio econômico; universalizando; qualidade de vida; saúde	Água tratada; coletar e tratar esgotos; saúde; conforto; qua- lidade de vida; desenvolvimen- to sustentável	Serviços de abaste- cimento de água; esgotamento sanitário; qualidade de vida; desenvolvimento socio- econômico; rentabi- lidade; satisfação de clientes e acionistas		
Visão	Unidade de Con- texto	Ser referência estadual como au- tarquia municipal com excelência e equidade na pres- tação dos serviços de saneamento	ND	Ser modelo de gestão em saneamento, autossustentável, integrada e comprometida com a sociedade, meio ambiente, oferecendo um serviço diferenciado e reconhecido pelos clientes.	A EPCM será, nos próximos anos, uma instituição competitiva, empreendedora, inovadora, de referencia nacional no desenvolvimento de pesquisas e na aplicação de novas tecnologias	ND		
	Localiza- ção no Site	"Responsabilidade e Qualidade" => ND Perfil		"Missão e Visão"	"Companhia" => Visão de Futuro	ND		
	Unidade de Regis- tro	Referência esta- dual; excelência; equidade	ND	Modelo de gestão; autossustentável; integrada	Competitiva; empreendedo- ra; inovadora; referência nacional; pes- quisas e novas tecnologias	ND		

Onde: ND = Não Disponível

Tabela 6 - Quadro síntese da análise de conteúdo temático-categorial, relativo à Missão e Visão das Prestadoras de Serviços de Saneamento.

para a EPCM, o objetivo é fazer da marca um sinônimo de categoria de produto, com aumento de participação de mercado ou de domínio de ação.

Com base na análise de frequência e na proporção de ocorrência das categorias analisadas (Tabela 5), constata-se que as autarquias municipais

e a companhia estadual de saneamento (SAAE/01, SAAE/02 e CESB) focaram sua abordagem de informações nos usuários e na gestão ambiental e responsabilidade social. Por outro lado, as companhias com a participação de capital privado (EPCM e CPCA) focaram o conteúdo no desempenho institucional, em questões tais como: informações para

os investidores, promoção institucional e gestão da qualidade dos serviços e produtos.

A análise de cumprimento do Decreto nº5440/2005 (relativo à obrigatoriedade de divulgação de informações sobre a qualidade da água) mostrou, de maneira geral, que a abordagem e o acesso à informação não são adequados e acessíveis aos usuários. Ao contrário, as informações são repassadas de forma burocrática sem tratamento e elucidação, com pouca clareza na linguagem para alcançar o cidadão "comum".

Além disso, nem todas as prestadoras utilizam a home page na divulgação das informações e relatórios sobre a qualidade da água aos consumidores.

A análise da Missão e Visão Institucional (Tabela 6) leva à inferência acerca da percepção das prestadoras quanto ao conceito legal de saneamento. De acordo com Magalhães (2009), com o advento da Lei 11.445/07, foi estabelecida a conceituação atualizada de saneamento básico. sem ficar restrita ao abastecimento de água e esgotamento sanitário, mas incorporando os serviços de manejo de resíduos sólidos, e manejo das águas pluviais. A partir deste entendimento, os quatro componentes passaram a ser gerenciados de forma integrada. Com este novo conceito, é possível inferir que o SAAE/01 apresenta uma concepção limitada e desatualizada ao se autointitular ofertante de saneamento, quando, na verdade, este modelo de gestão atua apenas na prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Nesta mesma linha, a EPCM fundamenta sua ação no fornecimento de água, o que, de certa forma, não condiz com o amplo conceito preconizado na lei. Embora, em um primeiro momento, esta análise possa parecer superficial, cabe ressaltar que Missão e Visão Institucional fazem parte da Gestão Estratégica da Instituição, e refletem o seu entendimento e comprometimento em relação ao seu ramo de atuação e de seus colaboradores, fornecedores, investidores e usuários (SEIFFERT, 2008; DIAS, 2009).

Vale destacar, em consonância com a Lei 11.445/07, que os serviços de saneamento são públicos e, portanto, possibilitam que diferentes agentes sejam responsáveis por etapas distintas da prestação, ressalvada a exigência de contrato de programa ou concessão pública entre os agentes, no caso de etapas interdependentes dos servicos.

Quando analisadas as principais palavras-chave da Missão e Visão Institucional, todas as prestadoras de servico abordam o saneamento como promoção da saúde e da qualidade de vida. Nas demais palavras-chave (Tabela 6), claramente existem duas distinções de abordagem: viés entre as empresas públicas e as de participação de capital privado.

São nítidas as intencionalidades da atuação do agente público na provisão do saneamento como direito essencial da população, conforme observado na autarquia municipal (SAAE/01) – "universalidade"; "excelência" e "equidade" - e na companhia estadual (CESB) - "universalização"; "autossustentável"; "integrada à sociedade"; "equilíbrio econômico". Por outro lado, as companhias estaduais de capital misto, mesmo quando têm o Estado como seu acionista majoritário, possuem comportamento similar ao de empresas privadas, que tratam os usuários dos serviços como "clientes", conforme verificado em EPCM - "competitiva": "desenvolvimento de pesquisas" e "novas tecnologias" - e em CPCA - "rentabilidade"; "satisfação de clientes" e "acionistas".

Seguindo os preceitos da Lei 11.445/2007 (BRASIL; 2007), a prestação dos serviços públicos de saneamento básico deve estar assentada em princípios fundamentais, como a universalização do acesso; integralidade; equidade; de forma adequada à promoção da saúde pública e proteção do meio ambiente; adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais; articulação com as políticas de relevante interesse social; eficiência e sustentabilidade econômica; utilização de tecnologias apropriadas; transparência das ações; controle social; segurança, qualidade e regularidade; e integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

Assim, a participação do poder público no fornecimento, financiamento e intervenções nas ações de saneamento, revela a questão de soberania e interesse institucional, pelo fato de abordar os serviços essenciais para a população e por constituírem monopólios naturais.

A participação de investimento privado é questionada por Hall e Lobina (2009), que a consideram pouco relevante no caso de países em desenvolvimento, pelo fato de não haver contribuição significativa no aumento da cobertura, no investimento em infraestrutura e nem melhoria na qualidade do servico prestado pelo agente

			Prestador	as de Serviço de Sar	neamento	
Critérios A	valiativos	Autarqui	as Municipais	Companhia Estadual		mpanhia Pública a ou mista)
		SAAE/01	SAAE/02 CESB		EPCM	CPCA
Aspectos	Positivos	i) informa o status do abastecimento; ii) apresenta re- latórios de qua- lidade da água; iii) central de atendimento com a possibi- lidade de envio de mensagens e telefone 0800	i) apresenta dicas para economizar água e promover a proteção ambiental ii) possui central de atendimento 24h	i) disponibiliza contatos de toda a administração da companhia; ii) sitio simples, com informações diretas; iii) Fale conosco atua como canal direto com a Assessoria de Comunicação e Marketing	i) divulga informações de programas ambientais; ii) apresenta bom esquema de comunicação social; iii) link Fale Conosco disponibiliza ao usuário protoco- lo de acompa- nhamento da reivindicação; iv) informa a es- trutura tarifária	i) apresenta links que interagem e divulgam outras ações do governo; ii) no menu divulga informações im- portantes: Reduza sua conta; Aprenda Conosco; Resumo da Semana; Quali- dade da água; Guia do Usuário
	Negati- vos	i) alguns links não abrem (Educação Sócio Ambiental); ii) informações superficiais (Di- cas e Dúvidas)	i) o link Perguntas Frequentes não possui informações; ii) conteúdos desne- cessários	i) links importan- tes (Organograma e Conta de Água) não funcionam ou estão em desen- volvimento	i) informações e notícias mais relacionadas com a promoção institucional; ii) apresenta informações periféricas para os investidores	i) o link Informa- ções ao cliente é o último da lateral direita do site o que dificulta o acesso; ii) informa- ções relacionadas à promoção e ao desempenho da companhia
Usabili- dade	Comen- tários	Bom planeja- mento gráfico e visual, mas com pouca interati- vidade	Visual e elementos gráficos apropria- dos. Possui interati- vidade ( <i>twitter</i> )	Página simples e com baixa intera- tividade	Página bem elaborada e com convergência de mídias (vídeos; fotos; folhetos; jornais)	Sítio harmônico e que apresenta uma aparente facilidade de navegabilidade
	Conceito	S	S	I	В	S
Navega- bilidade	Comen- tários	Apresenta o mapa do site, mas alguns links não funcionam	Página muito pesada e informações são apresentadas por meio de longos textos	Não apresenta o mapa do site, além de links im- portantes que não funcionam	Apresenta gran- de quantidade de informações interessantes. No entanto, não traz o mapa do site, o que dificulta o aces- so direto aos conteúdos	Links repetidos no menu secundário. Apresenta buscador de acesso rápido e o mapa do site
	Conceito	S	l	Р	S	Р
Pontuação	total	4 pontos	2 pontos	1 ponto	5 pontos	3 pontos
Ranking		2°	4°	5°	1°	3°

Tabela 7 – Critérios avaliativos e ranking dos sítios eletrônicos analisados

privado. Ademais, a ausência de marco regulatório pode reforçar ainda mais as distorções na desigual provisão desses serviços entre regiões e entre extratos sociais (SAMPAIO e SAMPAIO; 2007).

Na Tabela 7, são apresentados os resultados referentes aos critérios avaliativos e *ranking* dos sítios

eletrônicos analisados. Em relação aos principais aspectos positivos para os usuários, vale destacar que no caso das autarquias municipais, o SAAE/01 informa o *status* do abastecimento e possui um link direto e ativo com a Presidência da autarquia, enquanto o SAAE/02 possui uma central de atendimento 24h.

Por sua vez, a companhia estadual (CESB) disponibiliza contatos de toda a administração da companhia, portanto possui um canal de comunicação mais direto e pessoal com os usuários dos serviços. Na análise das companhias de sociedade de economia mista, a EPCM no link Fale Conosco disponibiliza, para o usuário, um protocolo de acompanhamento da reivindicação; a CPCA apresenta links que interagem e divulgam outras ações do governo estadual na área de proteção ambiental.

Nos sítios analisados observou-se que, nas autarquias municipais e na companhia estadual, alguns links importantes não funcionam (Educação Socioambiental; Dicas e Dúvidas; Perguntas Frequentes; Organograma e Conta de Água). Assim, fica constatada a existência de falhas na comunicação, interação e acesso às informações aos usuários. Nos sítios eletrônicos das companhias estaduais de economia mista, as implicações negativas dizem respeito às informações e notícias que estão voltadas à promoção institucional, com baixa comunicação com os usuários.

Quanto à navegabilidade e usabilidade dos sítios, as prestadoras de serviço apresentam planejamento gráfico e visual simples, mas efetivo. No entanto, quando analisada a interatividade, apenas a CESB possui canal de informação vinculado à rede social Twitter, apenas a EPCM apresenta a convergência de mídias, disponibilizando aos usuários: vídeos, fotos, folhetos e jornais.

Conforme Ferrari (2008), a usabilidade e a navegabilidade dos sítios eletrônicos fazem parte de um conjunto de características que definem seu grau de interação com o usuário, e revela mostras de evolução, que envolvem a qualidade de um sistema fácil e agradável de ser usado, pois tolera erros dos internautas, já que ninguém é obrigado a saber de antemão o caminho para chegar à determinada informação. Ferramentas que facilitam a navegabilidade oferecem a visão panorâmica de todo o conteúdo - tabelas de conteúdo; índices e mapas de site - têm fundamental importância. Assim, se o sítio for bem construído, os usuários precisarão clicar menos para encontrar o que procuram.

A avaliação da navegabilidade dos sítios mostrou que nenhuma das prestadoras cumpriu, satisfatoriamente, este requisito, seja pela falta do mapa do site, links importantes inativos, duplicidade de conteúdo, ou falta de informações.

No período analisado, o sítio eletrônico do SAAE/02 apresentou esporádicos problemas de conectividade ("fora do ar e de carregamento pesado"). Em algumas de suas páginas, constatou-se, ainda, excesso de rolagem (muitas informações em uma única tela) na página inicial e páginas internas.

Ferrari (2008) destacou que, na determinação de boas práticas da usabilidade e navegabilidade devem ser observados três princípios básicos: i) a arquitetura da informação ideal passa pelo desenho de um sistema de navegação mínimo, com poucos "cliques' no mouse, para mover o visitante de forma útil; ii) o conteúdo deve ser escrito de acordo com as necessidades específicas do público on-line (muito curto e explorando bastante o uso de itens e palavras-chave em destaque) e iii) deve-se ter em mente, ao escrever, que os internautas não se atêm detalhadamente a todos os pontos do conteúdo da home page ("eles passam uma visita de olhos por tudo").

A categorização segundo critérios avaliativos de usabilidade e navegabilidade (Tabela 7) facilitou a classificação dos sítios na seguinte ordem decrescente: EPCM; SAAE/01; CPCA; SAAE/02 e CESB. Vale lembrar, no entanto, que esta classificação remete exclusivamente à percepção dos autores durante o acesso aos sítios no período analisado. Entende-se que, com o estímulo ao importante debate sobre a adequabilidade e o acesso às informações pelos usuários dos serviços de saneamento, o dever de informar e a transparência sejam adotadas de forma a garantir a abrangência da comunicação institucional com os usuários. Como ressalta Lauretti (2003), a transparência faz parte dos quatro pilares de sustentação das melhores práticas de governança; os outros são: equidade, a prestação de contas e a sustentabilidade.

# Conclusões e considerações finais

Foram verificadas as limitações ao acesso e à divulgação das informações prestadas voluntariamente pelos operadores dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Além disso, os sítios analisados possuem baixa usabilidade e navegabilidade, o que dificulta ainda mais sua apropriação pelos usuários.

Constatou-se que as companhias e a empresa (CESB, CPCA e EPCM) priorizam o conteúdo de informações de interesse de investidores, a promoção institucional e da gestão de qualidade dos serviços e produtos. Além disso, estas possuem um comportamento mais próximo de empresas privadas, tratando os usuários dos serviços como clientes.

Já as autarquias municipais (SAAE/1 e SAAE/2), por sua vez, abordam prioritariamente informações do interesse dos usuários e voltadas para a gestão ambiental e a responsabilidade social, o que pode representar uma maior assimilação por parte do agente público de que o saneamento é um direito essencial da população e um dever do Estado.

Quando analisado o cumprimento do Decreto 5440/2005, relativo à obrigatoriedade de divulgação de informações sobre a qualidade da água, verificou-se que, de uma maneira geral, a abordagem e o acesso à informação não aparecem de forma adequada e inteligível aos usuários, faltando clareza na linguagem. Evidenciam-se as apresentações burocráticas, para fins de cumprimento da legislação, mas não há realce às não conformidades e nenhuma indicação de ações que minimizem ou evitem danos à saúde e ao meio ambiente, como preconiza o documento legal. Esta é uma constatação preocupante, porque, tradicionalmente, pesquisas realizadas para fins de caracterização de cobertura dos serviços de saneamento ainda não traduzem, por meio de indicadores, a qualidade dos servicos prestados, dificultando o alcance efetivo da confiança dos usuários nos serviços.

Desta forma, levando-se em consideração a legislação nacional vigente, é possível inferir que, além da divulgação de informações sobre a qualidade da água por meio de correspondência individual ou da própria conta de água, é necessário haver a combinação de diversos veículos de informação para que, de fato, as informações sejam assimiladas pelos consumidores.

# Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão do auxílio – bolsa de estudo de doutorado: GD –, concedida ao primeiro autor; e ao Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, por ter disponibilizado recursos para a tradução do texto.

# Referências

BARDIN L. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70, 279p, 2011

BRASIL. Decreto Presidencial nº 5.440/2005. Brasília: Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, Seção 1. p. 3. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5440. htm. Acesso em: 01 fev. 2012.

BRASIL. Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília: Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 jan. de 2007. Seção 1. p. 3. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm. Acesso em: 01 jun. 2011.

BRASIL. Comentários sobre o decreto presidencial nº 5.440/2005: subsídios para implementação. Ministérios da Saúde, Justiça, Cidades e Meio Ambiente. Versão Eletrônica. Disponível em: http://www.cvs.saude.sp.gov.br/05dec5440\_com.pdf. Acesso em: 08 mai. 2012.

CENTRO DE ESTUDOS SOBRE AS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E DA COMUNICAÇÃO (CETIC). Proporção de indivíduos que usam a internet para busca de informações e serviços online. Disponível em: http://cetic.br/usuarios/tic/2007/rel-int-09. htm. Acesso em: 08 mai. 2012.

CHO, C.H.; KHANG, H.K. The state of internet-related research in communications, marketing, and advertising: 1994-2003. Journal of Advertising, v.35, n.3, p. 143-163, 2006.

DIAS, R. Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade. Editora Atlas: São Paulo. 1ed: 4ª reimpressão. 2009. 196p.

FERRARI, P. Jornalismo Digital. São Paulo: Contexto. 3ed. 1ª reimpressão, 2008, 120p.

FLICK, U. Uma introdução à pesquisa qualitativa. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009, 408p.

HALL, D.; LOBINA, E. 2009. Public policy options for financing sewerage systems. In: CASTRO, J. E. & HELLER, L. (Edit). Water and Sanitation Service. Public policy and management. United Kingdom: Earthscan, pp. 104 – 121, 2009

HELLER, L.; CASTRO, J. E. Política pública de saneamento: apontamentos teórico-conceituais. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 13, n.3, p. 284-295, 2007.

HELLER, P. G. B. Modelos de prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário: uma avaliação comparativa do desempenho no conjunto dos municípios brasileiros. 125f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE OPINIÃO E ESTATÍS-

TICA (Ibope /NetRatings). Número de brasileiros com acesso a internet chega a 79,9 milhões. Disponível em: http://www.ibope.com.br/calandraWeb/servlet/CalandraRedirect?temp=6&proj=PortalIBO PE&pub=T&db=caldb&comp=pesquisa\_leitura&ni vel=null&docid=9725B59E0CD6FC43832579DC 005A03D9. Acesso em: 08 mai. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTA-TÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2008. IBGE, Rio de Janeiro, RJ, 2000, 219p.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Objetivos de desenvolvimento do milênio: relatório nacional de acompanhamento. Brasília: IPEA, 2004, 96 p.

LUK, S.T.K.; CHAN, W.P.S.; LI, E.L.Y. The content of internet advertisements and its impact on awareness and selling performance. Journal of Marketing Management, v.18, p. 693-719, 2002.

MAGALHÃES, T. 2009. Manejo de resíduos sólidos: sustentabilidade e verdade orçamentária com participação popular. In: Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. CORDEIRO, B. S. (Coord.). Prestação dos serviços públicos de saneamento básico. Brasília, pp. 520 – 530, 2009.

OLIVEIRA, D. C.. Análise de conteúdo temático-categorial: uma proposta de sistematização. Revista de Enfermagem. Universidade Estadual do Rio de Janeiro, out/dez: 16(4): 569 – 576, 2008.

OHIRA, M. L. B.; SCHENKEL; M. B. C.; SILVEIRA, C. Critérios para avaliação de conteúdo dos sites dos arquivos públicos estaduais do Brasil. In: II Simpósio Internacional Propriedade Intelectual, Informação e Ética. Anais Eletrônicos ... Florianópolis, 12 a 14 de novembro de 2003. 20p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). 2012. O Direito Humano à Água e ao Saneamento: marcos. Programa da Década da Água da ONU: Água sobre Advocacia e Comunicação (UNW-DPAC). 4p.

PEIXOTO, J. B. Aspectos Econômicos dos Serviços Públicos de Saneamento Básico. Cadernos Temáticos: Panorama Nacional de Saneamento Básico. 2010. 56p.

REZENDE, S. C. HELLER, L. O saneamento no Brasil (políticas e interfaces). Belo Horizonte, Editora UFMG, 2<sup>a</sup> ed., 2008, 387p.

RUBINGER, S. D. Desvendando o conceito de saneamento no Brasil: uma análise da percepção da população e do discurso técnico contemporâneo. 197 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SAMPAIO, B.; SAMPAIO, Y. Influências políticas na eficiência de empresas de saneamento brasileiras. Econ. Apl. [online]. vol.11, n.3, pp. 369-386. 2007

SEIFFERT. M, E, B. Sistemas de gestão integrada: qualidade, meio ambiente e saúde e segurança ocupacional. Editora Atlas: São Paulo. 1ed: 4ª reimpressão. 2009. 187p.

SHIMP, T. A. Propaganda e Promoção: Aspectos complementares da comunicação integrada de marketing. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 648p.

VILELLA; R. M. Conteúdo, Usabilidade e Funcionalidade: três dimensões para a avaliação de portais estaduais de Governo Eletrônico na Web. 2003. 263f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação). – Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

# SOBRE OS AUTORES

#### Hygor Aristides Victor Rossoni\*

Engenheiro Ambiental e Mestre em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), doutorando do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (PPGSMARH) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professor do Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas do Campus Florestal da UFV.

# Izabel Cristina Chiodi de Freitas

Engenheira Civil, Especialista em Saúde Pública pela FIO-CRUZ, assessora projeto UFMG/ Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) – Fundação Estatual de Meio Ambiente (FEAM).

# Sonaly Cristina Rezende Borges de Lima

Engenheira Civil e Mestre em PPGSMARH pela UFMG.

Doutora em Demografia pelo Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da UFMG (CEDEPLAR/UFMG). Professora Adjunta da Escola de Engenharia da UFMG.

# Fernanda Fonseca Pessoa Rossoni

Jornalista e Mestre em Ciência Florestal pela UFV. Doutoranda do PPGSMARH da UFMG. Assessora de Comunicação do Campus Florestal da UFV.

\*Endereço: PPGSMARH da UFMG: Salas 4618 e 4619, 4º andar do Bloco 1. Escola de Engenharia, Campus Pampulha – Avenida Antonio Carlos 6627, CEP 31270-901 - Belo Horizonte - MG - Brasil – Tel/Fax: +55 (31) 3409-1882. E-mail: rossoni@ufmg.br ou rossoni@ufv.br



# Previsão de consumo de água via modelagem matemática de sistema de abastecimento de água

# Mathematical model for estimating water consumption

Alexandre André Feil | Claus Haetinger

Data de entrada: 18/01/2013 | Data de aprovação: 10/10/2013

DOI: http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.119

# Resumo

Este estudo objetiva caracterizar o Sistema de Abastecimento de Água da CORSAN de Lajeado/RS no período de 2000 a 2007. O trabalho pretende prever o consumo de água pela população de Lajeado, entre 2008 e 2032, por meio de um modelo matemático aplicado ao SAA da CORSAN a fim de verificar a probabilidade de um colapso por escassez de água. A metodologia utilizada foi a qualitativa para caracterização, tabulação e pareamento dos dados, e a quantitativa na previsão futura através do software LAB Fit Ajuste de Curvas. Concluiu-se que o consumo per capita médio de 2000 a 2007 foi de 143,25 L/hab.dia, e que em 2007 o setor residencial representava 84% do consumo total. As variáveis intervenientes no consumo per capita correspondem à umidade relativa do ar, taxa média, e população total. A previsão futura detectou uma extrapolação da vazão máxima da água tratada produzida a partir de 2026.

Palavras-chave: Consumo per capita de água. Variáveis intervenientes. Gestão de companhia de água.

# **Abstract**

The aim of this research is to characterise CORSAN Water Supply System, in Lajeado/RS from 2000 to 2007. This study aims to estimate the total amount of water consumed by the population of Lajeado between 2008 and 2032 by applying a mathematical model to CORSAN Water Supply System so as to determine whether a collapse by water shortage is likely to happen. For characterisation, charting and combination of information, the qualitative methodology was used. The quantitative methodology was used to predict future information through software LAB Fit Curve Fitting. The results show an estimate daily per capita water consumption of 143.25 litres between 2000 and 2007. In addition, they show that home consumption accounted for 84% of the total consumption in 2007. Intervening variables in per capita consumption correspond to relative humidity, average rate, and the total population. The resulting estimation predictions ascertain an extrapolation in the maximum water supply in 2026.

