

TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE GOSTO E ODOR EM ÁGUAS DE ABASTECIMENTO: MÉTODO ANALÍTICO, ANÁLISE SENSORIAL E PERCEPÇÃO DOS CONSUMIDORES

TECHNIQUES OF EVALUATION OF TASTE AND ODOR IN DRINKING WATER: ANALYTICAL METHOD, SENSORY ANALYSIS AND CONSUMER'S PERCEPTION

SIDNEY SECKLER FERREIRA FILHO

Engenheiro Civil pela EPUSP (1988). Professor Associado do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

ROSEMEIRE ALVES

Mestre (2005) em Engenharia Hidráulica e Sanitária pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Química da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP)

Recebido: 05/01/06 Aceito: 26/09/06

RESUMO

Os problemas de gosto e odor em águas de abastecimento são de natureza complexa, de solução tecnológica difícil e onerosa, e a sua presença na água tratada pode causar transtornos consideráveis junto aos consumidores. Deste modo, este trabalho objetivou a avaliar a eficiência e confiabilidade do Painel Sensorial na identificação de gosto e odor em águas de abastecimento, bem como na prevenção de reclamações por parte dos consumidores, a partir da comparação entre a percepção do Painel Sensorial e da população. Com base nos resultados obtidos, pôde-se concluir que o Painel Sensorial apresentou-se ser extremamente eficiente para a previsão do aparecimento e presença de odores associados à terra e mofo devido a presença de MIB e Geosmina na água tratada sendo, portanto, recomendável a sua implementação em ETAs que utilizem mananciais que apresentem problemas de gosto e odor.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de água, gosto e odor, análise sensorial, painel sensorial.

ABSTRACT

The taste and odor problems found in drinking water are complex, technologically difficult and expensive to be solved and their presence in drinking water may give rise to considerable troubles with water consumers. In this way, the purpose of this work was to assess the efficiency and reliability of the sensory panel in identifying the taste and odor in drinking water and in preventing water consumer's claims, based on the comparison between the sensory panel perception and that of population. Based on the results obtained, one may conclude that the sensory panel was found to be extremely efficient in foreseeing the appearance and presence of earthy and musty odors associated with the presence of MIB and Geosmina in treated water, and so it should be advisable to implement it in water treatment plants using water sources with taste and odor problems.

KEYWORDS: Drinking water treatment, taste and odor, sensorial analysis, flavor profile analyses.

INTRODUÇÃO

O tratamento de água foi inicialmente concebido como uma parte constitutiva de sistemas públicos de abastecimento de água, tendo por objetivo principal o fornecimento de água esteticamente adequada ao consumo humano. Até o início do Século XX, a única operação unitária componente das estações de tratamento era a etapa de filtração, que tinha por objetivo principal a remoção de partículas coloidais que pudessem trazer prejuízos a sua aceitabilidade pela população.

Assim sendo, pode-se dizer que o fornecimento de uma água de abastecimento segura do ponto de vista

microbiológico e esteticamente agradável foram os principais objetivos na operação de estações de tratamento de água até meados de 1920.

No entanto, com a consolidação da Revolução Industrial e surgimento dos grandes conglomerados urbanos e advento da Primeira Grande Guerra Mundial, com conseqüente desenvolvimento da indústria química mundial, novos quesitos de qualidade passaram a ser impostos para águas de abastecimento, ressaltando-se o controle das concentrações de compostos químicos orgânicos e inorgânicos que pudessem causar danos à saúde humana.

Com isto, novas operações unitárias passaram a ser incorporada no tra-

tamento de água, ressaltando-se os processos de oxidação química, adsorção, arraste com ar e, mais recentemente, processos de membrana (microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa) (Montgomery, 2005). Embora a adoção destas tecnologias de tratamento tenha sido incorporada em função do estabelecimento de padrões de potabilidade cada vez mais restritivos, novos quesitos foram impostos com respeito aos padrões estéticos mínimos exigidos para uma água de abastecimento, dentre estes, a ausência de gosto e odor.

No entanto, em função do crescimento dos conglomerados urbanos, com conseqüente deficiência na coleta, afastamento, tratamento e disposição

final dos esgotos sanitários e no controle da poluição industrial, os problemas de gosto e odor em águas de abastecimento passaram a se tornar complexos, de solução tecnológica difícil e onerosa.