Key-words: Per capita water consumption. Intervening variables. Management of Water Companies.

# Alexandre André Feil\*

Doutorando em Qualidade Ambiental pela Universidade Feevale. Mestre em Ambiente e Desenvolvimento e Graduado em Ciências Contábeis pelo Centro Universitário Ûnivates. Professor no Centro Universitário Univates.

Doutor, mestre e Graduado em Matemática pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – URGS, e Professor do Programa de Mestrado e Doutorado em Ambiente e Desenvolvimento no Centro Universitário Univates.

\*Endereço para correspondência: Rua Avelino Tallini, 171 Bairro Universitário, Lajeado - RS, 95900-000, Brasil. Departamento de Gestão Organizacional – CGO.

Telefone: +55 51 3714-7000. E-mail: alexandre.feil1@gmail.com

# Introdução

É senso comum a ideia de que a água tem extrema importância para a sobrevivência da sociedade. Por este fato, sempre existiu, desde a antiguidade, uma proximidade da localização das civilizações humanas com as margens de rios, lagos e fontes rasas de água, motivada pela procura de fontes de água cada vez mais limpas e inesgotáveis, mesmo havendo grande quantidade disponível por habitante (WOLMAN, 1959).

Atualmente, o planeta dispõe de aproxima-damente 1,386 bilhões de km³ de água; destes, 97,5% representam a água salgada, e 2,5%, a água doce. Dos 2,5% de água doce, 99,6% estão indisponíveis para o consumo humano. A água doce disponível na superfície da Terra para o consumo representa, portanto, apenas 0,4%, encontrada em lagos, zonas úmidas e rios (CLARKE e KING, 2005). Os mesmos autores ainda destacam que essa pequena parcela de água doce disponível, além de mal distribuída, gera diversas crises e guerras.

A escassez de água não é problema somente em países pobres; países mais ricos como Austrália, Espanha, Estados Unidos, Japão e partes do Reino Unido também estão enfrentando problemas de abastecimento de água, provocados pela combinação de mudanças climáticas, com infraestrutura inadequada e má gestão dos recursos hídricos (PITTOCK, 2006). O referido autor ainda destaca que encontrar uma solução para a crise dos recursos hídricos cabe tanto aos países ricos como aos pobres, uma vez que a água necessita ser utilizada com mais eficiência no planeta.

O Brasil, apesar de concentrar 14% de toda a água potável do mundo, apresenta má distribuição e falta de água devido aos usos múltiplos (navegação, irrigação, abastecimento humano, recreação e turismo, abastecimento industrial, pesca e aquicultura, hidroeletricidade, entre outros) e à densidade demográfica (TUNDISI, 2008).

A densidade demográfica brasileira, em 2007, foi de 22,3 hab/km²; a do estado do Rio Grande do Sul foi de 37,56 hab/km²; e da cidade de Lajeado/RS atingiu 746,39 hab/km², o que corresponde a uma média 19,89 vezes maior em relação ao próprio estado (IBGE, 2008). Destaca-se que Lajeado é uma das cidades mais densamente povoadas do estado do Rio Grande do Sul, pois é essencialmente urbana, com um percentual de 97%, especialmente a partir das emancipações

dos últimos distritos, no ano 2000 (PML, 2009). Desta forma, Lajeado exige maior demanda urbana de água por hab/km².

Nesta lógica, o tema deste estudo é a previsão do consumo de água, tendo como objetivo geral caracterizar o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) e realizar, via modelagem matemática, uma previsão de consumo de água em função de variáveis, do município de Lajeado/ RS. Os objetivos específicos são: a) caracterizar o volume de água bruta captada, a água tratada produzida, a água consumida, a perda de água, a população total, a população abastecida e não abastecida, a extensão da rede de distribuição e a quantidade de ligações totais; b) identificar o consumo per capita médio de água (L/hab.dia) e os percentuais de consumo per capita em cada um dos setores (residencial, comercial, público e industrial) no ano de 2007; c) identificar as variáveis intervenientes que influenciam no consumo per capita de água; d) obter uma previsão do crescimento da captação, tratamento e do consumo de água, através da modelagem matemática de 2008 a 2032.

A importância deste estudo para a CORSAN de Lajeado consiste no auxílio ao sistema de abastecimento de água, em gerir a demanda de água e estipular uma linha de tendência que determine a possibilidade de ocorrência de falta de água em consequência do crescimento populacional.

A problemática deste estudo surgiu pela falta de projetos e pesquisas nesta linha de informação no Vale do Taquari (onde fica localizada a CORSAN), região fortemente dependente do rio Taquari para abastecimento do consumo de água do município de Lajeado. Considerando-se o crescimento populacional, a limitação da oferta de água e o aumento da demanda de água por habitante no município, especialmente a partir das emancipações dos seus últimos distritos, levantou-se o questionamento acerca da possibilidade, ou não, de um colapso por falta de água, caso sejam mantidas a mesma vazão e infraestrutura do ano de 2007.

# Referencial teórico

Segundo Nucci (1983) e Narchi (1989), a demanda urbana de água corresponde à quantidade total de água necessária para as diversas intenções de utilização em uma área demarcada, sendo um fator importante para o planejamento e gestão de SAA, mas, para isso, deve haver um histórico de registro de dados a serem pareados em forma de série temporal para serem analisados posteriormente (NARCHI, 1989).

Essas séries temporais, segundo Trautwein (2004), consistem em um conjunto de observações de variáveis feitas de forma sequencial ao longo de um tempo, sendo os dados coletados dependentes entre si. O autor complementa ainda que o método de previsão é um processo através do qual as séries temporais são combinadas estatisticamente para determinar estimativas sobre o futuro.

No Brasil, o método de previsão não está sendo usado em larga escala. Geralmente, o SAA é planejado a partir da previsão e projeção do consumo per capita de água. Embora seja um dos principais fatores de projeção, não pode ser o único, uma vez que há variações de fatores externos (ROCHA e SILVA, 1999).

Von Sperling (1996) denomina de consumo per capita o consumo médio de água por dia de um indivíduo, e essa água demandada pelos indivíduos se expressa em litros por habitante por dia (L/hab.dia). Em revisões bibliográficas, o mesmo autor determinou valores típicos de consumo per capita de água (Tabela 1), que são utilizados como parâmetros para avaliação de SAA.

Porte	Habitantes por Faixa	Consumo <i>per capita</i> (L/hab.dia)
Povoado Rural	< 5.000	90 - 140
Vila	5.000-10.000	100 - 160
Pequena Localidade	10.000-50.000	110 - 180
Cidade Média	50.000-250.000	120 - 220
Cidade Grande	> 250.000	150 - 300

Fonte: Von Sperling (1996, p. 52).

Tabela 1 - Valores típicos de consumo per capita de água.

Silva et al. (2008), em estudo realizado na cidade de Cuiabá com dados históricos de 2000 a 2006, identificaram que o consumo médio per capita de água nessa cidade representava 175 L/ hab.dia, e destacaram que este consumo per capita corrobora com os valores típicos da Tabela 1. Eles ainda descrevem que não encontraram interferências climáticas na determinação do consumo per capita de água, divergindo, neste aspecto, da literatura clássica que relata a existência dessa influência.

Magalhães et al. (2001), que estudaram 83 SAA rurais e urbanos em São Paulo, com população de até 113 mil habitantes, concluíram que há fraca influência da relação entre o porte da cidade e o consumo per capita de água. Neste sentido, elaboraram a Tabela 2, que contém as faixas de população e seus respectivos consumos per capita, e perceberem que o valor do consumo per capita de água não variou de forma significativa, em relação ao aumento da faixa de população.

Faixa de população (habitantes)	Consumo per capita L/hab.dia)
< 2.000	130
2.000 - 10.000	125
10.000 - 50.000	133
50.000 - 120.000	128

Fonte: Magalhães et al. (2001, p. 3).

Tabela 2 - População versus consumo per capita.

Em estudo realizado no município de Botucatu/SP, no ano de 1995, com uma população de 102.395 habitantes, Herrera (1996) concluiu que o consumo per capita naquele ano foi de 164,87 L/hab.dia. Portanto, o valor per capita nesse estudo se enquadra nos valores típicos da Tabela 1, mas difere da Tabela 2. O estudo realizado por Ayres (2000), no município de Dourados/MS em 1999, com uma população de 164.716 habitantes, conclui que o consumo per capita nesse ano foi de 106 L/hab.dia. Neste caso, o consumo per capita não se enquadra nos valores típicos da Tabela 1 nem em relação à Tabela 2. Neste sentido, nem todos os consumos per capita se enquadram dentro do porte de valores da Tabela 1 ou da Tabela 2, ou seja, existem variáveis específicas em cada região que interferem no consumo per capita de água (MAGALHÃES et al., 2001).

As principais variáveis intervenientes no consumo residencial de água elencados pela literatura técnica de Foster et al. (1979 apud AMARAL e SHIROTA, 2000), Von Sperling et al. (2002), Trautwein (2004), Fernandes Neto (2003), Fernandes Neto et al. (2004), Falkenberg (2005), Silva (2008) e Dias et al. (2010) são as seguintes: o clima, o percentual de hidrometração, a qualidade da água, a pressão da rede de distribuição, o valor médio da tarifa de água, o nível socioeconômico, os erros de leitura dos hidrômetros.

a população, a extensão da rede de distribuição, entre outros.

# Distribuição do consumo por setores

Quanto à caracterização dos setores consumidores de água, na cidade de Botucatu/SP, entre 1990 e 1995, Herrera (1996) concluiu que 76% do consumo total de água correspondiam ao setor residencial; 11%, ao setor comercial; 10%, ao setor outros (público); 3%, ao setor industrial. Ayres (2000), com base na cidade de Dourados/MS, no período entre 1998 e 1999, concluiu que 90,96% do consumo total de água correspondiam ao setor residencial; 5,58%, ao setor comercial; 3,35%, ao setor público; 0,11%, ao setor industrial. Portanto, nota-se em relação a esses estudos que o maior consumo de água está relacionado ao setor residencial, e o menor, ao industrial.

O fato de esses estudos nas cidades de Botucatu/SP e Dourados/MS, assim como os rios Sorocaba e Médio Tietê/SP (que abrangem a cidade de Botucatu), a Bacia do Rio Tietê e o Estado de São Paulo (Tabela 3) apresentarem maior consumo de água no setor residencial (urbano) não pode ser instituído como regra, pois, analisando--se a Tabela 3, nota-se resultados diferentes quanto à maior demanda de água nos diversos setores. Na demanda hídrica da Bacia Hidrográfica Baixo Tiete/SP é o setor industrial quem lidera. em seguida vem o urbano e, logo após, irrigação. Na Bacia Hidrográfica do rio Tiete/Jacaré/SP a maior demanda de água é representada pela irrigação, e após seguem a industrial e a urbana (SÃO PAULO, 2007). Diante dessas informações, percebe-se que depende das características específicas de cada região na determinação de existir maior ou menor demanda de água para um ou outro setor de consumo.

É relevante destacar que a demanda do rio Ivinhema/MS (Tabela 4) que abrange a cidade de Dourados/MS, estudo de Ayres (2000), apresenta o consumo animal como líder e em seguida a irrigação, urbana e industrial. Desta forma, também não há evidências para determinar que o maior consumo seja o residencial. Fortalecendo esta lógica, pode-se analisar o rio Pardo/MS. que apresenta como maior consumo o urbano e em seguida o animal, industrial e a irrigação; e, quando analisadas as Bacias Hidrográficas totais do estado do MS nota-se que o consumo de água animal aparece em primeiro lugar e em seguida o urbano, irrigação e o industrial (PERH-MS, 2010).

Para Tundisi (2008), em função das altas demandas de produção de alimentos na maioria dos países ou regiões específicas, o consumo de água na agricultura (animal, irrigação, entre outros) representa 70% da disponibilidade total de água, e acrescenta que há uma excessiva utilização de águas subterrâneas para a irrigação. Queiroz e Oliveira (2013) também destacam que a agricultura é o maior demandante de água, e na sequência o abastecimento público e o abastecimento industrial.

# Modelagem Matemática

A utilização da modelagem matemática na gestão hídrica é uma ferramenta útil para auxiliar na expansão e na regulação do fornecimento de água, assumindo o contexto local como base para previsão e otimização na demanda de água (SILVA et al., 2008).

A previsão de valores em longo prazo é menos suscetível à variação do consumo, além disso, ao longo do tempo, pode ser ajustada, introduzindo--se os dados observados para adaptá-los aos projetados (ROCHA e SILVA, 1999).

	Demanda Hídrica (%)					
Rios e Bacias	Urbano	Industrial	Irrigação	Outros		
Rios Sorocaba e Médio Tietê	33,70	27,16	29,45	9,69		
Rio Baixo Tietê	24,83	48,71	19,40	7,07		
Rios Tiete/Jacaré	19,14	31,60	38,78	10,49		
Bacia Hidrográfica do Rio Tietê	41,53	32,81	16,35	9,69		
Estado de São Paulo	32,10	29,43	27,37	11,11		

Fonte: São Paulo (2007).

Tabela 3 – Demanda hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê/SP.

Rios	Urbano	Industrial	Irrigação	Animal	Outros
Ivinhema	22,41	6,90	24,14	43,10	3,45
Pardo	37,31	19,40	5,97	35,82	1,49
Total do MS	19,61	6,54	16,34	55,56	1,96

Fonte: PERH-MS (2010).

Tabela 4 – Demanda hídrica da região hidrográfica do Paraná/MS dos rios Ivinhema e Pardo.

A previsão é o método que parte de séries temporais, sendo os dados combinados estatisticamente para determinar uma estimativa futura (TRAUTWEIN, 2004). Complementando, Makridakis (1998 apud TRAUTWEIN, 2004), ao analisar a ciência da previsão, observa que a eficiência dela depende do número de períodos a serem cobertos no futuro pela mesma, pois, à medida que o horizonte da previsão aumenta, os resultados tornam-se mais vulneráveis a erros ou incertezas. Este método de previsão pode ser realizado via modelagem matemática que, segundo Bassanezi (2006), enquanto arte de transformar uma posição da realidade atual em problema matemático busca encontrar funções e soluções numa linguagem usual, com a utilização de softwares, pois as funções resultantes são complexas.

Atualmente há dezenas de *softwares* que lidam com modelagem matemática. Um dos que se destacam no Brasil é o *software* LAB Fit Ajuste de Curvas por seu amplo uso no ensino e nos laboratórios de pesquisa e por fornecer certificados de programas estatísticos do *Statistical Reference Datasets Project* (SRDP) do *National Institute of Standards and Technology* (NIST) (SILVA et al., 2004).

O *software* LAB Fit Ajuste de Curvas 7.2.31 (SILVA *et al.*, 2004) foi desenvolvido para analisar e trabalhar com dados em larga escala, uma vez que tem aspectos de ajuste de uma função com sua representação gráfica. Além disso, contém um *menu* com cálculos estatísticos básicos e outro com cálculos de programação de erros, além de uma biblioteca de mais de 200 funções com uma variável independente e 280 funções com duas variáveis independentes previamente definidas. Estes autores acrescentam que as funções são classificadas conforme valor mais baixo do qui-quadrado (x²), qui-quadrado reduzido (x² red.), o qual fornece o coeficiente de correlação (r), o coeficiente de determinação (r²) e os

graus de liberdade (gl).

O teste de x² e x² red. utilizados como parâmetros pelo *software* LAB Fit Ajuste de Curvas para classificar as funções corresponde a uma avaliação da discrepância entre as frequências dos dados observados e esperados (WITTE e WITTE, 2005). Segundo Levine *et al.* (2005), se, por um lado, as diferenças forem pequenas ou insignificantes, mas suficientes para serem consideradas comuns, a hipótese nula é considerada aceitável ou verdadeira. Se, por outro lado, as diferenças forem suficientemente grandes para serem consideradas como resultado raro, a hipótese nula não é considerada aceitável ou rejeitada.

O valor do nível de significância, resultante da discrepância entre as frequências observadas e esperadas, é o percentual de chances de uma série temporal se enquadrar numa região de não rejeição; ou seja, se o nível de significância for 0,05, as chances de uma série temporal se enquadrar na região de não rejeição ou aceitável é de 95% e as chances de se enquadrar numa região de rejeição ou inaceitável é de 5% (LEVINE et al., 2005).

A localização do valor de x² crítico está ligada ao conhecimento dos Graus de Liberdade (gl). Os gl de uma variável são sempre o número total de categorias (x, y) menos 1; e os gl de duas variáveis são o número de categorias menos o 1. Este resultado é multiplicado pelo valor resultante do número total de categorias (séries temporais) menos 1 (WITTE e WITTE, 2005).

Outro parâmetro estatístico fornecido pelo software LAB Fit Ajuste de Curvas é que o coeficiente de correlação (r) é aquele que mede o grau de dependência, isto é, descreve a relação linear entre pares de dados em séries temporais quantitativas (WITTE e WITTE, 2005). Webster (2006) acrescenta que é uma medida de precisão de ajuste, ou seja, uma medida de confiabilidade em que o modelo da reta se ajusta aos dados

coletados. O coeficiente de correlação pode assumir qualquer valor entre -1 e 1; quando o valor é r = 1, há correlação positiva perfeita. Caso contrário, o valor do coeficiente de correlação é r = -1, quando há correlação negativa perfeita (CALLEGARI-JAQUES, 2003).

Já o coeficiente de determinação de Pearson (r<sup>2</sup>), também fornecido pelo software LAB Fit Ajuste de Curvas, é definido como índice de variação em que uma variável é explicada em função da outra (WEBSTER, 2006). A variação do coeficiente de determinação vai de 0 a 1. Quanto maior o valor de r<sup>2</sup>, melhor a função combina com o gráfico de dispersão (MOTTA, 2006).

Após definir o conceito e a variação do coeficiente de correlação, também é importante destacar que a variação é medida pela intensidade entre duas variáveis que foram descritos na Tabela 5, conforme Callegari-Jaques (2003).

r	A correlação é dita		
0	Nula		
0 - 0,3	Fraca		
0,3 I- 0,6	Regular		
0,6 I- 0,9	Forte		
0,9 l— 1	Muito forte		
1	Plena ou perfeita		

Fonte: Callegari-Jaques (2003, p. 90).

Tabela 5 – Avaliação qualitativa quanto à intensidade da correlação entre duas variáveis.

#### Metodologia

A área deste estudo localiza-se na parte centro--leste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1a), na região denominada Vale do Taquari (Figura 1b), na área municipal de Lajeado (PML, 2009).

A água bruta para fins de tratamento e abastecimento é captada no Rio Taquari e conduzida à Estação de Tratamento de Água (ETA), onde passa pelos processos de floculação, decantação, filtração, cloração, fluoretação e laboratório (que processa análises e exames físico-químicos e bacteriológicos). Depois ocorre o bombeamento da água tratada para os reservatórios e, por fim, sua distribuição por canalizações às residências (CORSAN, 2009).

A área total de Lajeado é de 90,40 km<sup>2</sup> (PML, 2009). Entretanto, bairros como Planalto, Igrejinha, Centenário, Imigrante, Conventos, São Bento e Floresta (SNIS, 2009) não são atendidos



Fonte: Adaptado de PML (2009).

Figura 1a - Localização geográfica da cidade de Lajeado no estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: Adaptado de BDR (2009).

Figura 1b - Localização do município de Lajeado na região do Vale do Taquari/RS.

#### pela CORSAN.

Este estudo restringe-se aos bairros abastecidos com a infraestrutura da sede da CORSAN, no período de 2000 a 2007, e não será considerada a qualidade da água, nem o comportamento sociológico da população em relação ao consumo doméstico de água.

O volume médio da vazão de água bruta captada no ano de 2007 utilizada para abastecer a demanda do volume de consumo foi de 0,245 m<sup>3</sup> por segundo, e o volume máximo da vazão era de 0,365 m<sup>3</sup> por segundo. Transformando o volume médio da vazão de m³ por segundo em m³ anuais tem-se um volume de 6,3 milhões de m<sup>3</sup>/ano, e no caso da vazão máxima tem-se 9.3 milhões de m<sup>3</sup>/ano, considerando a estrutura física atual da ETA (CORSAN, 2009).

A coleta de dados referentes ao SAA relativos ao volume anual de água bruta captada e ao volume anual de água tratada produzida foi realizada pelo SNIS (2009), de 2000 a 2007. Os dados coletados no SAA da CORSAN em Lajeado, de 2000 a 2007, equivalem ao volume de água consumida, bem como à participação do volume de água por cada setor de consumo.

Os dados coletados referentes à população (habitantes) foram obtidos no IBGE (2008), com relação ao período de 2000 a 2007, e representam a população total. Os dados obtidos do SNIS (2009) de 2000 a 2007 configuram a população atendida e a população não atendida pelo SAA da CORSAN.

Foram coletados no CIH (2009) os dados referentes às variáveis intervenientes, tais como: Umidade Relativa do Ar Média Anual e Temperatura Média Anual, relativos ao período de 2003 a 2006; Precipitação Pluviométrica (mm/ano) e Tarifa Média Anual de Água, referentes ao período de 2003 a 2007. Todos os dados referem--se à cidade de Lajeado/RS, e cabe ressaltar que estes não coincidem com o escopo temporal de 2000 a 2007, pois há indisponibilidade de informações no Centro de Informações Hidrometeorológicos (CIH), neste caso houve uma redução do período da série temporal. Diante da necessidade de se trabalhar com dados pareados entre variáveis, foi preciso reduzir o período das amostras, nestes casos, na etapa da caracterização. Na etapa da previsão as variáveis intervenientes não foram utilizadas devido à redução do período da amostra.

Após a coleta desses dados, os mesmos foram tabulados e apresentados em forma de tabelas; de um lado, o valor da variável independente (x) que será composto pelos anos; e do outro, o valor da variável dependente (y), que será composto pelo valor dos dados coletados (CORSAN, 2009), (IBGE, 2008) e (SNIS, 2009).

Na etapa de caracterização do SAA da CORSAN de Lajeado/RS será utilizado o software BioEstat 5.0 para determinar o coeficiente de correlação e o coeficiente de determinação. Na etapa da previsão, será utilizado o software LAB Fit Ajuste de Curvas. Após efetuar as previsões das séries temporais coletadas, este software apresenta os melhores valores dessa previsão para os coeficientes de correlação e determinação. Por último, será efetuada uma projeção futura, a fim de verificar se haverá ou não colapso por escassez de água.

Os resultados e as discussões estão destacados por partes separadas, na primeira será apresentada a etapa da caracterização do SAA, logo após será apresentada a etapa de previsão dos dados apurados na etapa da caracterização.

#### Resultados e discussões: etapa da caracterização

A população total de Lajeado/RS (Tabela 6) apresentou, de 2000 a 2001, um decréscimo de 4,77% devido à emancipação dos distritos per-

Tempo (anos)	População Total (habitantes)	População Atendida (habitantes)	População não Atendida (habitantes)
2000	64.133	49.272	14.861
2001	61.072	50.964	10.108
2002	62.023	53.312	8.711
2003	63.045	54.128	8.917
2004	65.190	55.776	9.414
2005	66.378	56.890	9.488
2006	66.900	54.394	12.506
2007	67.474	56.151	11.323
Crescimento (%)	5,21	13,96	-23,80

Fonte: Adaptada de IBGE (2009) e SNIS (2009).

Tabela 6 – Série temporal da População (total, atendida e não atendida) pelo SAA da CORSAN de Lajeado/RS.

tencentes à cidade. A partir das emancipações de seus distritos, Lajeado apresenta uma área urbana de 97%, e área rural de 3%. O crescimento da população total, no período de 2000 a 2007, do município é de 5,21% e a população abastecida pelo SAA da CORSAN de Lajeado/RS cresceu 13,96%. Portanto, percebeu-se que o crescimento da população abastecida foi maior que o crescimento da população total.

A população não abastecida, desse mesmo SAA e período, decresceram 23,80%. Portanto, o crescimento da população atendida foi maior que o crescimento da população total e o decréscimo da população não atendida foi superior ao crescimento da população atendida. Nesta lógica, vale destacar que, na cidade de Lajeado, além do SAA da CORSAN existem outras redes de distribuição particulares de água.

A água bruta captada (Tabela 7), embora tenha apresentado um crescimento de 16,29%, no período de 2000 a 2007, é um resultado que representa um crescimento médio anual inferior, quando comparado com o de Herrera (1996) da cidade de Botucatu/SP (70,5%) de 1980 a 1995 e o de Ayres (2000) da cidade de Dourados/MS (43,56%) de 1990 a 1999.

O crescimento do volume de água tratada produzida de 2000 a 2007 (Tabela 7) foi de 23,96%, e a diferença entre o volume de água bruta captada e de água tratada produzida é a água utilizada para limpeza da ETA (lavagem dos filtros, tubulações e equipamentos). Ao comparar o crescimento do volume de água bruta captada (16,46%) e a água tratada produzida (23,96%),

verificou-se maior eficiência no tratamento de água e limpeza da ETA, pois o crescimento do volume de água tratada produzida foi maior em relação ao crescimento do volume de água bruta captada.

Essa diminuição da diferença entre o volume de água bruta captada e o de água tratada produzida (utilizada na limpeza da ETA) é menor a cada ano, pois, por um lado, este último foi colocado à disposição para o consumo e, por outro, como o volume da diminuição da diferença foi consumido, os custos de tratamento e da adução dessa água não tiveram a necessidade de serem revertidos em despesas, caso esse volume de água tivesse sido retornado ao leito do rio Taquari. No estudo de Herrera (1996) a água utilizada na limpeza da ETA volta ao processo de tratamento e após inclui o volume de água tratada produzida.

As perdas na distribuição de água ocorrem entre a água armazenada nos reservatórios da ETA e o volume de água consumida. No período de 2000 a 2007 as perdas tiveram um crescimento de 29,10% (Tabela 7), e a média de perdas nesse mesmo período foi de 43,75%. Sendo assim, percebeu-se que o fato de o volume de água tratada produzida ser maior que o volume de água consumida decorre em função do aumento das perdas. Portanto, ao passo que as perdas aumentam, o volume de água tratada produzida necessita crescer num mesmo percentual para suprir o volume de água consumida.

A extensão da rede de distribuição de água foi ampliada em 8,53% (20 Km) de 2001 a 2007, e a quantidade de ligações totais de água cresceu

Tempo (anos)	Água Bruta Captada (m³)	Água Tratada Produzida (m³)	Consumo (m³)	Perdas (m³)	Perdas (%)	Extensão da malha de distribuição (m)	Ligações (número)
2000	4.970.895	4.357.764	2.589.335	1.768.429	40,6		
2001	4.610.000	4.319.000	2.651.137	1.667.863	38,6	233.000	12.175
2002	5.073.000	4.722.000	2.619.012	2.102.988	44,5	237.000	12.520
2003	5.538.000	5.033.000	2.760.540	2.272.460	45,2	237.000	12.830
2004	5.822.000	5.392.000	2.814.275	2.577.725	47,8	237.000	13.150
2005	5.796.000	5.336.000	2.918.871	2.417.129	45,3	237.000	13.431
2006	5.965.000	5.590.000	3.033.143	2.556.857	45,7	238.000	14.150
2007	5.781.000	5.402.000	3.118.841	2.283.159	42,3	253.000	14.655
(%)*	16,29	23,96	20,45	29,10	43,75	8,53	20,36

Fonte: \*Crescimento (%)

Tabela 7 – Série temporal da água captada, tratada, consumida e perdida, a extensão da rede e o número de ligações.

20,36% (2.480 ligações), de 2001 a 2007.

Na análise do consumo *per capita* (Tabela 8) do SAA da CORSAN de Lajeado/RS observou-se um crescimento de 5,55% no período de 2000 a 2007.

Tempo (anos)	Consumo per capita (L/hab.dia)
2000	144
2001	143
2002	135
2003	140
2004	138
2005	141
2006	153
2007	152
Média	143,25
Crescimento (%)	5,55

Tabela 8 – Consumo per capita do SAA da CORSAN de Lajeado/RS.

Observou-se também que o consumo *per capita* em 2007 representou 152 L/hab.dia. Comparando-se esse consumo com o do estado do Rio Grande do Sul, no mesmo ano, que foi de 169 L/hab.dia, percebeu-se que existe uma semelhança entre os dois consumos *per capita*.

Na comparação do consumo *per capita* de água da Tabela 8 com os valores típicos de Von Sperling (1996), Tabela 1, notou-se que há uma aderência quanto ao porte da cidade e o consumo *per capita*, e quando comparado com os valores típicos de Magalhães *et al.* (2001), Tabela 2, notou-se que o consumo *per capita* do SAA da CORSAN de Lajeado/RS é consideravelmente maior, observando a mesma faixa de população.

Na decomposição do consumo *per capita* por setores do ano de 2007, notou-se que o setor residencial apresentou um consumo de 127 L/hab.dia, representando 84% do consumo *per capita* de 2007 (Tabela 8) sendo, consequentemente, o maior consumidor de água. Na sequência, destacou-se o setor comercial com 20 L/hab.dia e representando 13%; em seguida o setor público com 3 L/hab.dia representando 2%; e, por último, o setor industrial com 2 L/hab.dia representando 1%. A representativi-

dade elevada do setor residencial no consumo *per capita* de água é devido à característica da cidade de Lajeado/RS ser essencialmente urbana e suas indústrias possuírem poços particulares para captação de água.

Consumo por setor	Participação (%)	Consumo per Capita (L/hab.dia)
Residencial	84	127
Comercial	13	20
Público	2	3
Industrial	1	2
Total	100	152

\*Apenas foi segregado o ano de 2007 frente ao consumo de água pela participação em cada um dos setores, pela indisponibilidade de informações dos anos de 2000 a 2006.

Tabela 9 – Consumo per capita de água segregado por setor do ano de 2007\*.

Em relação ao consumo per capita de água por setor (Tabela 9), verifica-se que o de maior consumo é o residencial, que, em Lajeado/RS, corresponde a 84%. Comparando-se esses percentuais com os obtidos por Herrera (1996) em Botucatu/SP, 76%, e com os de Ayres (2000) em Dourados/MS, 90,96%, percebe-se que há semelhança no comportamento desses percentuais, o que se explica pelo fato de o SAA dos três estudos corresponderem a áreas de abastecimento unicamente urbanas, onde, de fato, existe um maior número de economias residenciais.

O setor industrial (Tabela 9) apresentou o menor percentual do consumo total de água: em Lajeado/RS, 1%; em Botucatu/SP, 3% (HER-RERA, 1996); e em Dourados, 0,11% (AYRES, 2000). Verifica-se que há similaridade entres os percentuais do consumo total de água no setor industrial nessas cidades. O baixo índice de consumo no setor industrial decorre do fato de a maioria não utilizar água nos processos produtivos, e, as que utilizam, captam-na de poços particulares.

Na sequência, foram apresentadas as variáveis intervenientes na Tabela 10.

A relação entre as variáveis estão representadas na Tabela 11, como também o coeficiente de correlação (r), o coeficiente de determinação (r²) e o grau de correlação, de acordo com a Tabela 5 de Callegari-Jaques (2003).

Tempo (anos)	Temperatura Média Anual (°C)	Precipitação Pluviométrica Anual (mm)	Umidade Relativa do Ar Média Anual (%)	Taxa Média de Água Anual (R\$)
2003	20,2	1.856,6	76	3,63
2004	20,0	1.038,4	73	4,05
2005	20,4	1.404,9	76	4,31
2006	20,3	1.229,9	78	4,49
2007		1.720,7	1	3,98

Fonte: CIH (2009)

Tabela 10 - Variáveis intervenientes do SAA da CORSAN de Lajeado/RS.

Relação entre variáveis intervenientes	r	r²	Grau de correlação
Umidade relativa do ar média anual x Consumo per capita*	0,83	0,70	Forte
Taxa média de água anual x Consumo per capita**	0,64	0,41	Forte
População Total x Consumo per capita***	0,64	0,41	Forte
Temperatura Média Anual x Consumo per capita*	0,46	0,21	Regular
População Abastecida x Consumo per capita***	0,08	0,006	Fraca
Precipitação Pluviométrica x Consumo per capita*	0,12	0,01	Fraca

Os dados de algumas séries temporais foram reduzidos em função da indisponibilidade de informações, como segue: \* 2003 a 2006; \*\*2003 a 2007; e \*\*\* 2000 a 2007.

Tabela 11 – Relação entre as variáveis determinando os coeficientes de correlação e a determinação para classificá-los de acordo com o grau de correlação.

Com base na Tabela 11, nota-se que a variável interveniente "Umidade relativa do ar média anual" apresentou um forte grau de correlação (associação positiva). Esse resultado difere de outros estudos, pois o de Yassuda et al. (1976) e Silva et al. (2008) destacam que essa variável apresenta influência, isto é, em regiões mais secas, onde a umidade relativa do ar é baixa, há aumento de consumo de água. Neste sentido, o grau de correlação encontrado por esses autores indica uma dependência linear inversa ou uma associação negativa. Portanto, pode-se concluir que a referida variável, pelo menos no período analisado, não apresenta resultado válido capaz de explicar o consumo de água.

Na sequência aparecem, respectivamente, a "Taxa média de água" e a "População total", que também apresentaram um forte grau de correlação, o que corrobora com os estudos de Yassuda *et al.* (1976). Ainda destaca-se que

a variável interveniente "Temperatura média anual" apresentou um regular grau de correlação, diferentemente do estudo de Silva, *et al.* (2008), que não encontraram correlação quanto a esse aspecto; e, por fim, a "População abastecida" e a "Precipitação pluviométrica" apresentaram fraco grau de correlação.

Essas informações, comparadas ao estudo de Von Sperling et al. (2002) — realizado em 45 municípios do estado de Minas Gerais, por meio do qual concluíram que no consumo per capita existia a influência da precipitação pluviométrica e do porte da comunidade, e que este está relacionado com a população total — concordam quanto à influência da variável "População total", mas as demais variáveis encontradas diferem entre os estudos. Conclui-se que para cada região existem diferentes tipos de variáveis intervenientes e em graus de correlação diferenciadas. Não se pode, portanto, generalizar as variáveis por estados, mas sim, por localidades.

# Resultados e discussões: etapa da previsão futura

As funções identificadas pela modelagem matemática com a ajuda do *software* LAB Fit Ajuste de Curvas estão apresentadas na Tabela 12. Essas funções foram selecionadas tendo como parâmetro: qui-quadrado reduzido (x² red.); qui-quadrado (x²); qui-quadrado crítico (x² crítico); graus de liberdade (gl); coeficiente de correlação (r); e o coeficiente de determinação (r²) (Tabela 13).

Todas as funções da Tabela 12 apresentaram, conforme a Tabela 13, valores de x² menores que o valor x² crítico para um nível de significância de 5%, observado os valores do gl, isto significa que as previsões das séries temporais em relação às funções não foram rejeitadas, ou seja, o erro entre a previsão da série temporal histórica não foi suficientemente grande para rejeitar as funções da Tabela 12. Portanto, aliando esta informação ao coeficiente r, que indica a confiabilidade da previsão da série temporal se ajustar à série temporal histórica, e ao coeficiente r², que indica a precisão do ajuste, concluiu-se que essas funções podem ser utilizadas para realizar a previsão futura.

Verificou-se ainda na Tabela 13 que as variáveis (Tempo, População Total, Consumo de água), com base na função número 382 (Tabela 12), apresentaram um coeficiente de r e r<sup>2</sup> muito forte. Neste caso, pode-se afirmar que

o crescimento do consumo de água pode decorrer do crescimento da população total.

A previsão do volume de água consumida (Tempo, Consumo de Água), função 33 da Tabela 12, para o ano de 2032 foi de 10,4 milhões de m³ e a previsão do volume de água consumida (Tempo, População Total, Consumo de Água) pela função 382 da Tabela 12 para o ano de 2032 foi de 10,6 milhões de m³. Portanto, verificou-se que, apesar da utilização de variáveis e funções diferentes na previsão da água consumida, houve uma variação insignificante entre as duas previsões.

Na realização da previsão do período de 2008 a 2032 do volume de água bruta captada, água tratada produzida, e água consumida utilizou-se, respectivamente, as funções de números 9, 9 e 382 (Tabela 12) e o resultado foi apresentado na Figura 2.

Comparando-se os resultados da Figura 2 com o volume da vazão média e máxima do SAA da CORSAN de Lajeado/RS, notou-se que a vazão média de água (6,3 milhões de m³) foi ultrapassada no ano de 2010, e a vazão máxima (9,3 milhões m³) será atingida no ano de 2026. Portanto, em meados desse ano, pela previsão realizada neste estudo, o abastecimento de água do SAA da CORSAN de Lajeado/RS estará operando em seu limite máximo, ou seja, caso aumente o consumo por qualquer motivo, o abastecimento excedente deste con-

Variáveis (x, y) e (x, x, y)	Identificação das funções
(Tempo, Água Bruta Captada)	$y = \frac{A}{X^2} + B$ , onde A =7134E+15 e B = 0.1832E+09
(Tempo, Água Tradada Produzida)	$y = \frac{A}{X^2} + B, onde$ $A =7598E+15 e B = 0.1943E+09$
(Tempo, Consumo de Água)	$(33) y = A + \frac{B}{X} + \frac{C}{X^2}, onde$ $A = 0.2790E+11, B =1115E-15 e C = 0.1114E+18$
(Tempo, População Total)	$(140) y = A. e^{\frac{(X-B)^2}{C}} + D$ , onde A = 0.7907E+06, B = 0.2075E+04, C =1042E+04 e D = 0.5839E+05
(Tempo, População Total, Consumo de Água)	(382) $y = A.X_1^3 + B.X_2^2 + C.X_1 + D.X_2$ , onde A = 0.3200E+01, $B =1278E+05$ , $C = 0.1277E+08$ e $D = 0.3092E+01$

Tabela 12 – Identificação das funções através do software LAB Fit Ajuste de Curvas para previsão das variáveis no período de 2008 a 2032.

Variáveis (x, y) ou (x, x, y)	Função	X <sup>2</sup>	gl	r	r²
(Tempo, Água Bruta Captada)	9	6	6	0,88	0,77
(Tempo, Água Tradada Produzida)	9	6	6	0,93	0,87
(Tempo, Consumo de Água)	33	5	5	0,99	0,98
(Tempo, População Total)	140	4	4	0,86	0,75
(Tempo, População Total, Consumo de Água)	382	4	4	0,99	0,98

Obs.: Todas as funções apresentam o  $x^2$  red. igual a 1.

Tabela 13 - Resultado dos parâmetros utilizados pelas funções da Tabela 12 na previsão do período de 2008 a 2032.

sumo será prejudicado. Neste caso, sugere-se que o SAA adote medidas estratégicas antes dessa data. As estratégias podem estar ligadas ao aumento da sua estrutura física para gerar maior vazão, uma reeducação da população para um consumo mais consciente, ou ainda a utilização de equipamentos domésticos mais eficientes no consumo de água.

#### Conclusão geral: etapa da caracterizacão e da previsão

O crescimento do volume de água bruta captada de 2000 a 2007 foi de 16,29% e o volume de água tratada produzida foi de 23,96%. Nota-se, na comparação histórica desses volumes, que há uma diminuição da variação do volume de água, pois verificou-se maior eficiência no tratamento da água e na limpeza da ETA nesse período.

O volume de água consumida teve um crescimento, de 2000 a 2007, de 20,45% e as perdas de água na rede de distribuição cresceram em 29,10%, sendo a média da perda de água no período de 43.75%. Notou-se que o crescimento do volume de água tratada produzida é maior que o crescimento do volume de água consumida, e isto se deve em função do aumento das perdas, pois quanto maior as perdas maior deve ser o volume de água tratada produzida para suprir o mesmo volume de água consumida.

A extensão da rede de distribuição no período

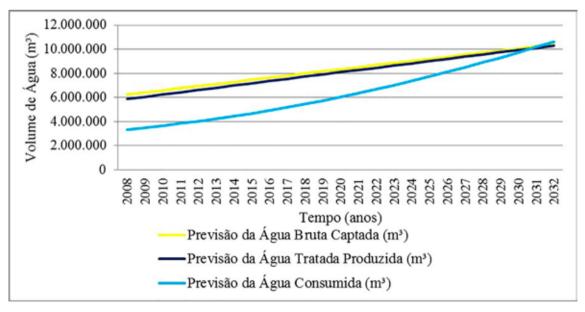


Figura 2 - A previsão da água bruta captada, da água tratada produzida e da água consumida de 2008 a 2032.

de 2001 a 2007 foi ampliada em 8,53%, equivalente a uma extensão de 20 km, e a quantidade de ligações que tiveram um crescimento de 20,36%, equivalentes a 2.480 ligações.

A população total teve um crescimento no período de 2000 a 2007 de 5,21%, a população atendida cresceu 13,96% e a população não atendida decresceu em 23,80%. Portanto, notou-se que com a ampliação da rede de distribuição, também aumentou a população atendida e, consequentemente, reduziu a população não atendida. Cabe destacar que no decréscimo da população não atendida também teve a participação de SAA particulares da cidade de Lajeado e que não fizerem parte do escopo deste estudo.

O consumo *per capita* médio do período de 2000 a 2007 foi de 143,25 L/hab.dia e houve, no mesmo período, um crescimento de 5,55%. O consumo *per capita* de 2007 foi de 152 L/hab.dia e através de sua decomposição em setores obteve-se o resultado: a) setor residencial (84%); b) setor comercial (13%); c) setor público (2%) e d) setor industrial (1%). Portanto, a elevada participação do setor residencial como consumidor *per capita* é devido à característica da cidade de Lajeado/RS ser essencialmente urbana, e das indústrias localizadas nesta cidade possuírem poços particulares para captação de água, o que explica que o setor industrial possui a menor participação.

As variáveis intervenientes que influenciam no consumo *per capita* desse SAA com forte grau de correlação são: a umidade relativa do ar; a taxa média de água; e a população total. A variável interveniente "Temperatura média anual" apresenta grau de correlação regular; a "População abastecida" e a "Precipitação pluviométrica" apresentam grau de correlação fraca. Portanto, o volume de consumo *per capita* de água do SAA de Lajeado/RS é influenciado pela umidade relativa do ar, pela taxa média de água e pela população total.

As funções utilizadas para realizar a previsão via modelagem matemática através do software LAB Fit Ajuste de Curvas do período de 2008 a 2032 foram: a água bruta em função do tempo (9); a água tratada produzida em função do tempo (9); o consumo de água em função do tempo (33); a população total em função do tempo (140); e o consumo de água em função do tempo e da população total

(382). Essas funções foram as que tiveram os melhores valores de qui-quadrado reduzido ( $x^2$  red.), qui-quadrado ( $x^2$ ), qui-quadrado crítico ( $x^2$  crítico), graus de liberdade (gl), coeficiente de correlação (r) e o coeficiente de determinação ( $r^2$ ).

A previsão da extrapolação do volume da vazão média (Figura 2) que ocorreu a partir de 2010 não é preocupante, pois à medida que faltar água para o consumo, o volume de água tradada produzida pode ser aumentado, visto que o volume da vazão máxima de água tratada produzida comporta até 9,3 milhões de m³. Portanto, o colapso por escassez de água no SAA da CORSAN de Lajeado (RS) em relação às variáveis analisadas ocorrerá em meados de 2026 (Figura 2). Recomenda-se aumentar a estrutura deste SAA antes de 2026, uma vez que, nesse ano, o SAA estará com a capacidade de vazão máxima de água tratada produzida.

É recomendável que o aumento deste SAA seja projetado bem antes de 2026, pois qualquer mudança no cenário, como mudança na cultura da população atendida, clima, taxas, etc., pode acarretar a antecipação da falta de estrutura suficiente para produção de água tratada produzida. Neste caso, é necessário rever a previsão.

Ao comparar os volumes previstos de água tradada produzida e do consumo de água para o ano de 2008 com os dados efetivos realizados pelo SAA da CORSAN de Lajeado (RS) verificou-se que a diferença entre os dados não foi superior a um desvio padrão de 2.000 m³/ano. Considerando o volume total de água consumida num ano, a diferença é insignificante. Portanto, as variáveis projetadas correspondem aos valores reais, o que confere credibilidade e confiabilidade à previsão através do software LAB Fit Ajuste de Curvas.

#### REFERÊNCIAS

AMARAL, A.M.P. e SHIROTA, R. Consumo residencial médio de água tratada: uma aplicação de modelos de séries temporais em Piracicaba. **Revista Agrícola**, v. 49, n. 1, p. 55-72, 2000.

AYRES, M.C.R. Sistema de abastecimento de água potável no município de Dourados/MS: caracterização de análises. 78 f. Dissertação (Mestrado Agronomia – Energia na Agricul-

tura) – Universidade Est. Paulista Júlio Mesquita Filho, Botucatu, 2000.

BASSANEZI, R.C. Ensino-Aprendizagem com Modelagem Matemática. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2006.

BDR- Banco de Dados Regional da Univates. Disponível em: <a href="http://www.bdr.univates.br">http://www.bdr.univates.br</a>. Acesso em: 07 mar. 2009.

CALLEGARI-JAQUES, S.M. **Bioestatística**: princípios e aplicações. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CIH – Centro de Informações Hidrometeorológicas. Disponível em: http://www.univates.br/servicos/centro-de-informacoes-hidrometeorologicas. Acesso em: 21 mar. 2009.

CLARKE, R. e KING, J. O atlas da água: O mapeamento completo do recurso mais precioso do planeta. 1. ed. São Paulo: Publifolha, 2005.

CORSAN- Companhia Rio-grandense de Saneamento. Disponível em: <a href="http://www.corsan.com.br">http://www.corsan.com.br</a>. Acesso em: 25 jan. 2009.

DIAS, D.M.; MARTINEZ, C.B e LIBANIO, M. Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água. **Eng. Sanit. Ambient**. vol.15, n.2, p. 155-166. 2010.

FALKENBERG, A. V. Previsão de consumo urbano de água em curto prazo. 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2005.

FERNANDES NETO, M.L. Avaliação de parâmetros intervenientes no consumo *per capita* de água: estudo para 96 municípios do estado de minas gerais. 146 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

FERNANDES NETO, M.L.; NAGHETTINI, M.; Von SPERLING, M. e LIBÂNIO, M. Avaliação da relevância dos parâmetros intervenientes no consumo *per capita* de água para os municípios de Minas Gerais. **Revista ABES**, v. 9, n. 2, p. 100-107, 2004.

HERRERA, O.M. Caracterização e análise do sistema de abastecimento de água potável no município de Botucatu, SP. 100 f. Dissertação (Mestrado Agronomia – Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Botucatu, 1996.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. In: Síntese de Indicadores Sociais – Uma Análise das Condições de Vida da População Brasileira. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <a href="http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/indicadoresminimos/sinteseindicsociais2008/indic\_sociais2008.pdf">http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/indicadoresminimos/sinteseindicsociais2008/indic\_sociais2008.pdf</a> > Acesso em: 15 jan. 2009.

LEVINE, D. M.; STEPHAN, D.; KREHBIEL, T. C. e BERENSON, M. L. Estatística – Teoria e aplicação usando o Microsoft® Excel em português. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

MAGALHÃES, C.A.C.; MORENO, J. e GALVÃO, A.C.G. Estimativa do consumo *per capita* em comunidades atendidas pela unidade de negócio do médio Tietê. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, João Pessoa. Anais eletrônicos do *21º Congresso* da ABES. Rio de Janeiro: ABES, 2001. Disponível em: <a href="http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/brasil/i-061.pdf">http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/brasil/i-061.pdf</a>> Acesso em: 25 fev. 2008.