Muito embora uma água potável do ponto de vista microbiológico, isenta de cor verdadeira e turbidez e de compostos orgânicos e inorgânicos, seja considerada segura do ponto de vista sanitário, a presença de gosto e odor causa transtornos consideráveis junto aos consumidores, podendo colocar em xeque a operação e a confiabilidade da Companhia de Saneamento como um todo junto à população. De um modo geral, a presença de gosto e odor em águas de abastecimento pode ser ocasionada pelos seguintes motivos (AWWA, 1987; Ferreira Filho, 1996):

- Presença de constituintes inorgânicos em concentrações elevadas tais como o ferro, cloreto, sulfato, gás sulfídrico, entre outros.

- Presença de compostos orgânicos originários de fontes antropogênicas (fenóis, nitrofenóis) e demais compostos aromáticos (tetracloreto de carbono, tetracloroetileno, etc...).

- Originados no processo de tratamento e, em geral, problemas desta natureza estão associados à ação do agente de oxidante e ou desinfetante e suas reações com compostos orgânicos, que podem ser de origem biogênica e ou antropogênica.

- Origem no sistema público de distribuição de água que, dadas as suas condições físicas de concepção e traçado, das características da água bruta e tratada, é comum que estas apresentem concentrações elevadas de ferro e manganês, que podem causar gosto metálico à água distribuída. O crescimento de microrganismos nas redes de distribuição também tem sido causa de inúmeros problemas de odor e sabor, bem como a presença de altas concentrações do próprio agente desinfetante.

- Presença de compostos orgânicos originários de fontes biogênicas. É sabido que inúmeros microrganismos, notadamente certas algas, especialmente as cianofíceas (algas azuis), bem como os actinomicetos são responsáveis pela produção de certos compostos orgânicos, resultantes do seu metabolismo, que, sob certas condições ainda não totalmente conhecidas, são liberados para o meio. Estes compostos orgânicos são responsáveis por inúmeros problemas

de gosto e odor em águas de abastecimento sendo, indubitavelmente, os mais difíceis de serem removidos.

Em 1989, uma pesquisa conduzida pela American Water Works Association (AWWA) junto às Companhias de Saneamento com o intuito de avaliar a dimensão dos problemas de gosto e odor em águas de abastecimento nos Estados Unidos da América concluiu que, a maior parte dos casos relatados está relacionada com a presença de compostos orgânicos produzidos por algas e demais microrganismos no manancial; devido ao agente desinfetante empregado e a problemas decorrentes da operação do sistema de distribuição de água.

Historicamente, os problemas de gosto e odor em águas de abastecimento tem sido tratados muito mais como uma arte do que como ciência, em grande parte pela grande dificuldade na identificação e quantificação dos compostos orgânicos e inorgânicos causadores dos problemas em questão.

Deste modo, a otimização das técnicas de tratamento objetivando a solução dos problemas de gosto e odor sempre foi grandemente dificultada, o que tem exigido vultosos investimentos financeiros em obras civis e operação. Dado que os problemas de gosto e odor podem ser de diferente natureza, também as técnicas de tratamento tenderão a serem diferenciadas. Assim sendo, é importante considerar que os custos de tratamento também apresentarão a mesma tendência. Em função disto, a fim de que seja possível definir as alternativas de tratamento mais adequadas na solução de um problema de gosto e odor específico, faz-se de extrema importância que este seja caracterizado do modo mais seguro e objetivo possível.

Em mananciais superficiais utilizados para abastecimento público, a maior parte dos problemas de gosto e odor estão diretamente relacionados à presença do agente oxidante e gosto e odor descritos como sendo de terra, mofo e gramíneo. Durante o Século XX, os organismos mais diretamente relacionados a problemas de gosto e odor em águas de abastecimento tem sido os actinomicetos e certos tipos de algas e os odores classificados como gramíneo, terra e mofo, de mais difícil remoção no tratamento convencional de águas de abastecimento.