MOTTA, V. T. **Bioestatística**. 2ª ed. Caxias do Sul, RS: Educs, 2006.

NARCHI, H. A demanda doméstica de água. **Revista Dae**. São Paulo, ano 5, n. 154, p. 01-07, 1989.

NUCCI, N. L. R. Avaliação da demanda urbana de água. Aspectos econômicos e urbanísticos. A área edificada como possível explicativa e prospectiva. **Revista Dae**. São Paulo, ano 4, n. 135, p. 22 - 29, 1983.

PERH-MS - Plano estadual de recursos hídricos de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS: Editora UEMS. 194 p. ISBN: 978-85-99880-24-1. 2010

PITTOCK, J. A crise da água atinge também os países ricos. Revista Eco 21. Ed. 118, set.

2006.

PML - Prefeitura Municipal de Lajeado/RS. Disponível em: <a href="http://www.lajeado-rs.com">http://www.lajeado-rs.com</a>. br/internas.php?conteudo=infra\_abastec. php> Acesso em: 28 Jan. 2009.

QUEIROZ, A.T. e OLIVEIRA, L.A. Relação entre produção e demanda hídrica na bacia do rio Uberabinha, estado de Minas Gerais, Brasil. **Soc. nat.**, vol.25, n.1, p. 191-204, 2013.

ROCHA, W.S. e SILVA, R.T. Caracterização da demanda urbana de água: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA). Documento técnico de apoio - Presidência da República Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano Secretaria de Política Urbana, p. 49, 1999.

SÃO PAULO (Estado). Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. São Paulo, 2007: Disponível em: <a href="http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/RS/RSESP2007\_03Tiete.pdf">http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/RS/RSESP2007\_03Tiete.pdf</a>> Acesso em: 17 jul. 2013.

SILVA, W.T.P. Modelagem aplicada à determinação da quota *per capita* de água: um instrumental para gestão de recursos hídricos no município de Cuiabá. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2008.

SILVA, W.P.; SILVA, C.M.D.P.S.; CAVALCANTI, C.G.B.; SILVA, D.D.P.S.; SOARES, I. B.; OLIVEIRA, J.A.S. e SILVA, C.D.P.S. "LAB Fit ajuste de curvas": um *software* em português para tratamento de dados experimentais. **Rev. Bras. Ens. Fis.**, vol.26, n.4, p.419-427, 2004.

SILVA, W. T. P.; SILVA, L. M. e CHICHORRO, J.F. Gestão de recursos hídricos: perspectivas do consumo *per capita* de água em Cuiabá. **Eng. Sanit. Ambient**. vol.13, n.1, p. 8-14. 2008.

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sanitárias. Disponível em: <a href="http://www.snis.gov.br">http://www.snis.gov.br</a>. Acesso em: 01 set. 2009.

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sanitárias. Disponível em: <a href="http://www.snis.gov">http://www.snis.gov</a>.

br> Acesso em: 08 dez. 2011.

TRAUTWEIN, J. B. Avaliação de métodos para avaliação de previsão de consumo de água para curtíssimo prazo: um estudo de caso em empresa de saneamento. 107 f. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba. 2004.

TUNDISI, J.G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, vol.22, n.63, p. 7-16. 2008.

VON SPERLING, M. **Principio de tratamento biológico de águas residuárias**. 2 ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996.

VON SPERLING, M.; SANTOS, A.S.P.; MELO, M.C. e LIBÂNIO, M. Investigação de fatores de influência no consumo *per capita* de água em estados brasileiros e em cidades de Minas Gerais. In: VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (SIBESA), 2002, Vitória, Anais... Vitória, 2002.

WEBSTER, A.L. Estatística aplicada à Administração e Economia. 1 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

WITTE, R.S.; WITTE, J.S. **Estatística**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

WOLMAN, A. Havia regras sobre "Água Pura" há 4.000 anos atrás. **Revista Dae**. São Paulo, ano 1, n. 34, p. 93-94, 1959.

YASSUDA E.R.; OLIVEIRA W.E.; GAGLIANONES.; NOGAMI P.S.; PEREIRA B.E.B. e MARTINS J. A. **Técnica de abastecimento e tratamento de água** – vol. 1. 2a. ed. São Paulo: CETESB, 1976.







# 30 de JULHO a 01 de AGOSTO de 2014 Reserve esta data!

Durante a Fenasan 2014 os visitantes terão a oportunidade de conhecer as novidades em produtos e servicos do setor de saneamento ambiental, distribuídos nos mais de 14 mil metros quadrados do Pavilhão Azul do Expo Center Norte com participação de mais de 200 empresas nacionais e internacionais.

Paralelamente, também será realizado o 25º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente - Encontro Técnico AESabesp, que reúne os maiores expoentes técnicos do setor, em palestras e mesas redondas voltadas às apresentações e otimizações de tecnologias para saneamento e meio ambiente.

Venha para o maior evento de tecnologia do segmento de saneamento e meio ambiente da América Latina.

# **25 ANOS** DE TECNOLOGIA A SERVIÇO DO SANEAMENTO AMBIENTAL

Informações: www.fenasan.com.br 11 3868-0726 - fenasan@acquacon.com.br Promoção



Apoio



Organização e comercialização



Apoio institucional











































# Tratamento eletroquímico de azo corante Acid Red 27 em solução aquosa usando anodo de Ti/Ru<sub>0.3</sub>Ti<sub>0.4</sub>Sn<sub>0.3</sub>O<sub>2</sub>

Electrochemical treatment of Acid Red 27 azo dye in aqueous solution using Ti/Ru<sub>0.3</sub>Ti<sub>0.4</sub>Sn<sub>0.3</sub>O<sub>2</sub> anode

Maria Lucimar Maranhão Lima | Ana Carine de Sousa Monte | Bárbara Costa Albuquerque Maria Ionete Chaves Nogueira | Marisete Dantas de Aquino | Rinaldo dos Santos Araújo

Data de entrada: 14/11/2013 | Data de aprovação: 25/11/2013

DOI: http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.120

#### Resumo

Neste trabalho foi avaliada a eficiência de processos eletro-oxidativos na degradação à temperatura ambiente do azo corante Acid Red 27 em meio aguoso em diferentes concentrações (5, 10, 15 e 25 mg/L) e sob diferentes potenciais de eletrólise (1,0; 1,25; 1,5 e 2,5V) usando como fase eletroquímica ativa óxidos de TiO<sub>2</sub>, RuO<sub>2</sub> e SnO<sub>2</sub> sobre suporte de titânio metálico. Para a degradação eletroquímica foi utilizado o anodo dimensionalmente estável de Ti/Ru<sub>0.3</sub>Ti<sub>0.4</sub>Sn<sub>0.3</sub>O2 preparado por decomposição térmica e caracterizado a partir das técnicas de microscopia eletrônica de varredura e energia dispersiva de raio X. Os resultados obtidos mostraram degradações superiores a 88% em todas as concentrações investigadas para o potencial de 2,5V. O comportamento cinético encontrado foi tipicamente de primeira ordem.

Palavras-chave: Tratamento eletroquímico, Acid Red 27, Ti/Ru<sub>0.3</sub>Ti<sub>0.4</sub>Sn<sub>0.3</sub>O<sub>2</sub>, Degradação, Cinética.

#### **Abstract**

In this work was investigated the efficiency of the electrooxidation processes in the degradation of azo dye Acid Red 27 at room temperature in aqueous solution at different concentrations (5, 10, 15 and 25 mg/L) and under different potential electrolysis (1.0, 1.25, 1.5 and 2.0V) using as active electrochemical phase oxides type TiO<sub>2</sub>, RuO<sub>2</sub> and SnO<sub>2</sub> supported on titanium. For the electrochemical degradation was used dimensionally stable anode of  $Ti/Ru_{03}Ti_{04}Sn_{03}O_2$  prepared by thermal decomposition and characterized from the techniques of scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray . The results showed high degradtion (> 88%) for all the concentrations investigated under potential of 2.0V. The kinetic behavior was typically of first order.

*Key-words:* Electrochemical treatment, Acid Red 27, Ti/Ru<sub>0.3</sub>Ti<sub>0.4</sub>Sn<sub>0.3</sub>O<sub>2</sub>, Degradation, Kinetics.

<sup>\*</sup>Curriculum dos autores - ver página 59

#### Introdução

As evidencias da degradação ambiental estão cada vez mais claras. Nesse contexto, o grande desafio é manter a capacidade suporte dos ecossistemas e ampliar a compreensão do ambiente e das novas tecnologias no que diz respeito à preservação da qualidade ambiental. A qualidade dos recursos hídricos está entre as principais preocupações ambientais, considerando que tanto a qualidade quanto a quantidade de água disponível sempre foi um indicador importante na determinação do bem-estar da sociedade.

As novas tecnologias aplicadas de modo adequado vêm ganhando espaço no desenvolvimento de processos de controle e monitoramento da poluição como um todo e, em particular na poluição da água e das águas residuárias. Sabe-se que substâncias tóxicas têm forte influencia nos ecossistemas aquáticos e nos organismos que nele vivem, podendo entrar na água por aporte direto ou escoamento superficial, onde a mobilidade das substâncias poluidoras dependerá da fluidez do meio. Considerando que os contaminantes na água deslocam-se com as correntes por processos diversos, tais como: mistura, difusão, sedimentação, suspensão de partículas entre outros, faz-se necessário a busca constante de tecnologias de tratamento objetivando diminuir os possíveis danos ambientais.

Os efluentes de um modo geral e, em particular, os provenientes da indústria têxtil, devido sua complexidade, possuem grande probabilidade de causar problemas ambientais por conter substâncias persistentes, tóxicas e apresentar tendência à bioaculmulação, vem ganhando atenção especial no que diz respeito ao desenvolvimento de processos de tratamento para minimizar os impactos adversos ao ambiente. A questão desafiadora consiste na escolha e utilização de técnicas adequadas para degradação de substâncias potencialmente poluidoras presentes nas águas residuárias em especial nos efluentes oriundos da indústria têxtil, considerando que entre outros compostos, possuem grande quantidade de corantes e, do ponto de vista ambiental, os corantes contribuem para a geração de efluentes significativamente tóxicos, com elevada carga de compostos orgânicos recalcitrantes e, em muitos casos são descartados no meio ambiente de forma inadequada.

De acordo com a literatura aproximadamente 15% da produção mundial de corantes é descar-

tado ao meio ambiente durante a síntese, processamento ou aplicação (DOS SANTOS, *et al.*, 2011). Isso do ponto de vista ambiental é um grande problema, considerando que esse valor representa o lançamento de cerca de 1,5 ton/dia de efluente com corante para o meio ambiente. Nesses efluentes, os corantes azo são predominantes, por pertencerem à maior classe de corantes, com ampla variedade de cores (ABRAHAM *et al.*, 2003). Os corantes do tipo azo possuem importância significativa, englobando cerca de 50% dos corantes comerciais, além de serem mais estudados que os de outras classes.

Frente a isso, cada vez mais esses compostos merecem atenção especial por apresentarem um significativo potencial poluidor, devido à possibilidade de decomposição natural produzindo outras espécies também prejudiciais aos corpos hídricos e devido à quantidade significativa que é lançada anualmente ao meio ambiente.

Dentre os vários tipos de moléculas empregadas destacam-se os corantes reativos, os quais são bastante usados para tingir celulose e algodão. Os corantes reativos apresentam uma complexa estrutura química. A presença da estrutura do grupamento azo -N=N- é responsável pela cor do corante, sendo necessário o rompimento dessa ligação para ocorrer a descoloração. O potencial de impacto dessas substâncias está relacionado ao fato de conter substâncias não biodegradáveis e potencialmente perigosas.

Na literatura diversos estudos indicam que compostos orgânicos de interesse ambiental podem ser eletro-oxidados eficientemente em soluções aquosas, utilizando-se eletrodos óxidos mistos contendo Ti, Ru e Sn (PANIZZA *et al.*, 2006; CHELLAMMAL *et al.*, 2012).

Segundo Martínez-Huiltlee e Brillas (2009) os processos eletroquímicos por meio de reações de oxi-redução possibilitam o tratamento de substâncias tóxicas utilizando mecanismos mais facilmente controlados com pequenas quantidades de agentes oxidantes. Panizza et al. (2000), Torres et al. (2003), Kariyajjanavara et al. (2011), Parsa et al. (2013) consideram como vantagem, a versatilidade do tratamento eletroquímico, bem como a maior eficiência energética, compatibilidade ambiental e o baixo custo de operação. No tratamento eletroquímico a degradação é realizada através do potencial ou corrente aplicada que geram eletroliticamente reagentes secundários com elevado poder oxidante (SONI et al.,

2011, SOLIS et al., 2012), não requerendo a utilização quantitativa de outros insumos químicos.

Vários pesquisadores investigaram a preparação, caracterização e aplicação de eletrodos dimensionalmente estáveis (ADE) entre as décadas de 1970 e 1980. Nos dias atuais os ADEs ainda são preparados utilizando-se as técnicas de decomposição térmica da mistura dos sais precursores sobre o suporte metálico rugoso.

Em geral, os processos eletroquímicos utilizados no tratamento de poluentes ambientais tem como base a reação direta destes compostos na superfície dos eletrodos ou na reação indireta envolvendo a formação de espécies eletroativas no eletrodo e que reage com as substâncias poluentes. (RAJESHWAR e IBBANEZ, 1996; FOTI et al., 1997; ARNOLD, 2010; SONI et al., 2011).

Estudos mostram que são investigadas variações quanto ao método de preparação dos eletrodos de óxidos comerciais e quanto ao suporte metálico utilizado objetivando aumentar a resistência e a estabilidade desses eletrodos (TEREZO e PEREIRA, 2002; FORTI et al., 2003). Alguns pesquisadores já demostraram que eletrodos de óxidos podem ser também empregados em capacitores eletroquímicos para estocagem de energia, em medidores de pH, em função da resposta dos óxidos frente às mudanças de pH e na degradação eletroquímica de compostos orgânicos (KIM e KIM, 2001; TRASATTI, 1995; KI-NOSHITA et al., 1986).

De acordo com a literatura reação de oxidação eletroquímica ocorre inicialmente com a formação de radicais hidroxilos (MO (OH)) originados da descarga eletroquímica da água adsorvida fisicamente na superfície do eletrodo (COMNI-NELLIS, 1994). O mecanismo para a degradação eletrocatalítica de compostos orgânicos utilizando anodo dimensionalmente estável (ADEs) envolve as seguintes reações:

$$MO_X + H_2O \rightarrow MO_X(.OH) + H^+ + e^-$$
Equação (1)

$$R + MO_X(.OH) \rightarrow MO_X + CO_2 + H^+ + e^{-\frac{1}{2}}$$
 Equação (2)

$$\mathrm{MO_X}(.\mathrm{OH}) \Rightarrow \mathrm{MO_X} + 1/2 \; \mathrm{O_2} + \mathrm{H^+} + \mathrm{e^-}$$
  
Equação (3)

Figura 1 - Estrutura Molecular do azo corante Acid Red 27 (AR 27).

Onde:  $MO_x$  corresponde ao sítio óxido metálico em seu estado normal,  $MO_x$ (\*OH) representa o sítio oxido metálico com radical hidroxilo adsorvido e R representa o composto orgânico.

Assim neste estudo foi avaliada a eficiência de remoção de cor e degradação do corante AR 27 (Figura 1) em meio aquoso e à temperatura ambiente usando processo eletroquímico com anodo de Ti/Ru<sub>0.3</sub>Ti<sub>0.4</sub>Sn<sub>0.3</sub>O<sub>2</sub>. O corante Acid Red 27 devido a sua intensa coloração encontra aplicação variada em segmentos da indústria têxtil, de cosmético, farmacêutica e alimentícia. Estruturalmente possui um grupo azo -N=N- ligado a dois anéis naftalênicos sulfonados (Figura 1) e vem sendo estudado na literatura devido a seus possíveis efeitos tóxicos e carcinogênicos (PAN et al., 2005).

#### **METODOLOGIA**

# Preparação do anodo de ${\rm Ti/Ru_{0,3}Ti_{0,4}Sn_{0,3}O_2}$ e montagem do sistema eletroquímico

Os eletrodos foram preparados a partir de reagentes de grau analítico (RuCl<sub>3</sub>, SnCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e, TiCl<sub>3</sub> 15% em HCl) fornecidos pela Sigma-Aldrich e água ultrapura obtida em sistema UHQ OS-MK3 ELGA. As soluções foram preparadas separadamente na concentração de 1mol.dm³ partindo da dissolução dos respectivos cloretos em álcool isopropílico. A solução precursora foi preparada com a mistura das soluções de RuCl<sub>3</sub>, SnCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e TiCl<sub>3</sub> na proporção molar de 3:4:3, respectivamente.

Para a preparação dos eletrodos utilizou-se um substrato de titânio proveniente da TiBrasil Ltda de alta pureza com área de 1cm<sup>2</sup> e 0,25mm de

espessura. Inicialmente os substratos foram mecanicamente polidos com lixa d'água de granulometria 120, objetivando melhorar a aderência do suporte para o posterior recobrimento com os óxidos desejados. Em seguida realizaram-se os procedimentos de limpeza por enxágue com água destilada para eliminação de impurezas seguido de desengraxe por imersão da placa de titânio em NaOH 10% por cerca de 10 minutos. A eliminação do excesso de álcali foi por meio de lavagem com água destilada. O substrato de titânio foi então submetido a ataque químico por 10 minutos em H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 10% a quente com a finalidade de aumentar a rugosidade e facilitar a adesão da solução precursora à superfície do substrato. Os suportes de titânio foram então secos com jato de ar quente e pesados para dar início ao recobrimento com os óxidos.

A massa de óxido a ser depositada sobre o titânio foi determinada utilizando a equação 4 a seguir:

$$m(g) = A. \emptyset \left[ xRuO_{2,\rho} RuO_2 + xTiO_{2,\rho} TiO_2 + xSnO_{2,\rho} SnO_2 \right]$$
 Equação (4)

Onde: A = área do suporte metálico,

 $\mathcal{O}$ = espessura nominal do filme de óxido a ser depositado,

 $x=fração\ molar,$ 

 $e \rho$  = densidade do respectivo óxido.

O recobrimento das placas de titânio pelos óxidos foi realizado por meio da tradicional técnica

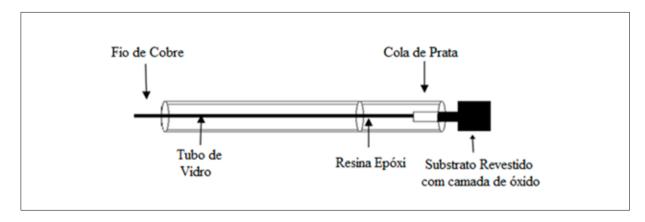


Figura 2 – Diagrama esquemático da montagem do eletrodo de trabalho empregado nos estudos de eletro-oxidação. Adaptado de Nogueira (2009).

de pincelamento (LASSALI et al., 1994 e ALVES et al., 1994), que consiste na pintura repetida, em ambos os lados das placas, com a mistura das soluções precursoras recém-preparadas.

Após pintura os substratos foram secos com jato de ar quente e levados ao forno mufla por 5 minutos a temperatura de 500°C. Após termo decomposição dos cloretos inorgânicos os eletrodos foram acondicionados em um dessecador até atingirem a temperatura ambiente para então serem pesados. Este procedimento foi repetido até obtenção de uma massa de aproximadamente 2mg de depósito, correspondente a uma camada de óxido com espessura de 2µm. A etapa de calcinação a 500°C foi mantida por um período de tempo de 1h para estabilização dos óxidos formados e eliminação de possíveis impurezas residuais. Após a deposição da camada de óxido, realizou-se a montagem final do eletrodo esquematizado de acordo com a Figura 2.

Os procedimentos eletroquímicos foram realizados em uma célula de vidro com volume reacional de 60mL composta por um único compartimento e uma tampa de teflon com quatro orifícios sendo três destinados a fixação dos eletrodos: eletrodo de trabalho (Ti/Ru<sub>0.3</sub>Ti<sub>0.4</sub>Sn<sub>0.3</sub>O<sub>2</sub>), eletrodo auxiliar (Pt) e eletrodo de calomelano saturado (Hg/Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>.KCl) usado como eletrodo de referência. O quarto orifício é destinado à saída de gases gerados durante o processo de degradação eletrocatalítica.

#### Caracterização física e química dos eletrodos

A caracterização da estrutura física da superfície dos eletrodos foi realizada por meio da técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em um microscópio PHILIPS, modelo XL-30. A análise da composição química do óxido depositado foi obtida por meio da técnica semi--quantitativa de energia dispersiva de raios-X (EDX) utilizando um sistema LINK Analytical, modelo QX-2000 acoplado ao microscópio eletrônico PHILIPS.

#### Caracterização eletroquímica dos eletrodos e ensaios de eletro-oxidação

A caracterização eletroquímica do eletrodo de Ti/Ru<sub>0.3</sub>Ti<sub>0.4</sub>TiSn<sub>0.3</sub>O<sub>2</sub> e a estabilidade da camada de óxido foi verificada por meio da técnica de voltametria cíclica à temperatura de 28°C utilizando um potenciostato/galvanostato AUTOLAB modelo PGSTAT 101 conectado a um computador e controlado pelo software NOVA 1.5, possibilitando a aquisição e tratamento dos dados experimentais obtidos.

Experimentalmente para os estudos de degradação eletrocatalítica utilizaram-se soluções aquosas sintéticas do corante Acid Red 27 (AR 27) em diferentes concentrações e uma solução de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,25mol/L como eletrólito suporte. Os ensaios foram conduzidos à temperatura ambiente (28°C) em pH natural (6,0) e sob potenciais de 1,0V; 1,25V; 1,5V e 2,5V. As alíquotas para o acompanhamento cinético da degradação foram retiradas em intervalos regulares de 20, 40, 60, 80, 100, 120, 150, 180 e 240 minutos.

As análises da concentração residual de corante foram realizadas por espectroscopia de absorção molecular utilizando-se um espectro Thermo Scientific modelo Genesys 10UV de feixe simples a 520nm, comprimento de onda de máxima absorção do corante AR 27.

Os parâmetros cinéticos de descoloração/degradação relacionados ao efeito da concentração inicial do corante foram obtidos partindo-se do modelo clássico de primeira ordem, conforme a Equação 5 a seguir:

$$-\frac{dc}{dt} = k_1 C$$
 Equação (5)

C é a concentração do corante em um dado tempo reacional t; e k, é a constante cinética de primeira ordem (min<sup>-1</sup>).

O valor de k, pode ser obtido de forma direta de acordo com a Equação 6, após linearização da Equação 5.

$$\ln \frac{C_1}{C_0} = -k_1. \ t$$
 Equação (6)

Para a estimativa das eficiências de descoloração/degradação da solução do azo corante em estudo foi utilizada a Equação 7:

Eficiência (%) = 
$$\left(1 - \frac{C_f}{C_0}\right) \times 100\%$$
Equação (7)

#### Onde:

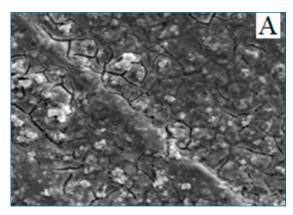
C, corresponde à concentração da solução de corante a 520nm em um dado tempo reacional t após o tratamento de eletro-oxidação; e C<sub>o</sub> a concentração inicial da solução do corante.

#### Resultados e discussão

#### Caracterização superficial do eletrodo $Ti/Ru_{0,3}Ti_{0,4}Sn_{0,3}O_{2}$

As análises do filme de óxido depositado no eletrodo  ${\rm Ti/Ru_{0,3}Ti_{0,4}Sn_{0,3}O_2}$  por  ${\rm MEV}$  mostraram uma morfologia do tipo barro rachado (cracked-mud), conforme a Figura 3.

A Figura 3A mostra uma intensa ocorrência de microfissuras na superfície eletródica, bem como deposição de material particulado, enquanto que na Figura 3B percebe-se uma nítida deposição de crosta sobre a superfície do eletrodo, com a presença de rachaduras micrométricas. Segundo a literatura esta morfologia caracterizada por fendas, fissuras e micro rachaduras confere ao



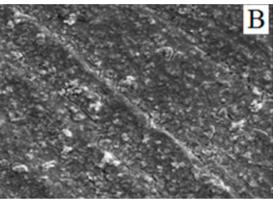


Figura 3 - Micrografias eletrônicas da superfície do anodo de Ti/Ru<sub>0.3</sub>Ti<sub>0.4</sub>Sn<sub>0.3</sub>O<sub>2</sub>. A) aumento de 1000x, B) aumento de 2000x.

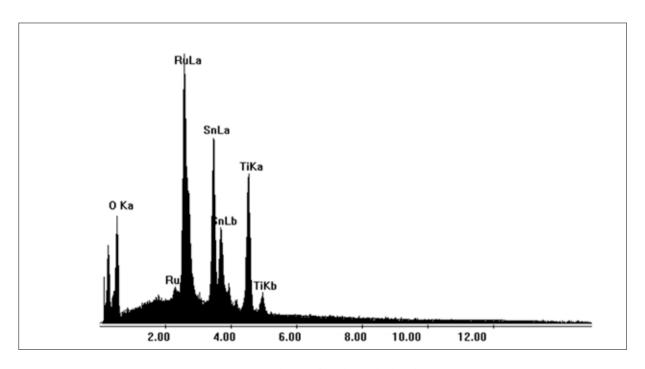


Figura 4 – Espectro EDX da superfície do anodo de Ti/Ru<sub>0.3</sub>Ti<sub>0.4</sub>Sn<sub>0.3</sub>O<sub>2</sub>.

eletrodo uma elevada área superficial, o que favorece os fenômenos eletroquímicos superficiais (LIPP e PLETCHER, 1997; LANZA e BERTAZZOLI, A análise da composição percentual dos óxidos por EDX (Figura 4) mostrou valores de: 31% de RuO<sub>2</sub>, 38% de TiO<sub>2</sub> e 31% SnO<sub>2</sub>, os quais são muito próximos da composição nominal na solução precursora (30% de RuO<sub>2</sub>, 40% de TiO<sub>2</sub> e 30% SnO<sub>2</sub>). A proximidade entre os valores apresentados evidenciam a eficiência do processo utilizado para obtenção do eletrodo em estudo.

#### Cinética de degradação

A cinética de descoloração do corante Acid Red 27 à temperatura ambiente (28°C) nas concentrações investigadas, segundo o modelo de primeira ordem, pode ser observada a seguir na Figura 5.

Na Tabela 1 estão apresentados os valores das eficiências de degradação (%) e constante cinética  $(k_1, \min^{-1})$  relacionada ao modelo de primeira ordem para a degradação da solução aquosa do AR 27 sob diferentes potenciais de eletrólise nas concentrações de 5, 10, 15 e 25 mg/L; e nela se verifica que o potencial de 2,5V apresenta melhor desempenho eletro-oxidativo alcançando eficiências de degradação entre 88 e 94% para todas as concentrações investigadas. Estes valores podem ser considerados muito promissores como alternativa de tratamento ambiental de azo corantes em meio aquoso, uma vez que nesta condição o efluente apresenta ausência de coloração e baixa concentração residual de matéria orgânica, conforme recomendado pela Resolução CONAMA 430/2011 que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento

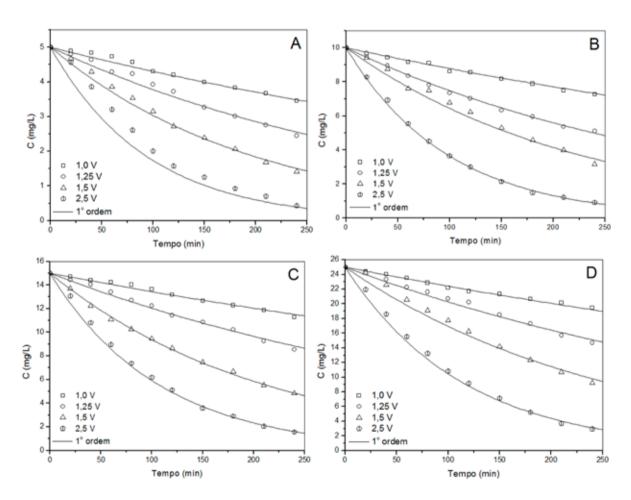


Figura 5 - Perfil cinético de primeira ordem a 28°C para a degradação eletroquímica do corante AR 27 nas concentrações de: 5 mg/L (A), 10 mg/L (B), 15 mg/L (C), 25 mg/L (D) em diferentes potenciais utilizando o anodo de  $Ti/Ru_{0.3}Ti_{0.4}Sn_{0.3}O_{2}$  pH = 6,0; Eletrólito:  $Na_{2}SO_{4}$  0,25 mol/L.

Corante	Eletrodo	Concentração (mg/L)	Potencial (V)	k1 (min-¹)	R²	Degradação (%)
			1,0	0,0015	0,9811	30,8
			1,25	0,0028	0,9806	51,1
		5	1,5	0,0051	0,9915	71,7
			2,5	0,0095	0,9871	93,5
			1,0	0,0013	0,9912	27,2
		10	1,25	0,0029	0,9953	48,9
		10	1,5	0,0044	0,9842	68,3
AR 27	Ti/Du Ti So O		2,5	0,0101	0,9984	90,9
AR 27	Ti/Ru <sub>0,3</sub> Ti <sub>0,4</sub> Sn <sub>0,3</sub> O <sub>2</sub>	15	1,0	0,0011	0,9842	24,9
			1,25	0,0022	0,9909	43,1
			1,5	0,0047	0,9984	67,7
			2,5	0,0093	0,9973	89,6
			1,0	0,0011	0,9929	22,2
		25	1,25	0,0021	0,9849	41,2
			1,5	0,0039	0,9853	63,1
			2,5	0,0087	0,9951	88,1

Tabela 1. Eficiências de degradação (%) e parâmetros cinéticos a  $28^{\circ}$ C para a degradação eletrocatalítica do corante AR 27 sob anodo de  $Ti/Ru_{0,3}Ti_{0,4}Sn_{0,3}O_2$  em diferentes concentrações iniciais do corante e sob diferentes potenciais de eletrólise. pH = 6,0; Eletrólito:  $Na_2SO_4$  0,25 mol/L.

maio-agosto 2014 | nº195 Revista DAE | **55** 

de efluentes, em seu Art. 3º determina que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após devido tratamento e desde que obedeçam às condições padrões de exigências dispostos nesta resolução e em outras normas aplicáveis (CONAMA 430/2011). Embora a resolução não estabeleça limite de cor para descarte de efluente, o Capítulo II, Art. 5°, § 2º estabelece que para os parâmetros não incluídos, os padrões de qualidade a serem obedecidos são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado.

Quanto aos potenciais mais baixo de 1,0 e 1,25V mostraram baixa performance eletrocatalítica com percentuais de remoção de corante inferiores a 52%.

Do ponto de vista cinético, em geral o modelo de primeira ordem apresenta elevados coeficientes de correlação ( $R^2 > 0.981$ ) justificando um mecanismo reacional controlado pela quantidade de radicais hidroxil (\*OH) gerados durante a eletrólise na superfície do anodo de  $Ti/Ru_{0.3}Ti_{0.4}Sn_{0.3}O_2$ , (NEPPOLIAN *et al.*, 2002, WU *et al.*, 2004) haja visto que para a mesma concentração inicial de corante estudada as eficiências degradativas são praticamente as mesmas apresentando uma diferença máxima de 10% de remocão entre 5 e 25 mg/L.

Experimentalmente, os valores das constantes cinéticas de primeira ordem (k<sub>1</sub>) mostram uma cinética mais favorável com a diminuição da concentração na faixa de valores investigados para o corante AR 27 devido ao efeito

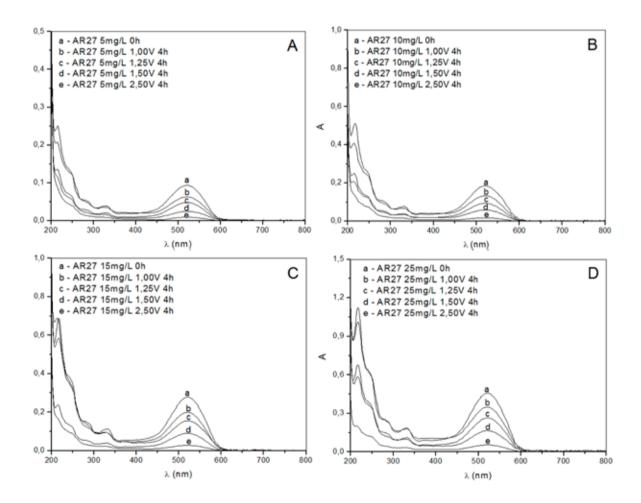


Figura 6 – Espectros de absorção molecular UV-Vis da solução residual de AR 27 após 4h de tratamento eletrooxidativo a 28°C sobre anodo de  $Ti/Ru_{0.3}Ti_{0.4}Sn_{0.3}O_{2}$ , pH = 6,0; Eletrólito:  $Na_{2}SO_{4}$  0,25 mol/L.

de absorção de menor quantidade de radicais frente ao excesso estequiométrico da molécula orgânica (NÚÑES et~al., 2007). Adicionalmente a cinética é mais rápida com o aumento do potencial de eletrólise, na faixa de valores investigados o que está em conformidade com estudos anteriores de Yang et~al., (2009). Resumidamente para o efeito do potencial Os valores de  $k_1$  (min-1), independente da concentração aplicada, seguiram a ordem: 2.5V > 1.5V > 1.25V > 1.0V.

A Figura 6 apresenta os espectros de absorção molecular do azo corante AR 27 para o tratamento eletrocatalítico sob as diferentes condições de concentração e potenciais aplicados.

Na Figura 6 observa-se o decaimento das bandas de absorção molecular em 220 e 350nm, características dos grupos benzênicos e naftênicos, o que evidencia uma apreciável degradação/mineralização da molécula do corante. Em termos analíticos foram identificados por cromatografia de íons (resultados não apresentados) espécies como: formato, acetato, maleato, nitrato, carbonato e sulfato no efluente final pós-tratamento eletroquímico. Quanto à descoloração do corante, à medida que o potencial de eletrólise aumenta constata-se um expressivo decaimento da banda cromófora a 520nm característico do azo corante AR 27.

#### Conclusões

Para o azo corante estudado, o AR 27, o tratamento eletrocatalítico com anodo de Ti/  $Ru_{0.3}Ti_{0.4}Sn_{0.3}O_2$  mostrou-se muito promissor atingindo eficiências de degradação acima de 88% para um potencial aplicado de 2,5V.

Para a descoloração/degradação do corante em estudo observa-se um aumento da eficiência oxidativa com o incremento do potencial de eletrólise na faixa de 1 a 2,5V, conforme verificado a partir do decaimento intenso das bandas de absorção a 280, 350 e 520nm para os ensaio de eletro-oxidação nas diferentes concentrações iniciais de corante aplicadas (5 a 25 mg/L).

Considerando que os corantes azos quando degradados por processos convencionais geram produtos potencialmente tóxicos e carcinogênicos, técnicas de tratamento de efluentes que removam tais poluentes de modo seguro e

ambientalmente adequados devem ser melhor estudados. Em geral, os bons resultados de atividade catalítica encontrados, evidenciam a técnica eletroquímica com anodo dimensionalmente estável de Ti/Ru<sub>0,3</sub>Ti<sub>0,4</sub>Sn<sub>0,3</sub>O<sub>2</sub> como alternativa de tecnologia interessante para o tratamento ambiental em sistemas aquosos contendo contaminantes tipo azo corantes.

#### Referências

ALVES, V. A.; SILVA, L. A.; BOODTS, J. F. C.; TRASATTI, S. Kinetics and mechanism of oxygen evolution on  $IrO_2$ -based electrodes containing Ti and Ce acidic solutions. Electrochimica Acta, v. 39, n. 11-12, p. 1585-1589, 1994.

ABRAHAM, T. E., SENAN, R. C., SHAFFIQU, T. S. Bioremediation of textile azo dyes by an aerobic bacterial consortium using a rotating biological contactor. Biotechnology Progress, v. 19, p. 1372-1376, 2003.

ARNOLD, R. L. Dyes and Pigments. New Research, 1st ed, Nova Science Publishers, 2010.

BRASIL - Resolução CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente) Nº 430/2011 - www.mma.gov.br/port/conama - acesso em 14/10/2013.

CHELLAMMAL, S.; KALAISELVI, P.; GANAPA-THY, P.; SUBRAMANIAN, G. Anodic incineration of phthalic anhydride using RuO<sub>2</sub>-IrO<sub>2</sub>-SnO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> coated on Ti anode. Arabian Journal of Chemistry, 2012. http://dx.doi.org/10.1016/j. arabjc.2012.04.030.

COMNINELLIS, C. Electrocatalysis in the electrochemical conversion/combustion of organic pollutants for waste water treatment. Electrochimica Acta, v. 39, n. 11-12, p. 1857-1862, 1994.

DOS SANTOS, P. K.; FERNANDES, K. C.; DE FARIA, L. A.; DE FREITAS, A. C.; DA SILVA, L. M. Descoloração e degradação do azo corante vermelho grlx-220 por ozonização. Química Nova, v. 34, n. 8, p. 1315-1322, 2011.

SONI, B. D.; PATEL, U. D.; RUPARELIA, J. P. Effects of  $\text{Ti/RuO}_2\text{-SnO}_2\text{-Sb}_2\text{O}_5$  electrode for decontamination of dyes from wastewater. Institute of Technology, Nirma University, Ahmedabad-382 481, 08-10 december 2011.

FORTI, J. C.; OLIVI P.; DE ANDRADE A. R. Ele-

trochemical behavior of ethanol oxidation on a Ti/Ru<sub>0.3</sub>Ti<sub>(0.7-x)</sub>Sn<sub>x</sub>O<sub>2</sub> eletrode: The role of experimental parameters in the selectivity of the products. Journal of the Eletrochemical Society, v. 150, n. 4, p. E222-E226, 2003.

FÓTI, G.; GANDINI, D.; COMNINELLIS, Ch. Anodic oxidation of organics on thermally prepared oxide electrodes. Current Topics in Eletrochemistry. v. 5, p. 71-91, 1997.

KARIYAJJANAVARA, P.; JOGTTAPPAA, N.; NAYAKAB, Y. A. Studies on degradation of reactive textile dyes solution by electrochemical method. Journal of Hazardous Materials, v. 190, p. 952-961, 2011.

KIM, I-H.; KIM, K-B. Ruthenium oxide thin film electrodes for super capacitors. Eletrochemical and Solid-State Letters, v. 2, p. 359-361, 1999.

KINOSHITA, E.; INGMAN, F.; EDWALL, G.; GLAB, S. An examination of the palladium--palladium oxide system and its utility for pH--sensing electrode. Eletrochimica Acta. v. 31, p. 29-38,1986.

LANZA, M. R. V.; BERTAZZOLI, R. Selection of a commercial anode oxide coating for electro--oxidation of cyanide. Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 13, n. 3, p. 345-351, 2002.

LASSALI, T. A. F.; BOODTS, J. F. C.; TRASATTI, S. Electrocatalytic Activity of the ternary oxide  $Ru_{0.3}Pt_{v}Ti_{(0.7,v)}O_{2}$  for chlorine evolution. Electrochimica Acta, v. 39, n. 11-12, p. 1545-1549, 1994.

LIPP, L.; PLETCHER, D. The preparation and characterization of tin dioxide coated titanium electrodes. Electrochimica Acta, v. 42, n. 7, p. 1091-1099, 1997.

MARTÍNEZ-HUITLE, C. A.; BRILLAS, E. Decontamination of wastewaters containing synthetic organic dyes by electrochemical methods: A general review. Applied Catalysis B: Environmental, v. 87, p.105-145, 2009.

NEPPOLIAN, B.; CHOI. H. C.; SAKTHIVEL, S.; ARABINDOO, B.; MURUGESAN, V. Solar light induced and TiO2 assisted degradation of textile dye reactive blue 4. Chemosphere v. 46, p. 1173-1181, 2002.

NOGUEIRA, M. I. C. Tratamentos adsortivos e

de oxidação avançada de fenol, 2-nitrofenol e 4-nitrofenol em solução aguosa. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Hidraúlica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, 175p, 2009.

NÚÑES. L.: GARCÍA-HORTAL, A.; TORRADES, F. Study of kinetic parameters related to the decolourization and mineralization of reactive dyes from textile dyeing using Fenton and photo-Fenton processes. Dye and Pigments, v.75, p. 647-652, 2007.

PAN, X.; USHIO, H.; OHSHIMA, T. Effects of molecular configurations of food colorants of their efficacies as photosensitizers in lipid oxidation. Food Chemistry, v. 92, p. 37-44, 2005.

PANIZZA, M.; BOCCA, C.; CERISOLA, G. Electrochemical treatment of wastewater containing polyaromatic organic pollutants. Water Research, v. 34, n. 9, p. 2601-2605, 2000.

PANIZZA, M.; CERISOLA, G. Electrochemical processes for the treatment of organic pollutants. Advances in Chemistry Research, v. 2, p. 31-38, 2006.

PARSA, J. B.; GOLMIRZAEI, M; ABBASI, M. Degradation of azo dye C.I. Acid Red 18 in aqueous solution by ozone electrolysis process. Journal of Industrial and Engineering Chemistry (2013), http://dx.doi.org/10.1016/j. jiec.2013.05.034.

RAJESHWAR, K.; IBBANEZ, J. G. Environmental Eletrochemistry. Academic Press. London. 1996, 776p.

SOLIS M.; SOLIS A.; PEREZ H. I.; MANJARREZ, N.; FLORESA M. Microbial decolouration of azo dyes: A review. Process Biochemistry, v. 47, p. 1723–1748, 2012.

TEREZO, A. J.; PEREIRA, E. C. Preparation and characterization of Ti/RuO2 anodes obtained by sol-gel and conventional routes. Materials Letters, v. 53, p. 339-345, 2002.

TORRES, R. A.; TORRES, W.; PERINGER, P.; PULGARIN, C. Electrochemical degradation p--substituted phenols of industrial interest on Pt electrodes. Attempt of a structure -reactivity relationship assessment. Chemosphere, v.50, p.97-104, 2003.

TRASATTI, S. Eletrochemistry and environ-

ment: the role of eletrocatalysis. International Journal of Hyidrogen Energy, v.20, p.835-844, 1995.

WU Z.; JOO, H.; AHN, I. S.; HAAM, S.; KIM, J-H., LEE, K. Organic dye adsorption on mesoporous hybrid gels. Chemical Engineering Journal, v. 112, p. 277-282, 2004.

#### SOBRE OS AUTORES

#### Maria Lucimar Maranhão Lima\*

Engenheira Química pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará. Doutoranda em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará/Pós-Graduação em Engenharia Civil/Saneamento Ambiental.

#### Ana Carine de Sousa Monte

Tecnóloga em Processos Químicos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

#### Bárbara Costa Albuquerque

Tecnóloga em Processos Químicos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

#### Maria Ionete Chaves Nogueira

Química Industrial pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Química Inorgânica pela Universidade Federal do Ceará. Doutora em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará.

#### Marisete Dantas de Aquino

Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará, Doutora em Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela École des Hautes Études en Sciences Sociales de Paris.

#### Rinaldo dos Santos Araújo

Químico Industrial pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Doutor em Química pela Universidade Federal do Ceará.

\*Endereço: Universidade Federal do Ceará – Campus do Pici – Fortaleza-Ceará. Departamento de Engenharia Hidraúlica e Ambiental.

Tel.: 3366-9623.

E-mail: lucimar@ifce.edu.br

### Geração de metano e de créditos de carbono no tratamento de esgotos sanitários

#### Methane and carbon credit generation in sanitary wastewater treatment

Aline Pereira Lima | Nemésio Neves Batista Salvador

Data de entrada: 27/01/2012 | Data de aprovação: 14/01/2014

DOI: http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.121

#### Resumo

O conceito dos créditos de carbono surgiu a partir da conscientização para a necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) a fim de combater o agravamento do aquecimento global, discutido e formalizado no Protocolo de Quioto. A emissão de GEE acontece devido a diversas atividades, sendo que nas estações de tratamento de esgotos (ETEs), por exemplo, a geração do gás estufa metano (CH<sub>4</sub>) por processos biológicos pode ser significativa.

Este trabalho apresenta uma estimativa da produção de CH<sub>4</sub> nos processos mais usuais de tratamento biológico de esgotos no Brasil e sua representatividade em termos de créditos e valor monetário, com base nos métodos e procedimentos do IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006). Os resultados mostram que o volume de CH<sub>4</sub> emitido por processos anaeróbios, como lagoas e reatores anaeróbios é relevante. Dentre eles, verifica-se que a substituição de sistemas abertos por processos aeróbios representa o maior potencial de obtenção de créditos, podendo alcançar preços de R\$1.900,00/1000 pessoas atendidas/ano. Essa possibilidade de obtenção de créditos de carbono, provenientes do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), pode contribuir para amortizar parte dos custos de implementação das estações de tratamento de esgotos, bem como estimular a sua modernização.

Palavras-chave: Créditos de carbono; metano; Processos biológicos de tratamento de esgoto sanitário.

#### **Abstract**

The concept of carbon credits came from the awareness of the need to reduce emissions of greenhouse gases (GHGs) in order to combat the worsening of global warming, discussed and formalized in the Kyoto Protocol. The GHG emission is due to several activities and in wastewater treatment plants (WTPs), for example, the generation of greenhouse gas methane (CH<sub>s</sub>) by biological processes can be significant.

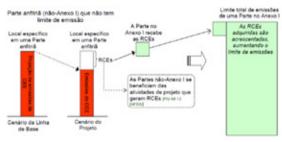
This paper presents an estimate of the production of CH<sub>A</sub> in the most usual processes of biological treatment of wastewater in Brazil and its representation in terms of credit and monetary value, based on the methods and procedures of the IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006). The results show that the amount of CH, emitted by anaerobic processes such as anaerobic lagoons and is relevant. Among them, it appears that the replacement of open systems by aerobic processes represents the greatest potential for obtaining credits, which can reach prices of R\$ 1900.00/1000 customers/year. The possibility of obtaining carbon credits from the Clean Development Mechanism (CDM), can contribute to amortize part of the implementation costs of the sewage treatment plants and stimulate its upgrading.

Key-words: Carbon credits; methane; biological treatment process of sanitary wastewater.

\*Curriculum dos autores - ver página 70

#### Introdução

Diante da problemática das mudanças climáticas, discussões vêm ocorrendo em âmbito científico e político, culminando em uma série de programas e conferências, entre os quais o Protocolo de Quioto. Este criou três mecanismos para reduzir as emissões de carbono, sendo que um deles se refere diretamente aos países em desenvolvimento: o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Por meio dele, cada tonelada de carbono (ou unidade de Redução Certificada de Emissões-RCE) que deixe de ser emitida em um país em desenvolvimento ou parte anfitria (não listado no Anexo I do Protocolo de Quioto) pela adoção de novas tecnologias, poderá ser negociada com os países industrializados (integrantes do Anexo I) e usada como forma de cumprirem suas metas de redução de emissões, determinadas em Quioto (FGV, 2002). Este mecanismo está ilustrado na Figura 1.



Fonte: MCT (2009b).

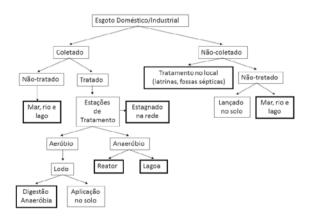
Figura 1 – Princípios do MDL para obtenção de RCEs.

Como mostra a Figura 1, a RCE pode ser gerada a partir da diferença de emissões entre um cenário inicial (Linha de Base) e o cenário de atividade com o projeto já implementado. Não obstante, o MDL foi criado com o objetivo de fomentar o desenvolvimento sustentável mediante transferência de tecnologia e incentivo a um novo padrão de desenvolvimento com base na conciliação entre crescimento econômico, inclusão social e respeito ao meio ambiente.

É importante destacar que o aquecimento global é um fenômeno natural, causado pela concentração de gases do efeito estufa na atmosfera da Terra. Esses gases são produzidos também pela queima de combustíveis fósseis em usinas termoelétricas, indústrias, veículos, atividades agro-pastoris, tratamento e disposição de resíduos. Este incremento de origem antrópica perturba o balanço natural dos gases e têm agravado o efeito estufa (IPCC, 1996).

Nesse sentido, os gases estufa dióxido de carbono  $(CO_2)$ , metano  $(CH_4)$  e óxido nitroso  $(N_2O)$  são os mais emitidos por atividades antrópicas atualmente em termos de volume: 77%, 14% e 8%, respectivamente (IPCC, 2007). Suas principais fontes globais são as atividades relacionadas à geração de energia e ao transporte - 26% e 13% do total de emissões respectivamente, ao passo que a contribuição do setor de resíduos (que contempla o tratamento de esgoto) é de 3% (IPCC, 2007).

A fonte de geração de GEE explorada neste trabalho é o tratamento de esgoto, cujo objetivo é remover substâncias indesejáveis ou transformá--las em outras de forma aceitável. Metcalf & Eddy (2003) define que os métodos de tratamento nos quais há predominância de forças físicas são conhecidos como operações unitárias; enquanto que os métodos em que a remoção de contaminantes é provocada por reações químicas ou biológicas são denominados processos unitários. Assim, todos eles buscam degradar matéria orgânica e remover DBO--Demanda Bioquímica de Oxigênio e DQO-Demanda Química de Oxigênio. A remoção de poluentes visa adequar o lançamento a uma qualidade desejada ou a um padrão de qualidade estabelecido por legislação e está relacionada aos conceitos de nível e eficiência do tratamento (VON SPERLING, 1996). Os processos de tratamento mais empregados no Brasil e que são possíveis emissores de gases são mostrados na Figura 2 nos itens em destaque.



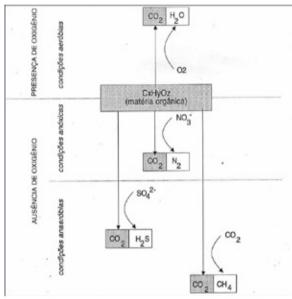
Fonte: MCT (2009b).

Figura 2 – Fluxos de esgoto, sistemas de tratamento com emissões potenciais de CH4. Fonte: IPCC (2000).

A Figura 2 destaca os métodos biológicos: reatores anaeróbios, lagoas anaeróbias e sistemas sépticos, além de lançamento em corpos d'água que

caracteriza destinação final. Segundo Von Sperling (1996), o tratamento biológico de esgotos é uma imitação de processos que ocorrem normalmente na natureza, conhecidos como autodepuração. Portanto, o tratamento biológico de esgotos resume--se a atividade de microrganismos, principalmente bactérias, que se alimentam da matéria orgânica dos próprios resíduos. Nesse processo metabólico, diversos produtos são gerados, dentre eles, os GEE.

Essa decomposição pode ocorrer por meio de três rotas: aeróbia, anóxica e anaeróbia (ilustradas na Figura 3).



Fonte: Lubberding (1995) citado em Von Sperling (1996).

Figura 3 - Principais rotas de decomposição da matéria orgânica na presença de diferentes aceptores de elétrons.

Nesse sentido, as principais equações para a geração de energia que ocorrem em condições aeróbias, anóxicas e anaeróbias são:

Condições aeróbias:

Equação 1:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$
 (1)

Condições anóxicas - redução de nitratos (desnitrificação)

Ocorrem duas reações, envolvendo a matéria orgânica:

Equação 2:

$$4NO_3^- + 5CH_2O \rightarrow 2N_2 + 3H_2O + 5CO_2 + 4OH^-$$
 (2)

Equação 3 (formação do GEE N<sub>2</sub>O):

$$4NO_3^- + 4CH_2O \rightarrow 2N_2O + 2H_2O + 4CO_2 + 4OH^-$$
 (3)

Condições anaeróbias - redução dos sulfatos (dessulfatação)

Equação 4:

$${\rm CH_{3}COOH + SO_{4}^{\ 2-} + 2H^{\scriptscriptstyle +} \Rightarrow H_{2}S + 2H_{2}O + 2CO_{2}} \quad \ (4)$$

Condições anaeróbias: redução de CO<sub>2</sub> (metanogênese hidrogenotrófica)

Equação 5:

$$4H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O \tag{5}$$

Condições anaeróbias (metanogênese acetotrófica)

Equação 6:

$$CH_{3}COOH \rightarrow CH_{4} + CO_{2}$$
 (6)

Como visto nas reações anteriores, o tratamento de esgotos sanitários emite, em termos de GEE, principalmente CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. No que se refere à emissão de CO<sub>2</sub>, esta pode ser avaliada com base na demanda de energia de uma estação de tratamento de esgotos (IPCC, 2001). Entretanto, neste caso, este gás é definido como biogênico e em tratamento de esgotos não é considerado contribuinte para o efeito estufa, pois não altera desta forma o balanço dos GEEs na atmosfera. Consequentemente, as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes de ETEs não são passíveis de gerar créditos de carbono e, portanto, não fazem parte do escopo do presente trabalho.

A formação do CH, é proveniente de processos de tratamento anaeróbios, nos quais a matéria orgânica é degradada em quatro etapas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogêse. A separação da fração orgânica do esgoto (sob condições anaeróbias) acontece sequencialmente de um composto complexo para um simples, começando com a hidrólise de materiais particulados complexos para polímeros simples como proteínas, carboidratos e lipídeos. Estes são ainda novamente hidrolisados para produzir aminoácidos, acúcares, e ácidos graxos de alto peso molecular. Aminoácidos e acúcares são convertidos também para um subproduto intermediário (por exemplo, ácido propiônico, butírico e outros ácidos voláteis) ou diretamente fermentados para ácido acético. A produção de metano e dióxido de carbono ocorre por meio da clivagem do acetato (CHERNICHARO, 2005).

Já as emissões de óxido nitroso podem ocorrer na forma direta, em estações de tratamento, ou indireta, em águas residuárias lançadas nos corpos d'água. Emissões diretas da nitrificação (via aeróbia) e desnitrificação (via anóxica) em ETEs são consideradas como uma fonte minoritária se comparadas com as indiretas e podem ser apenas de interesse de países que têm avançadas estações de tratamento de esgotos, em grau terciário (IPCC, 2006). Por esta razão, o Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC, 2006) assume que a maior emissão do nitrogênio no setor de esgotos ocorre pela nitrificação e desnitrificação em estuários e rios, ou seja, assume que em geral não há remoção significativa de nitrogênio durante o tratamento secundário em si. Desta maneira, as emissões de N<sub>o</sub>O não são contempladas por este trabalho, pois o lançamento de águas residuárias em corpos d'água é uma forma de disposição final e não um processo de tratamento propriamente dito.

Segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) (2009a), o tratamento de resíduos era em 2005 responsável por 11% (2113 GgCH<sub>4</sub>) da emissão total anual de metano no Brasil (18971 GgCH<sub>2</sub>), enquanto que a contribuição do tratamento de esgotos sanitários era de 2,1% (393 GgCH<sub>4</sub>). Não obstante, no cenário brasileiro, a deficiência no tratamento de esgotos sanitários é um problema que atinge várias áreas: apenas 34,6% do total de esgotos gerados são tratados (MC, 2010). Este setor constitui-se em um instrumento fundamental de promoção do desenvolvimento sustentável nacional e local, com ganhos significativos para a qualidade de vida da população, bem como para a diminuição de despesas e aplicação de recursos financeiros nos sistemas de saúde. Assim, os créditos resultantes de projetos de MDL podem estimular maiores investimentos, buscando-se a universalização do saneamento básico brasileiro. Nesse sentido, o MDL vem ao encontro dessa demanda, de modo a incentivar a instalação e modernização de ETEs, por meio da aquisição de tecnologias mais produtivas e limpas.

Dentro desse contexto, as alternativas tecnológicas para reduzir as emissões de gases estufa no tratamento de esgotos se resumem a três medidas (IPCC, 2006):

- A) Substituição de um processo anaeróbio por um aeróbio. Desta forma, o tratamento passa a ter zero de emissões, se for operado adequadamente.
- B) Introdução de tecnologias de recuperação e queima de metano, como flares, em sistemas existentes de tratamento anaeróbio. Neste caso, o sistema gera dióxido de carbono em vez de metano, e como já dito, o CO, não é contabilizado. Deve-se atentar para a eficiência do queimador, que define qual a parcela do gás sofrerá combustão completa até o produto final (CO<sub>2</sub>).
- C) Introdução de tecnologias de recuperação e queima do biogás para fins energéticos. Esta alternativa tem a peculiaridade de criar uma fonte de energia a partir do biogás, por isso, a obtenção de créditos está atrelada aos requisitos e normas de projeto do setor Energia, e não mais de Resíduos como nas anteriores; exceto se esta for utilizada no tratamento do lodo, situação não contemplada neste trabalho.

Os relatórios e inventários nacionais e regionais têm apontado os volumes das emissões de metano provenientes do tratamento de esgotos sanitários que são elegíveis como projetos de MDL. Estes volumes indicam que existe potencial de redução de geração de GEE. As reduções, por sua vez, são obtidas por meio de alternativas de mitigação, trabalhadas por meio de projetos de MDL, que possuem metodologias de elaboração e desenvolvimento específicas. Há também um ciclo de etapas para a aprovação de projetos e obtenção das RCEs; mais informações a respeito podem ser encontradas no endereço eletrônico do Ministério da Ciência e Tecnologia. Entretanto, na prática, existem apenas quatro projetos de MDL brasileiros registrados no IPCC aplicados a esgotos industriais - todos com a metodologia AMS III.I (IPCC, 1996) e não há nenhum projeto registrado envolvendo esgotos sanitários ou domésticos, também considerando seu desenvolvimento em território nacional. A partir dessa constatação, os

principais processos de tratamento de esgotos sanitários empregados no Brasil foram estudados em termos de emissão de GEE e suas respectivas alternativas de mitigação, a fim de verificar seu potencial de geração de créditos de carbono.

#### Experiências Internacionais

O cenário internacional já apresenta estudos envolvendo quantificação de GEE em processos de tratamento de esgotos sanitários. Alguns deles são resumidos a seguir.

Fadel e Massoud (2001) apresentaram métodos de estimativa usados para determinar a emissão de metano de águas residuárias tendo como exemplo o caso da gestão de efluentes do Líbano. As emissões de CH, do Líbano foram estimadas por meio da metodologia do IPCC (IPCC, 1996, já mencionada neste trabalho) e então comparadas com os resultados obtidos com outros métodos teóricos e experimentais da USEPA, Droste, Orlich e Topark. A metodologia do IPCC pareceu subestimar os resultados do tratamento dos esgotos municipais, o que pode ter acontecido devido a esta usar o valor de DBO para representar a fração orgânica enquanto que outros métodos usam a DQO. A respeito do tratamento de efluentes industriais, os resultados mantiveram-se dentro do intervalo obtido através de outros métodos.

Cakira e Stenstrom (2005) estudaram a emissão de GEE em processos aeróbios e anaeróbios de tratamento de esgotos. As análises mostraram que para esgotos com baixa carga (menor que 300 mg/L DBO) o processo aeróbio emite menor volume de GEE. Caso contrário (altas cargas de DBO) o tratamento anaeróbio é indicado e, o ponto chave depende da eficiência relativa do processo aeróbio. A respeito do CH<sub>4</sub> dissolvido, a recomendação dos autores é usar o tratamento anaeróbio e em seguida um aeróbio, onde ocorrerá a oxidação biológica dessa fração do metano, pois a redução líquida de gases depende dessa reação de oxidação adicional.

Rosso e Stenstrom (2008) analisaram o potencial de sequestro de carbono no tratamento de esgotos municipais. Eles afirmaram que o tratamento adequado dos esgotos municipais pode ser considerado um fator de mitigação do aquecimento global. A análise de dados projetou benefícios para áreas urbanas sem tratamento sanitário e quantificou os atuais benefícios para os locais já abastecidos. Mostrou ainda que a produção mundial líquida de CO<sub>2</sub> pode alcançar 191 ktCO<sub>2</sub>/dia em 2025 resultante da ausência de tratamento nas cidades. Assim, o estudo apontou um grande potencial de expansão do serviço de tratamento bem como de obtenção de créditos de carbono.

Shahabadi et al. (2010), por sua vez, desenvolveram um modelo matemático que possibilita estimar a geração de GEE por um sistema de tratamento de esgoto e determinar a contribuição de processos individuais para emissões on-site e off-site. Ele aponta ainda, entre outros, que a emissão de GEE deverá tornar-se o fator de maior influência na escolha dos processos de tratamento.

Lucas et al. (2007) buscaram a literatura existente para avaliar o potencial de redução a longo prazo dos diferentes GEE não-CO<sub>2</sub> e apresentaram uma metodologia para estender as curvas de projeção de curto prazo para o ano de 2100. A metodologia escolhida utiliza um fator de desenvolvimento tecnológico e amplia ainda mais as curvas usando o potencial máximo de redução e o acompanhamento de custos.

Kampschreur et al. (2009) apresentaram uma revisão bibliográfica a fim de identificar os processos biológicos e as condições-chave dos processos responsáveis pela emissão de N<sub>2</sub>O. A análise da literatura permitiu a identificação dos parâmetros operacionais mais importantes líderes na emissão de N<sub>2</sub>O em ETEs: (i) baixa concentração de oxigênio dissolvido (OD) nas etapas de nitrificação e desnitrificação, (ii) aumento das concentrações de nitrito em ambas as etapas de nitrificação e desnitrificação e, (iii) baixa taxa de DQO/N na etapa de desnitrificação. Segundo Kampschreur et al. (2009), a literatura não está clara sobre se os microrganismos da nitrificação e desnitrificação são a principal fonte de emissão de N<sub>2</sub>O. Estratégias operacionais para evitar as emissões de N<sub>2</sub>O de ETEs são discutidas e as áreas que necessitam de pesquisa são identificadas.

#### Procedimentos metodológicos

A seguir são apresentados os procedimentos metodológicos para estimar a produção desses gases no setor utilizando como base o método do IPCC (IPCC, 2006) e as recomendações da United States Environmental Protection Agency (USEPA, 2010). Este método foi o adotado, pois permite que os países adaptem a abordagem da estimativa mais precisamente para seus processos de tratamento. Isto é possível devido à variável Fator de Conversão do Metano (Methane Conversion Factor - MCF), que representa o potencial de geração de CH, em diferentes sistemas de manejo de águas residuárias. Além disso, o método faz uso de variáveis que são facilmente encontradas e disponíveis na maioria dos países.

As emissões de CH, do tratamento dos esgotos sanitários foram estimadas por meio das Equações 7, 8, 9 10 seguintes, cujas variáveis e valores adotados estão na Tabela 1.

Eguação 7: Emissões de metano pelo tratamento de efluentes sanitários.

$$CH_4 Emissions = (TOW_{dom} \times EF) - R$$
 (7)

Equação 8: Estimativa do efluente doméstico orgânico total.

$$TOW_{dom} = Pop_{urb} \times D_{dom}$$
 (8)

Equação 9: Fator de emissão.

$$EF = B_o x M\'{e}diaponderadadosMCF$$
 (9)

Equação 10: Média ponderada dos MCFi.

$$MCF_i = \sum_{x} (WS_{i,x} xMCF_x)$$
 (10)

A seguir, efetuou-se a conversão para tCO<sub>2</sub>e dos resultados anteriores baseado no Potencial para Aquecimento Global - PAG do gás metano. Isto permitiu uniformizar os dados, para sua comparação, discussão e soma, e indicar o total de CO<sub>2</sub> equivalente produzido pelos processos de tratamento de esgoto.

Assim, a Equação 11 foi utilizada para estimar as emissões de GEE de cada um dos processos de tratamento de esgotos sanitários em termos de tCO<sub>2</sub>e, para uma comunidade de 1000 habitantes, tomada como exemplo.

Equação (11): Emissões de CO2e do tratamento de esgotos sanitários.

$$CO_2$$
eEmissions = (21xCH<sub>4</sub>Emissions)  
+(310xN<sub>2</sub>OEmissions) (11)

O tipo de processo "x" e o arranjo de tratamento foram selecionados a partir dos trabalhos da CETESB (2010) e de Salvador (2010).

VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	VALOR	UNIDADE
CH₄Emissions	Quantidade de metano gerada ao ano	a calcular	tCH <sub>4</sub> /ano
TOW <sub>dom</sub>	Efluente doméstico orgânico total	a calcular	kgDBO/ano
EF	Fator de emissão	a calcular	kgCH₄/kgDBO
R	CH₄ recuperado ao ano	a calcular	kgCH <sub>4</sub> /ano
Pop <sub>urb</sub>	População urbana atendida	1000	pessoas
$D_{dom}$	Componente orgânico degradável do efluente doméstico	19,71 NBR12209/92 (ABNT, 1992)	kgDBO/1000pessoas/ano
$B_o$	Capacidade máxima de produção de metano	0,60 (default IPCC)	kgCH <sub>4</sub> /kgDBO
WS <sub>i,x</sub>	Fração do efluente do tipo "i" tratada usando o processo "x"	a calcular	adimensional
MCF,	Fator de conversão de metano do pro- cesso "x" tratando o efluente "i"	Tabela 2	adimensional

Fonte: Adaptado de CETESB (2010) e IPCC (2006).

Tabela 1. Variáveis para quantificação das emissões de metano.

Neste sentido, o valor R foi considerado apenas para reatores anaeróbios e digestores anaeróbios de lodos ativados, que contêm sempre um queimador, pois essa é a prática verificada no Brasil de acordo a CETESB (2010). Dessa forma, adotou-se que 100% do metano dessas instalações é recuperado e queimado por flares, cuia eficiência é de 50%. Além disso, foi adotado o valor 21 (adimensional) para o PAG do metano, e para os fatores de conversão de metano de cada um dos processos tratando efluente serão usados os default do IPCC (2006), mostrados na Tabela 2.

Por fim, realizou-se a conversão das RCEs para o valor monetário através da multiplicação do preço unitário da tonelada de carbono pelo total de emissões de cada processo. Adotou-se a cotação de carbono €4,19/tCO₂e e o valor do Euro de R\$2,35, divulgados respectivamente pela Bolsa do Clima Européia ou ECX - European Climate Exchange (https:// www.theice.com/productguide/ProductGroupHierarchy.shtml?groupDetail=&group.groupId=19) e BM&FBOVESPA - Bolsa de Valores de São Paulo e Bolsa de Mercadorias & Futuros (http://www.bmfbovespa.com.br), relativos ao dia 5 de janeiro de 2012.

Equação 12: Valor monetário relativo às emissões de CO<sub>2</sub>e de cada processo.

$$Valor = CO_2 eEmissionsx2,35x4,19$$
 (12)

#### Resultados e discussão

Os resultados das emissões podem ser vistos na Tabela 2.

A partir dos dados da Tabela 2 pode-se notar que a lagoa anaeróbia, a fossa séptica, os reatores anaeróbios e os digestores anaeróbios de lodo (do sistema de lodos ativados) foram os líderes em termos de emissões de metano, alcançando valores superiores a quatro toneladas por mil pessoas por ano. Isto possivelmente devido à condição na qual esses processos ocorrem: anaerobiose.

A produção de metano na fossa séptica foi um pouco menor que a das lagoas anaeróbias provavelmente devido à ocorrência predominante do fenômeno da decantação (ação física) no efluente tratado pela fossa. Sendo os tangues sépticos, reatores de fluxo horizontal, e tendo lodo passivo em relação à fase líquida, o processo biológico

PROCESSO	MCF,	EmissõesCH <sub>4</sub>
Unidade de medida	adimensional	tCH₄/ 1000 pessoas/ano
Tanque Séptico (TS)	0,5	5,9
Reator Anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (RAFA)	0,8	4,7
Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC)	0,8	4,7
Lagoa Anaeróbia (profundidade maior que 3 metros) (Lan)	0,8	9,5
Lagoa Facultativa (profundidade menor que 2 metros) (Lfac)	0,2	2,4
Lagoa Aerada Facultativa (profundidade maior que 2 metros) (LaerF)	0,2	2,4
Lagoa Aerada (profundidade maior que 2 metros) (LAer)	0,1	1,2
Lodos Ativados Convencional (Digestor de Lodo) (LAC(DL))	0,8	4,7
Lodos Ativados Convencional (Tanque de Aeração sobrecarregado) (LAC(TA))	0,3	3,5
Lodos Ativados por Aeração Prolongada (Digestor de Lodo) (LAAP(DL))	0,8	4,7
Lodos Ativados por Aeração Prolongada (Tanque de Aeração sobrecarregado) (LAAP(TA))	0,3	3,5
Lodos Ativados por Batelada (Digestor de Lodo) (LAB(DL))	0,8	4,7
Lodos Ativados por Batelada (Tanque de Aeração sobrecarregado) (LAB (TA))	0,3	3,5

Tabela 2. Valores de MCF e estimativa da produção de metano.

que ocorre no esgoto é menos significativo, consequentemente, a produção de gases é menor. Entretanto, destaca-se que o fato de a emissão dos digestores e reatores (anaeróbios) ser menor entre os processos anaeróbios está relacionado à existência de um queimador, que captura parte desse gás (metano recuperado-*R*), prática verificada no Brasil.

Quanto à produção de metano no tanque de aeração de lodos ativados, considerou-se para a estimativa, um cenário no qual o sistema é mal operado e/ou a ETE encontra-se sobrecarregada. Desta forma, o oxigênio foi consumido totalmente no processo aeróbio, criando condições anaeróbias no tanque e produzindo 3,5 tCH $_4$ /1000pessoas/ano ou quase 75 tCO $_2$ e/1000pessoas/ano como exibido na Figura 4.

Afigura 4 mostra que as lagoas aeradas são as menores emissoras de GEE (1,2 tCH<sub>4</sub>/1000 pessoas/ano ou 25 tCO<sub>2</sub>e/1000 pessoas/ano), seguidas das lagoas facultativas (2,4 tCH<sub>4</sub>/1000 pessoas/

ano ou quase 50 tCO<sub>2</sub>e/1000pessoas/ano), mesmo sem existir qualquer tipo de captura de gases associado a esses sistemas.

As emissões de metano das lagoas anaeróbias (em CO<sub>2</sub>e) foram elevadas em relação a contribuição dos demais processos de lagoas de estabilização. Entretanto, deve-se considerar o uso de associações desses processos.

Um aspecto relevante é o fato de que as emissões do tanque de aeração e do digestor de lodo do sistema de lodos ativados são tratadas separadamente. Assim, o arranjo usual lodo ativado e digestor deve produzir um volume de gás diferente da soma das parcelas calculadas neste trabalho. Isto porque as unidades funcionam sequencialmente, de maneira a mudar a carga orgânica afluente no digestor de lodo. Portanto, recomenda-se o estudo das emissões para os principais arranjos de processos de tratamento usualmente empregados.

A partir do total de toneladas de carbono equivalente emitidas, escolheu-se para cada

#### Emissões de CO2e (tCO2e/1000pessoas/ano)

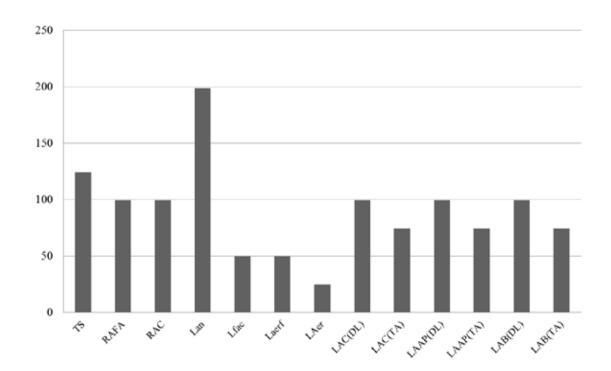


Figura 4 – Emissões de CO<sub>2</sub>e (tCO<sub>2</sub>e/1000pessoas/ano) nos processos de tratamento de esgoto.

processo uma alternativa tecnológica e calculou-se o número de RCEs (toneladas que deixam de ser geradas) e seu respectivo valor em dinheiro (Tabela 3). É relevante lembrar que se trata de um cálculo simplificado, pois existem metodologias e exigências específicas (ciclo de projeto) para cada caso de substituição ou adição de tecnologia. Optou-se neste trabalho por uma abordagem geral a fim de mostrar o potencial do setor de tratamento de esgoto.

Para o cálculo de RCEs geradas, sabendo que cada tonelada de carbono corresponde a um certificado, adotou-se o volume de emissões em números inteiros, e sobre eles calculou--se o valor em dinheiro baseado na cotação do carbono.

De acordo com a Tabela 3, quatro processos foram escolhidos para serem substituídos por métodos aeróbios (alternativa "A"): tanque séptico (TS), lagoa anaeróbia (Lan), lagoa facultativa (Lfac) e lagoa aerada facultativa (Laerf). Isto porque, estes são sistemas abertos que não permitem recuperação de gás. Assim, os projetos reduziriam suas emissões a zero e conseguiriam, cada um, preços entre R\$ 500/1000pessoas/ano no caso das fossas sépticas e R\$1950 por milhar de pessoas atendidas ao ano para lagoas anaeróbias.

Aos reatores e digestores de lodo anaeróbios (RAFA, LAC(DL), LAAP(DL) e LAB(DL)), a sugestão seria a introdução de queimadores (alternativa de mitigação "B"). Esta prática já é verificada com frequência no Brasil com uso de equipamentos com eficiência de 50%. Portanto, para este cenário, recomendou-se melhorar a eficiência para a máxima (próxima a 100%) produção de CO<sub>2</sub>. Porém, dado que o MDL é um instrumento adicional e o Protocolo de Quioto prioriza medidas internas de redução de emissão de GEE, esta medida tem poucas possibilidades de gerar créditos. Consequentemente o cálculo da geração de RCEs e seu valor monetário não foi aplicado.

Os demais processos (Lagoa Aerada - Laer e os tanques de aeração das três variações de Lodos Ativados - LAC(TA), LAAP(TA) e LAB(TA)) são aeróbios, entretanto, sob más condições de funcionamento e manutenção podem gerar GEE.

PROCESSO	Alternativa de mitigação	RCEs geradas	Valor monetário
Unidade de medida			R\$/1000pessoas/ano
TS	Α	124	1220,966
RAFA	В	-	-
RAC	В	-	-
Lan (profundidade maior que 3 metros)	Α	198	1949,607
Lfac (profundidade menor que 2 metros)	А	49	482,4785
Laerf (profundidade maior que 2 metros)	А	49	482,4785
Laer (profundidade maior que 2 metros)	*	-	-
LAC(DL)	В	-	-
LAC(TA)	*	-	-
LAAP(DL)	В	-	-
LAAP(TA)	*	-	-
LAB(DL)	В	-	-
LAB(TA)	*	-	-

As letras "A", "B" são relativas às medidas de mitigação expostas na seção de Revisão Bibliográfica. A alternativa "C" não entrou no escopo pois, como dito anteriormente, os créditos gerados neste caso pertencerão ao setor Energia porque este trabalho não analisa o tratamento do lodo.

Tabela 3. Resultados do cálculo de RCEs e seu respectivo valor monetário.

<sup>\*</sup>Para estes casos não se propões uma mudança de tecnologia, mas o aprimoramento, otimização de processos e manutenção a fim de alcançar máxima eficiência do sistema.

Por isso, recomendou-se apenas melhora dos procedimentos de revisão, monitoramento de indicadores e elevação dos níveis de eficiência. Todavia, este caso também não caracteriza adição ou substituição de tecnologia de projetos de MDL, mas sim boas práticas de manutenção, e assim não é pertinente o cálculo das RCEs.

As duas últimas situações discutidas não se enquadram nos princípios do mecanismo e, portanto dificilmente serão capazes de gerar RCEs. Desta forma, acredita-se que o potencial de obtenção de créditos de carbono do setor de tratamento de esgotos concentra-se na substituição de sistemas anaeróbios por aeróbios (alternativa "A"). Uma medida interessante e pouco explorada no Brasil tem sido praticada nos países desenvolvidos. Trata-se do uso da energia resultante de processos anaeróbios (queima do biogás) para suprir a demanda energética do metabolismo aeróbio, tornando sustentáveis as associações anaeróbio-aeróbio.

Além disso, é importante salientar que a proposição das alternativas de mitigação foi feita com base em apenas um parâmetro: a emissão de GEE. Todavia, existem outros critérios como área, custo e consumo energético que influenciam na tomada de decisão sobre o processo de tratamento de esgoto a ser implantado em cada caso.

#### Conclusões

O tratamento de esgotos sanitários é imprescindível na busca do desenvolvimento sustentável e o MDL pode permitir a viabilização econômica de infraestruturas e instalações para o saneamento por meio de créditos de carbono. Portanto, os gestores de recursos hídricos devem atentar e promover projetos na área.

Sob essa perspectiva este estudo buscou analisar esse potencial através da estimativa de geração de GEE nos processos de tratamento mais usuais e também de créditos de carbono. Os resultados mostraram que sistemas anaeróbios e abertos (lagoas e tanques sépticos) são maiores emissores de GEE e consequentemente tem maior relevância no contexto dos créditos de carbono. Em se tratando de sistemas fechados (reatores anaeróbios) existem tecnologias de recuperação e queima de gases, como flares, que minimizam esse dano, já frequentemente adotadas no Brasil. Por isso,

verificou-se que o potencial inexplorado de obtenção de RCEs para a situação considerada no presente trabalho (sem  $\rm N_2O$ ), está na substituição de sistemas anaeróbios pelos aeróbios, cuja emissão de gases estufa, no caso, é nula.

A análise deste aspecto deve cada vez mais influenciar na escolha de alternativas no contexto urbano. Assim, é necessário que as cidades adotem uma postura pró-ativa por meio da prevenção do agravamento do aquecimento global (por exemplo, garantindo o bom funcionamento de ETEs) e do planejamento da mitigação do dano ao meio e à qualidade de vida.

#### **REFERÊNCIAS**

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209/92: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

CAKIRA, F. Y.; STENSTROM, M. K. Greenhouse gas production: A comparison between aerobic and anaerobic wastewater treatment technology. Water Research, n. 39, p. 4197–4203, 2005.

CHERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbios. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. (Princípios do Tratamento de Biológico de Águas Residuárias, v. 05).

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Inventário de Referência dos Gases de Efeito Estufa no Setor de Resíduos e Efluentes do Estado de São Paulo - Versão para consulta pública Out/2010. São Paulo: CETESB, 2010.

FADEL, M. EL.; MASSOUD, M. Methane emissions from wastewater management. Environment Pollution, n. 114, p. 177-185, 2001.

FGV-FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL: guia de orientação. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 2002.

IPCC-INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. The revised guidelines for national Greenhouse Gas Inventories: Reference manual, v. II e III. United Nations, New York, 1996.

IPCC-INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Japan: IPCC, 2000.

IPCC-INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T.,Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2001.

IPCC-INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Japan: IPCC, 2006.

IPCC-INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2007.

KAMPSCHREUR, M. J. *et al.* **Nitrous oxide emission during wastewater treatment**. Water Research, Delft, v. 43, p. 4093–4103, 2009.

LUCAS, P. L. *et al.* Long-term reduction potential of non-CO2 greenhouse gases. Environmental science & policy, n. 10, p. 85–103, 2007.

METCALF & EDDY. Wastewater engineering: treatment and reuse. McGraw-Hill Book Co. 4 ed., 2003.

MCT-MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLO-GIA. **Protocolo de Quioto**. Tradução: MCT, 1997.

MCT-MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLO-GIA, 2009a. Inventário Brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa: informações gerais e valores preliminares. Edição: MCT, 2009. Disponível em: <www.mct.gov.br>. Acesso em: 22 jul. 2010.

MCT-MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2009b. **MDL Ilustrado**. IGES, Japão, 2009.

Disponível em: **<www.mct.gov.br>**. Acesso em: 21 jul. 2010.

MC-MINISTÉRIO DAS CIDADES. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2008. Brasília: MCIDADES. SNSA. 2010.

ROSSO, D.; STENSTROM, M. K. The carbon-sequestration potential of municipal wastewater treatment. Chemosphere, n. 70, p. 1468 –1475, 2008.

SALVADOR, N. N. B. Alternativas de Tratamento de Esgotos Sanitários (Notas de aula). DECiv/UFSCar, São Carlos, 2010.

SHAHABADI, M. B. et al. Estimation of greenhouse gas generation in wastewater treatment plants – Model development and application. Chemosphere, n. 78, p. 1085 – 1092, 2010.

USEPA-UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks:* 1990 – 2008. U.S. Environmental Protection Agency, N.W. Washington, 2010.

VON SPERLING, M. Princípios básicos do tratamento de esgotos. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v. 02. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

#### SOBRE OS AUTORES

#### Aline Pereira Lima\*

Engenheira Ambiental pela Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT – UNESP, Campus de Presidente Prudente. Mestre em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, Campus São Carlos.

#### Nemésio Neves Batista Salvador

Engenheiro Civil pela Universidade de Brasília - UnB. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – EESC - USP. Pós-doutor pela Oxford Brookes University. Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Campus São Carlos.

\*Endereço: Rua Manoel Eugênio, 633, Cidade Universitária; Presidente Prudente, SP, Brasil. CEP:19050-300. E-mail: aline lih@hotmail.com

# E você achando que 100% fosse o máximo que alguém pudesse se dedicar.

Sabesp 300%: 100% de água tratada, 100% de esgoto coletado e 100% de esgoto tratado.

O saneamento transforma a vida das pessoas. Por isso, não medimos esforços para levar, até 2014, o Sabesp 300% para todos os municípios do interior atendidos pela Sabesp. E, até 2018, para todas as outras cidades atendidas por nós. Saiba mais acessando www.sabesp.com.br.



Sabesp.
Transformando vidas.





## Diagnóstico da utilização de sistema de informações geográficas na gestão do saneamento básico das regiões administrativas de Araçatuba e Bauru (sp)

Diagnostic of the use of geographic information system in the management of the basic sanitation of the Administrative Regions of Araçatuba and Bauru (SP)

Enaldo Pires Montanha Júnior | Sergio Antonio Röhm

Data de entrada: 26/09/2012 | Data de aprovação: 14/02/2014 DOI: http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.122

#### Resumo

Os gestores de saneamento urbano no Brasil estão em busca de desenvolvimento, principalmente em termos de infraestrutura e tecnologia. O controle e o gerenciamento das informações geométricas e descritivas das redes de abastecimento de água e de esgoto sanitário são essenciais para tomadas de decisões eficientes e eficazes. A tecnologia de Sistema de Informações Geográficas vem sendo utilizada em diversos segmentos da administração urbana há algum tempo e em saneamento urbano não é diferente, pois a maioria dos grandes órgãos gestores do país já apresenta resultados convincentes de que o investimento nessa tecnologia traz vantagens técnicas e econômicas. O objetivo deste trabalho é diagnosticar, através de pesquisas de campo, a situação do uso de Sistemas de Informações Geográficas por órgãos vinculados ao município gestores de saneamento urbano das Regiões Administrativas de Araçatuba e de Bauru - SP, considerando sua utilização, instalações, dificuldades, principais motivos de não utilizar a tecnologia e as tendências de uso no futuro.

Palavras-chave: gestão; rede de abastecimento, rede de esgoto.

#### **Abstract**

The managers of urban sanitation in Brazil are seeking to development, especially in terms of infrastructure and technology. The control and management of geometric and descriptive information networks of water supply and sanitary sewer are essential for efficient and effective decision making. The technology of Geographic Information System has been used in several segments of the urban administration for some time and in urban sanitation is not different, as most of the major governing bodies in the country already shows convincing results that the investment in this technology brings technique and economic advantages. The objective of this work is to diagnose, by field research, the situation of the use of Geographic Information Systems to manage the urban sanitation by the agencies of the Administrative Regions of Araçatuba and Bauru - SP, considering its use, facilities, difficulties, major reasons not use technology and usage trends in the future.

Key-words: management, supply network, sewage network.

#### Enaldo Pires Montanha Júnior\*

Mestre em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. Supervisor de negócios do Centro de Tecnologias em Geoprocessamento – CTGEO

#### Sergio Antonio Röhm

Doutor em Geotecnia - Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil e do Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana da UFSCar

\*Endereço para correspondência: Centro de Tecnologias em Geoprocessamento – Av. Nicolau Zarvos, 1925 – CEP: 16401-371 - Lins-SP. E-mail: enaldojr@ceteclins.com.br

# Introdução

No gerenciamento global de um sistema de abastecimento de água, auxiliados por sistemas de informações geográficas, denotam-se áreas de atividades específicas que manejam diferentes informações da base georreferenciada, tais como: i) sistema de informação de clientes; ii) projetos e planejamento: iii) operação e manutenção do sistema hidráulico (redes e dispositivos); e iv) gerências de infraestrutura, de fugas e administrativa. O conjunto geral destas informacões disponibilizadas ao gestor permite definir as ações locais e globais de gerência do sistema. Outro aspecto relevante são as possibilidades de armazenamento e gestão da informação que são praticamente ilimitadas, citando como exemplos: i) visualização de todos os elementos da rede e de suas características; ii) gerações de estatísticas; iii) quantificação de número de válvulas de um determinado modelo e diâmetro; iv) gestão de consumidores e do parque de hidrômetros; e v) estado de funcionamento do sistema e etc. (DORCA; LUVIZOTTO; ANDRADE, 2001).

Os sistemas de abastecimento de água estão sujeitos a vários problemas, tais como: falta de restrição de uso de matéria prima, falta de recursos financeiros e descontinuidade administrativa. Para solucionar esses, e outros, é indispensável uma gestão eficiente nesses sistemas. A gestão de um sistema de abastecimento de água envolve o manuseio de grande quantidade de informações provenientes de fontes e naturezas distintas e disponibilizadas sob várias formas, tais como: planilhas, banco de dados, mapas, plantas de projeto, etc. (FERREIRA, 2005 e DORCA; LUVI-ZOTTO; ANDRADE, 2001).

Os sistemas de informações geográficas constituem ferramenta de gestão desejável considerando os benefícios administrativos, técnicos e econômicos. Entretanto, sua implantação efetiva é onerosa e um planejamento mal feito pode levar ao malogro todas as expectativas de benefícios que se objetivavam com a sua implantação. Além disso, os pequenos sistemas de abastecimentos de água que atendem às pequenas e médias cidades, de forma geral, não dispõem de corpo técnico qualificado e de recursos para a implantação adequada de um sistema de informações geográficas (FERREIRA, 2005).

Segundo Saiani (2007, p. 8):

o Brasil apresenta elevado déficit de acesso a serviços de saneamento básico. Devido aos impactos positivos desses serviços sobre o desenvolvimento econômico, é de fundamental importância que a universalização do acesso seja alcançada. No entanto, um conjunto de fatores restringe a expansão dos investimentos no setor: ausência de uma política clara, fragmentação de competências, ausência de uma regulação especifica, ineficiência de grande parte dos prestadores, forte presença pública no setor, fazendo com que os investimentos sejam inviabilizados pelos limites de endividamento, pelas metas de superávit e pelos contingenciamentos de créditos ao setor público.

Rocha; Vieira; Carneiro (2007) afirmam que a tecnologia de sistemas de informações geográficas permite, dentre outras ações, uma visão abrangente da distribuição de toda rede de abastecimento de água e esgoto sanitário, possibilitando identificar: i) falhas na base cartográfica: ii) os maiores consumidores e seus dados cadastrais; iii) as áreas de maior arrecadação; iv) os clientes inadimplentes; e v) as ligações cortadas, ligadas e suprimidas, dentre outras. Outras melhorias importantes são i) o acesso aos dados por todos departamentos da empresa, que repercute positivamente na execução, planejamento operacional, manutenção e atualização das informações em curto período de tempo, e ii) o uso e a distribuição otimizados de um bem público e finito como a água.

Considerando Ferreira (2005) e Rocha; Vieira; Carneiro (2007) pode-se concluir que a ineficiência de grande parte dos prestadores, citada por Saiani (2007), pode ser atenuada com o uso de sistemas de informações geográficas, visando a eficácia e a eficiência nas áreas administrativas, técnicas e econômicas dos sistemas de saneamento urbano.

As naturezas jurídico-administrativas assumidas pelos prestadores de serviços de saneamento básico existentes atualmente no Brasil são várias, destacando-se: secretarias, departamentos ou outros órgãos da administração pública direta; autarquia; empresa pública; sociedade de economia mista com gestão pública; sociedade de economia mista com gestão privada; e empresa privada e organização social (SAIANI, 2007).

Neste trabalho foram estudadas as Regiões Administrativas de Araçatuba e Bauru do Estado de São Paulo com a finalidade de entender, empregando pesquisas de campo, em que situação se encontra o uso de sistemas de informações geo-

gráficas como auxiliar da gestão do saneamento urbano considerando os órgãos da administração pública direta.

Na Figura 1 observa-se um destaque dessas duas regiões administrativas. A Região Administrativa de Bauru está representada em vermelho e a de Araçatuba em azul. Nota-se que o conjunto de ambas recobre uma parte significativa do interior do Estado de São Paulo.



Figura 1 – Regiões Administrativas de Araçatuba-SP e Bauru-SP.

A Região Administrativa de Araçatuba é composta por 43 municípios: Andradina, Alto Alegre, Araçatuba, Auriflama, Avanhandava, Barbosa, Bento de Abreu, Bilac, Birigui, Braúna, Brejo Alegre, Buritama, Castilho, Clementina, Coroados, Gabriel Monteiro, Gastão Vidigal, General Salgado, Glicério, Guaraçaí, Guararapes, Guzolândia, Ilha Solteira, Lavínia, Lourdes, Luiziânia, Mirandópolis, Murutinga do Sul, Penápolis, Pereira Barreto, Piacatu, Nova Castilho, Nova Independência, Nova Luzitânia, Rubiácea, Santo Antonio do Aracanguá, Santópolis do Aguapeí, Sud Mennucci, Turiúba, Itapura, São João de Iracema, Suzanápolis e Valparaíso.

Os municípios mais populosos (no ano de 2011) são Araçatuba, com 182.474 habitantes, Birigui, com 109.944 habitantes, Penápolis, com 58.729 habitantes e Andradina, com 55.421 habitantes. Esses quatro municípios concentram mais de 54,85% do total da população regional (SEADE, 2014).

A Região Administrativa de Bauru é composta por 39 municípios: Agudos, Arealva, Areiópolis, Avaí, Balbinos, Barra Bonita, Bariri, Bauru, Bocaina, Boracéia, Borebi, Cabrália Paulista, Cafelândia, Dois Córregos, Duartina, Getulina, Guaiçara, Guaimbê, Guarantã, Iacanga, Igaraçu do Tietê, Jaú, Lençóis Paulista, Lins, Macatuba, Mineiros do Tietê, Paulistânia, Pederneiras, Pirajuí, Piratininga, Pongaí, Presidente Alves, Promissão, Reginópolis, Sabino, Ubirajara e Uru.

Os municípios de Bauru e Jaú são os dois únicos com população superior a 100.000 habitantes. Bauru possui 345.913 habitantes e Jaú possui 132.617 habitantes (no ano de 2011). Dentre todos os municípios da região, 27 possuem população inferior a 20 mil habitantes, sendo que 12 destes têm menos de 5.000 habitantes, abrigando menos de 4% da população total (SEADE, 2014).

# **Objetivos**

O objetivo deste trabalho é diagnosticar, através de pesquisas de campo, a situação do uso de sistemas de informações geográficas por órgãos gestores da administração pública direta de saneamento urbano das Regiões Administrativas de Araçatuba e de Bauru – SP. Os aspectos considerados são a utilização, as facilidades, as dificuldades, os principais motivos de não utilizar a tecnologia e as tendências de uso no futuro.

#### Métodos

Os métodos de pesquisa utilizados foram baseados em questionários e visitas, que possibilitaram identificar quais são os municípios usuários de sistemas de informações geográficas e os que não são usuários para auxiliar na gestão dos sistemas de saneamento urbano.

Em seguida o grupo de usuários de sistemas de informações geográficas e grupo de não usuários foram reanalisados através de pesquisa do tipo Observação Direta Intensiva e Extensiva (MARCONI; LAKATOS, 2007), respectivamente.

# Métodos para analisar o uso de sistemas de informações geográficas

Esta pesquisa, aplicada ao grupo de municípios usuários de sistemas de informações geográficas, foi do tipo "Observação Direta Intensiva" pela técnica de entrevista.

Os temas da entrevista foram: sistema de informações geográficas, base cartográfica e técnicas de implantação; estrutura física e humana; principais funções e instalações do sistema de informações geográficas implantado; setores e usuários da ferramenta; e nível de satisfação e perspectivas para o futuro.

### Métodos para analisar os motivos da não utilização de sistemas de informações geográficas

Nesta parte da pesquisa foi utilizado o método "Observação Direta Extensiva", que pode ser realizada por meio de questionários, formulários, medidas de opinião e atitudes e de técnicas mercadológicas. Neste caso o método escolhido foi o questionário.

Os temas deste questionário foram:

- i) formas de representação das redes abastecimento de água e de esgoto sanitário, com as opções: somente mapas analógicos, mapas analógicos e software CAD, somente software CAD, outros e não há representação;
- ii) porcentagem da atualização da representação das redes abastecimento de água e de esgoto sanitário;
- iii) formas de armazenamento das informações descritivas das redes abastecimento de água e de esgoto sanitário, com as opções: somente mapas analógicos, mapas analógicos e software CAD, banco de dados digital, planilhas eletrônicas, outros e não estão armazenadas:

- iv) conhecimento da existência do software de sistema de informações geográficas para gestão de redes abastecimento de água e de esgoto sanitário, com as seguintes opções: sim e não: e
- v) principal motivo da ainda não aquisição do software de sistema de informações geográficas, com as seguintes opções: viabilidade técnica, problemas em recursos humanos, problemas com estrutura física, fatores econômicos, fatores políticos, outras prioridades, conhecimento há pouco tempo.

O objetivo desta fase foi conhecer a atual situação da gestão das informações das redes de abastecimento de água e de esgoto sanitário, identificar se os responsáveis conhecem a tecnologia de sistemas de informações geográficas, e por fim, saber o motivo de ainda não ter implantado esta no município.

### Resultados e discussões

As Regiões Administrativas de Aracatuba e de Bauru somam 82 municípios dos quais 55 gerenciam o saneamento urbano (redes de abastecimento de água e de esgoto sanitário)

Funcões	Municípios					
runções	Município A	Município B	Município C	Município D		
Sistema de Inf. Geog.	SIG Integrado	SIG Integrado	SIG Dual	SIG Integrado		
Base Cartográfica	Completa	Completa	Completa	Incompleta		
Técnicas de Implantação	Através de mapas analógicos e conheci- mentos de técnicos.	Através de mapas analógicos e conheci- mentos de técnicos.	Através de mapas analógicos e conhecimentos de técnicos.	Através de mapas analógicos e conheci- mentos de técnicos.		
Estrutura Física	Adequada	Adequada	Adequada	Inadequada		
Recursos Humanos	Falta de treinamento em SIG.	Adequadas	Falta de treinamen- to em SIG.	Inadequadas		
Principais Funções e Vanta- gens do SIG Implantado	Gerenciamento de informações	Gerenciamento de informações	Consulta rápido ás informações	Gerenciamento de informações		
Setores e Usuários da Ferra- menta	Atualmente ninguém utiliza.	Diretoria, cadastro e almoxarifado do departamento e secretaria de obras da Prefeitura.	Cadastro e geo- processamento e diretorias de produ- ção, planejamento e topografia no departamento.	Cadastro e diretoria do departamento		
Nível de Satisfação	Nível de Satisfação Indefinida		Ótima Regular			
Perspectivas para o Futuro	Atualização do SIG, treinamento e inte- grações com outros sistemas.	Integrações com outros sistemas	Aquisição de SIG Integrado e em integrações com outros sistemas.	Integrações com outros sistemas e me- lhorias em estruturas física		

Quadro 1 - Resumo das respostas dos municípios usuários de sistemas de informações geográficas.

através da administração pública direta. Constatou-se que destes 55 municípios apenas 4 utilizam sistemas de informações geográficas para auxiliar na gestão das redes de abastecimento de água e de esgoto sanitário urbanas. Na Região Administrativa de Bauru identificaram-se 3 municípios usuários da tecnologia e na região de Araçatuba apenas 1.

Chega a ser surpreendente o pequeno número de usuários de sistemas de informações geográficas pelos órgãos gestores de saneamento nas regiões de Araçatuba e Bauru. Principalmente porque São Paulo é um dos Estados mais desenvolvidos tecnologicamente do Brasil e também com maiores recursos econômicos.

# Municípios usuários de sistemas de informações geográficas

O Quadro 1 resume os resultados das entrevistas nos 4 municípios usuários de sistemas de informações geográficas. Os itens de cor azul são considerados satisfatórios e de cor fúcsia os insatisfatórios na implantação e uso.

Como a quantidade de implantações é pequena, não se podem inferir conclusões expressivas ao estudar as regiões administrativas. Entretanto, algumas constatações podem ser discutidas.

As soluções mais utilizadas seguem a tendência da evolução tecnológica, mostrando que 75% dos municípios usuários de sistemas de informações geográficas deram preferência por softwares com arquitetura integrada (Câmara; Queiroz, 2012). Portanto, há apenas um usuário de sistema de informações geográficas de arquitetura dual (Câmara; Queiroz, 2012).

Outro aspecto importante é que dos quatro municípios usuários de sistemas de informações geográficas, apenas um (município D) ainda não possuía base cartográfica completa na época da conclusão destas análises. Este município foi o único que não terceirizou os serviços de elaboração da base cartográfica.

As informações cartográficas foram implantadas no banco de dados digital a partir de mapas existentes na Prefeitura Municipal, associados aos conhecimentos de técnicos relacionados com o saneamento urbano.

A estrutura física, de forma geral, foi considerada adequada (75%) com uma ocorrência inadequada (25%).

Os recursos humanos fragilizam as implantações analisadas. Apenas um município (25%) admitiu que os recursos humanos estavam adequados às necessidades operacionais do sistema de informações geográficas. Os demais (75%) têm consciência de que os recursos humanos são inadequados ou sem conhecimento sobre o assunto.

Embora os recursos humanos sejam, em sua maioria, despreparados para trabalhar com essa tecnologia, a maioria dos municípios entende que os sistemas de informações geográficas são vantajosos para auxiliar na gerência das informações (75%). Um município valorizou apenas o acesso rápido às informações, minimizando o potencial do sistema de informações geográficas como instrumento fundamental para auxiliar nas tomadas de decisões técnicas, econômicas e administrativas.

O município A não estava usando a tecnologia implantada na época da aplicação da entrevista. O município C, que admitiu que uma das principais vantagens é o acesso rápido às informações, neste item parece ter a maior noção do potencial da tecnologia. O município B relata que o sistema é multiusuário e o município D cita apenas o setor de cadastro e a diretoria do departamento de água e esgoto.

A maioria dos municípios usuários indicou que nível de satisfação não é bom. Apenas o município B admite estar satisfeito com a utilização do sistema de informações geográficas. Dois municípios (C e D) mostram-se insatisfeitos e um (município A) não soube responder porque o sistema está inoperante.

As perspectivas para o futuro são boas. Todos os municípios manifestaram intenções de realizar melhorias.

# Municípios não usuários de sistemas de informações geográficas

Nos 51 municípios que não adotam a tecnologia de sistemas de informações geográficas foi aplicado um questionário, que obteve 28 respostas.

Um dos objetivos desta etapa da pesquisa foi diagnosticar e avaliar a situação da representação dos traçados das redes de abastecimento de água e de esgoto sanitário em cada município.

Na Figura 2 observa-se que 68% desses municípios ainda utilizam representações ana-

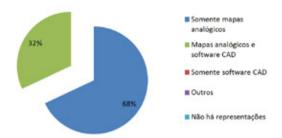


Figura 2 – Formas de representação das redes de abastecimento de água.

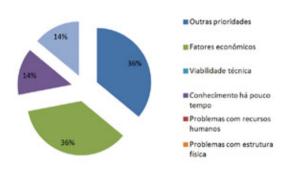


Figura 4 – Motivos de não utilizar sistemas de informações geográficas.

lógicas (mapa em papel) e 32% usam uma associação de mapas em papel e em CAD para fazer a gestão das redes de abastecimento de água.

Considerando a gestão das redes de esgoto sanitário, nota-se na Figura 3 que 75% desses municípios usam representações analógicas (mapa em papel) e 25% usam uma associação de mapas em papel e em CAD.

De acordo com os resultados, é nítida a precariedade da situação, pois a grande maioria desses municípios utiliza somente mapas impressos em papel para gerir as redes de abastecimento de água e de esgoto sanitário.

Quanto ao conhecimento da tecnologia de sistemas de informações geográficas para gestão das redes, observou-se que 14 municípios a conhecem e 14 não. Isso mostra a desatualização do corpo de profissionais que trabalha nos órgãos gestores de saneamento urbano.

Considerando apenas os municípios que conhecem a tecnologia, buscou-se identificar justificativas para a não adoção dos sistemas

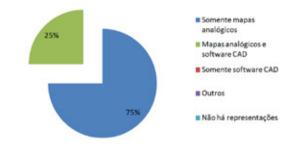
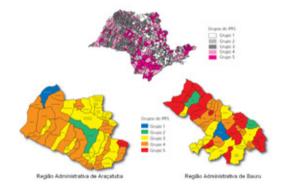


Figura 3 – Formas de representação das redes de esgoto sanitário.



Fonte: SEADE (2010)

Figura 5 – Distribuição dos grupos do Índice de Responsabilidade Social Paulista.

de informações geográficas. As razões predominantemente apontadas foram: fatores econômicos e outras prioridades (Figura 4).

A resposta *fator econômico* (36%) pode ser decorrente da falta de conhecimento das opções oferecidas pelos fornecedores desta tecnologia ou a dificuldade de encontrar soluções customizadas para as características do município. Observou-se que o município B conseguiu implantar uma solução de baixo custo e que tem atendido suas necessidades.

A resposta *outras prioridades* (36%) pode dar um indicativo de que a viabilidade econômica já foi identificada e que há tendências favoráveis de crescimento do uso da tecnologia nas regiões administrativas.

Em toda a pesquisa não houve resposta quanto às estruturas física e recursos humanos (0%), porém, contradizendo as respostas dos municípios usuários de sistemas de informações geográficas. Apesar do pequeno número

		Área*	% da área de São Paulo	População*	% da pop. de São Paulo*	Densidade demográfica*	Grau de urbanização**
		(km²)	(%)	(Hab.)	(%)	(Hab./km²)	(%)
Regiões	Araçatuba	18.562	7,5	740.350	1,78	39,88	92,13
Administrativas	Bauru	16.209	6,5	1.059.963	2,55	65,39	94,38
Estado	São Paulo	248.223	100	41.579.695	100	167,51	95,94

\*- 2011 \*\*- 2010 Fonte: SEADE (2014)

Quadro 2 - Características físicas e demográficas das Regiões Administrativas.

de implantações, também não houve resposta contra a viabilidade técnica ou econômica, ou seja, na região não houve nenhum questionamento ou impedimento quanto ao uso da tecnologia na gestão das redes de abastecimento de água e de esgoto sanitário.

#### Conclusões

O trabalho foi desenvolvido nas Regiões Administrativa de Bauru e de Araçatuba, ambas situadas no Estado de São Paulo. A Figura 5 mostra a distribuição dos grupos do Índice de Responsabilidade Social Paulista (SEADE, 2012), que variam entre 1 (melhor situação) e 5 (pior situação).

No Quadro 2 resumem-se as características físicas e demográficas das Regiões Administrativas de Araçatuba e de Bauru.

No Quadro 3 resumem-se alguns indicadores das Regiões Administrativas de Araçatuba e de Bauru.

Como se pode observar na Figura 5, em ambas as Regiões Administrativas a maioria dos municípios enquadram-se entre os grupos 3 e 4 do Índice de Responsabilidade Social Paulista (SEADE, 2010). Esses resultados associados com os demais parâmetros mostrados nos Quadros 2 e 3 auxiliam no entendimento do

perfil regional e dão subsídios para o entendimento dos resultados encontrados.

Considerando os municípios usuários de sistemas de informações geográficas, a implantação pioneira nas Regiões Administrativas de Bauru e de Araçatuba foi há cerca de 10 anos e a segunda há cerca de 7 anos. Atualmente existem somente mais duas implantações com a finalidade alvo deste estudo, somando 4 municípios usuários e incluindo 1 inoperante na época desses estudos. Isso caracteriza que o número de usuários é muito baixo e que não houve a evolução que se podia esperar na adesão à tecnologia, quando se considera seus benefícios decorrentes.

Uma constatação importante refere-se à estrutura do órgão gestor do saneamento urbano. Pelas entrevistas ficou nítido que na implantação de sistemas de informações geográficas os recursos humanos foram menos valorizados que os recursos físicos. A falta de capacitação e de quantidade insuficiente de funcionários foram os maiores problemas encontrados.

Os sistemas de informações geográficas parecem ser subutilizados, mas há tendência de institucionalizá-los em todos os municípios usuários da tecnologia.

As alterações da política municipal têm in-

			IRPS*		Abasteci- Esgoto	PIB *		
		Riqueza	Longevidade		mento de água * sanitário *	Per capita	% Estado	
					(%)	(%)		(%)
Regiões	Araçatuba	37	68	56	98,98	97,04	20.145,41	1,19
Administrativas	Bauru	39	69	53	98,98	97,84	21.182,47	1,79
Estado	São Paulo	45	69	48	97,91	89,75	30.264,06	100,00

\*- 2010

Fonte: SEADE (2014)

Quadro 3 - Indicadores das Regiões Administrativas.

fluenciado no desempenho dos sistemas de informações geográficas implantados. Houve interferência negativa em um dos municípios usuários da tecnologia. Além disso, as decisões políticas ainda foram citadas como motivo principal, segundo dois municípios, como causa do atraso tecnológico que se encontram. Com certeza este é um tema considerável para os órgãos gestores de saneamento urbano.

As receitas dos municípios não parecem ser impedimentos para a instalação de um sistema de informações geográficas. O município B, com menos de 10.000 habitantes, apresenta-se como uma solução satisfatória e com bom prognóstico.

Nas respostas dos questionários aplicados nos municípios não usuários de sistemas de informações geográficas, observou-se um elevado número de falta de conhecimento da tecnologia, e o restante das respostas admite o fator econômico e outras prioridades como os principais motivos. A resposta sobre o fator econômico parece estar associada à falta de conhecimento do mercado de fornecedores de softwares ou de encontrar soluções customizadas para o caso, como foi realizado no município B.

Nenhum município respondeu sobre a falta de estrutura física, porém, observou-se nos municípios usuários de sistemas de informações geográficas que os recursos humanos necessitam de atenção. Também não houve resposta sobre a falta de viabilidade, credenciando a tecnologia neste mercado.

Verificou-se também a precariedade das informações nos municípios não usuários de sistemas de informações geográficas, com dados desatualizados e mal gerenciados com mapas analógicos e também com pouco uso de software CAD. Observou-se que as redes de abastecimento de água apresentavam-se mais organizadas quando comparadas às redes de esgoto sanitário.

Para finalizar, é notória a falta de informação dos corpos técnicos e administrativos dos municípios das Regiões Administrativas estudadas. A maioria dos pesquisados citou problemas econômicos ou falta de conhecimento; entretanto, em contrapartida, o órgão do pequeno município B apresentou uma ótima implantação utilizando recursos próprios.

## Referências bibliográficas

CÂMARA, G.; QUEIROZ, G.R. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. In: CÂMARA. G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. Introdução à Ciência da Geoinformação. Disponível em: <a href="http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf">http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf</a>>. Acesso em 10 Set. 2012.

DORCA, C.C; LUVIZOTTO JR, E.; ANDRADE, J.G.P. Aspectos da Implantação de um SIG em pequenos e médios Abastecimento de Água, UNICAMP – Universidade estadual de Campinas - Fac. Eng. Civil – DRH – Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Campinas, 2001.

FERREIRA, C.D. Análise da Aplicação dos Sistemas de Informações Geográficas como Instrumento de Gestão dos Sistemas de Abastecimento de Água. Dissertação (Mestrado), UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas - SP, 2005.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, M.E. **Metodologia do trabalho científico**: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projetos e relatórios; publicações e trabalhos científicos. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

ROCHA, E.C.O.; VIEIRA, V.C.B.; CARNEIRO, E.L.N.C. Uso de Sistema de Informações Geográficas na atualização e modernização da área comercial da companhia de saneamento Águas e Esgotos do Piauí S/A. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril, INPE, p. 3081-3087. Anais. 2007.

SAIANI, C.C.S. Restrições à Expansão dos Investimentos em Saneamento Básico no Brasil: Déficit de Acesso e Desempenho dos Prestadores. Dissertação de mestrado – Faculdade de Administração, Economia e Contabilidade, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Analise de Dados. O estado dos municípios 2006-2008. Índice Paulista de Responsabilidade Social. 2010. Disponível em: <a href="http://www.se-ade.gov.br/projetos/iprs/ajuda/2008/sintese.pdf">http://www.se-ade.gov.br/projetos/iprs/ajuda/2008/sintese.pdf</a>>. Acesso em 10 Set. 2012.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Analise de Dados. Informações dos municípios paulistas. Disponível em: <//http://www.seade.gov.br>. Acesso em 17 Fey. 2014.

CALENDÁRIO DE EVENTOS							
	Data	Evento	Local do evento				
	De 05 a 09	IFAT Entsorga Munich - Trade Fair for Water, Sewage, Waste and Raw Materials Management	Messe München http://www.ifat.de/en				
	De 09 a 15	World tunnel congress 2014 - 40th ITA-AITES General Assembly	Foz do Iguaçu, PR, Brasil http://www.wtc2014.com.br/				
	De 14 a 16	IWA European Utility Conference	Oslo, Noruega http://www.iwa-euc2014.org/				
	De 22 a 24	II International AFRICA Sustainable Waste Manage- ment Conference 2014	Luanda, Angola http://www.iswa.org/nc/en/185/iswa_calendar/event- detail/show_detail/2nd-africa-sustainable-waste- management-conference-2014.html				
MAIO	De 21 a 23	Water, Energy and Climate Conference 2014	Cidade do México, México http://wecmexico2014.org/29R/home.html				
1	De 18 a 21	Residuals and Biosolids 2014 - Sustainability Made Simple: Facilitating Resource Recovery	Austin, Texas http://www.wef.org/ResidualsBiosolids/				
	De 19 a 21	IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental Energia e Ambiente	Porto Alegre, RS, Brasil http://www.abes-rs.org.br/qualidade2014/				
	De 21 a 23	Solutions for future Water security	Cidade do México, México http://wecmexico2014.org/29r/home.html				
	De 26 a 29	11th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies	Abu Dhabi, United Arab Emirates http://www.iwahq.org/26d/events/iwa-events/2014/ let2014.html				
	De 31 de maio a 03 de junho	Odors and Air Pollutants_WEF	Miami, Florida http://www.wef.org/OdorsAir/				

80 | Revista DAE nº195 | maio-agosto 2014

CALENDÁRIO DE EVENTOS								
JUNHO	De 01 a 05	SIWW WATER CONVENTION 2014	Singapura http://www.siww.com.sg/water-convention					
	De 03 a 06	ECWAtech Moscow	Moscou, Rússia http://www.ecwatech.com/2014/index.php					
	De 12 a 14	Conferência da IWA: Activated Sludge 100 Years and Counting	Essen, Alemanha http://www.iwa100as.org/					
	De 15 a 18	Advances in particle Science and Separation: from mm to nm scale and beyond	Saporo, Japão http://www.knt.co.jp/ec/2014/IWA-PS/					
	De 23 a 25	2nd IWA Specialist Conference on Eco Technologies for Sewage Treatments Plants	Verona, Italia http://www.ecostp.org/					
	De 13 a 17	IWA Science Summit on Urban Water	Harbin, China http://summit2014.hit.edu.cn/					
	De 30 de julho a 01 de agosto	25° Encontro técnico AESabesp/FENASAN 2014	São Paulo, SP, Brasil http://www.fenasan.com.br/br/congresso					
AGOSTO	De 06 a 09	1er Congreso Interamericano de Agua Potable y Saniamento RuralAIDIS	Cuenca, Equador http://www.congresosaidis.unam.mx/index.php/ cong-interamericanos/119-i-congreso-interamerica- no-de-agua-potable-y-saneamiento-rural-cuenca- ecuador					
	De 12 a 15	9º Simpósio Brasileiro de captação e manejo de água de Chuva	Feira de Santana, BA, Brasil http://www.abcmac.org.br/6simposio/apresentacao. htm					
	De 17 a 21	11th IWA International Conference on Hydroinformatics	Nova lorque, EUA http://hic2014.org/					
SETEMBRO	De 08 a 11	The ISWA World Congress Solid Waste	São Paulo, SP, Brasil http://iswa2014.org/					
	De 21 a 26	Congresso Mundial da Água – Lisboa 2014	Lisboa, Portugal http://www.apea.pt/scid/webapea/defaultArticleV- iewOne.asp?articleID=2888&categoryID=795					
	De 30 de setembro a 02 de outubro	VA Massan Gothenburg	Jönköping, Suécia http://www3.elmia.se/en/the-water-wastewater-fair/? gclid=CLGF4KSy77wCFSHNOgod92EACQ					

maio-agosto 2014 | nº195 Revista DAE | **81** 



# Engenharia Hidrológica das Regiões Áridas e Semiáridas

Autor: Mostafa M. Soliman

Editora: LTC/GEN

# Sinopse

O livro explora os componen-

tes fundamentais para formular e implantar abordagens de gestão integradas dos sistemas de captação de água nas regiões áridas e semiáridas. Tal captação, agravada por fatores artificiais e milhares de anos de manipulação dos recursos hídricos, é abordada nesta obra. O livro enfoca a engenharia hidrológica das regiões áridas e semiáridas, cobrindo os processos meteorológicos e a hidrologia. Além de uma abrangente exposição teórica, seu potencial didático se explicita nos problemas, estudos de caso e demais recursos pedagógicos que compõem seu conteúdo. Ao reunir valiosas informações, o livro proporciona uma melhor compreensão da hidrologia do wadi, de processos de capacitação, educação e treinamento, e desenvolvimento institucional. Essa compreensão pode ser aplicada na escolha de ferramentas apropriadas para o suporte à gestão dos recursos hídricos e à otimização do seu uso sustentável.



# Wastewater **Engineering:** Treatment and Resource Recovery

Autores: Inc. Metcalf & Eddy, George Tchobanoglous, H. David Stensel, Ryujiro Tsuchihashi, Franklin Burton, Mohammad

Abu-Orf, Gregory Bowden e Willian Pfrang

Editora: Mc Graw Hill

#### Sinopse

Essa 5ª edição revista e atualizada, contém inúmeros avanços no tratamento de esgotos. Representa o estado da arte atual das tecnologias de tratamento e salienta os aspectos de reutilização de águas residuárias e de biossólidos.

Mais informações: http://www.mcgraw-hill.com.au/ html/9780073401188.html



# **Fundamentos** da Vigilância Sanitária - 7ª edicão

**Organizadora**: Suely Rozenfeld

Editora: Fiocruz

# Sinopse

Instância de mediação en-

tre a produção de bens e serviços variados e a saúde da população, a complexidade da Vigilância Sanitária (VS) impõe um enfoque multidisciplinar. Este aparece em cada um dos capítulos desta coletânea: a sociologia, que fornece o instrumental para a análise histórica e para a compreensão do papel do Estado, a epidemiologia, o planejamento, a legislação e a avaliação, que fornecem os conceitos, os procedimentos e as técnicas necessárias ao desempenho da função reguladora e normativa. Define e constrói, assim, um tripé de competências para qualificar o agir em VS: conhecimento técnico, responsabilidade pública e compromisso ético. Alcança e interessa, assim, não só a profissionais de saúde, como àqueles em busca de uma educação para a cidadania.

Mais informações: http://www.fiocruz.br/editora/cgi/ cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=149&sid=5



Uma Ecologia Política dos Riscos: Princípios para integrarmos o local e o global na promoção da saúde e da justica ambiental

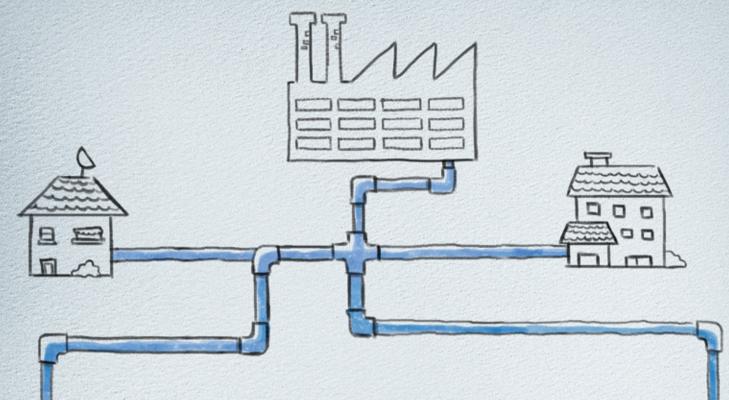
Autor: Marcelo Firpo de Souza Porto

Editora: Fiocruz

#### Sinopse

Em nova versão revista e ampliada, a publicação tem por objetivo integrar as discussões sobre sustentabilidade, promoção da saúde e justiça ambiental, apresentando uma proposta de análise integrada e contextualizada dos riscos ambientais decorrentes do desenvolvimento econômico e tecnológico, particularmente em países e territórios com desigualdades e vulnerabilidades sociais.

Mais informações: http://www.fiocruz.br/editora/cgi/ cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=483&sid=5



# A Sabesp trabalha para oferecer 300%

100% de água tratada, 100% de esgoto coletado e 100% de esgoto tratado.

Levamos saúde e qualidade de vida a 364 municípios de São Paulo.

E hoje, 141 já são beneficiados com 100% de água tratada, 100% de esgoto coletado e 100% de esgoto tratado, ou seja, são municípios 300%. Mas a Sabesp não para.

Investe constantemente em novas tecnologias e soluções ambientais para universalizar seus serviços nos outros 223 municípios e atender seus clientes sempre com mais qualidade. Haja fôlego, mas o resultado vale a pena.

Sabesp. A vida tratada com respeito.









# **ECONOMIZE** 20% **E GANHE** 30% DE BÔNUS NA SUA CONTA DE ÁGUA.



VÁLIDO PARA CLIENTES SABESP DA REGIÃO METROPOLITANA QUE OBTIVERAM 20% DE ECONOMIA DE ÁGUA. DE ACORDO COM A MÉDIA DOS ÚLTIMOS 12 MESES.