Segundo a AWWA (1987), provavelmente, o trabalho mais completo

relacionado com problemas de gosto e odor em águas de abastecimento foi desenvolvido por Palmer em 1962. Em face das limitações analíticas impostas até então, não foi possível estabelecer uma relação direta entre uma determinada espécie de alga e compostos orgânicos específicos causadores de gosto e odor, no entanto, o autor estabeleceu grupos de odores e relação com certos tipos de algas, a saber: odores aromáticos, odores de peixe, odores gramíneos e odores de terra e mofo.

De acordo com AWWA (1995), a grande evolução na identificação e tratamento de problemas de gosto e odor em águas de abastecimento ocorreu em 1965 quando os pesquisadores Gerber e LeChevalier isolaram e identificaram o composto Geosmina, produzido por culturas de actinomicetos, sendo estes causadores de gosto e odor de terra. Mais tarde, em 1969, Gerber isolou um segundo composto denominado 2-metilisborneol (MIB), também produzido por culturas de actinomicetos.

Com os avanços da química analítica, novos compostos foram identificados como sendo subprodutos metabólicos de microrganismos e causadores de gosto e odor em águas de abastecimento. No entanto, o emprego de técnicas analíticas sofisticadas para a identificação e quantificação dos compostos orgânicos causadores de gosto e odor em águas de abastecimento não tem sido comum entre a maioria das companhias de saneamento, uma vez que o investimento necessário em equipamentos e mão de obra altamente qualificada é significativamente elevado.

Deste modo, o desenvolvimento de técnicas alternativas para a identificação e quantificação de compostos orgânicos causadores de gosto e odor tem sido consideradas e dentre estas, pode-se citar a utilização do Painel Sensorial (Flavor Profile Analysis), largamente difundido na indústria alimentícia e de bebidas (Bartels et al, 1986; Rashash et al, 1997), bem como o Número de Limiar de Odor (Threshold Odor Number), sendo que ambos encontram-se descritos em APHA (1998).

Em face das potencialidades das técnicas sensoriais para a classificação e quantificação de gosto e odor em águas de abastecimento e, muito mais ainda, em função da enorme dificuldade no desenvolvimento de técnicas analíticas que permitam a identificação e quan-

tificação dos compostos orgânicos específicos envolvidos, acredita-se que, futuramente, estas técnicas sensoriais possam ser largamente difundidas entre as companhias de saneamento, auxiliando nos processos de tomada de decisão com respeito às tecnologias de tratamento que possam vir a ser implementadas para o controle de gosto e odor em águas de abastecimento.

OBJETIVOS

Em face dos problemas de gosto e odor observados em águas de abastecimento na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), este estudo teve por objetivo:

- Avaliar a eficácia e a confiabilidade da análise sensorial baseado no Painel Sensorial na detecção de gosto e odor em águas de abastecimento associados à presença de compostos orgânicos, subprodutos do metabolismo de algas e demais microrganismos.

- Avaliar a aplicabilidade do Painel Sensorial como técnica para prevenção de reclamações por parte dos consumidores, a partir da comparação entre a percepção do Painel Sensorial e da população.

MATERIAIS E MÉTODOS

Generalidades

A pesquisa foi desenvolvida em dois Sistemas Produtores que abastecem parte da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), sendo ambos pertencentes e operados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). Os Sistemas Produtores selecionados foram:

- Sistema Produtor Guarapiranga, que possui como principal manancial o Reservatório do Guarapiranga. A vazão média situa-se em torno de 14,0 m³/s e o mesmo abastece a uma população de, aproximadamente, 3.500.000 de habitantes, localizada na Região Sul da RMSP. A estação de tratamento de água responsável pela produção de água tratada e pertencente ao respectivo sistema produtor é a ETA Alto da Boa Vista (ETA ABV), sendo a mesma do tipo convencional de ciclo completo.

- Sistema Produtor Alto Tietê, que possui como principais mananciais os Reservatórios de Taiaçupeba e Jundiá. A vazão média situa-se em torno de 10,0 m³/s e o mesmo abastece a uma

população de, aproximadamente, 2.500.000 de habitantes, localizada, principalmente, na Região Leste da RMSP. A respectiva estação de tratamento de água do sistema produtor é a ETA Taiaçupeba (ETA TAT), também tendo sido a mesma projetada como convencional de ciclo completo.

A principal razão de ambos os Sistemas Produtor do Guarapiranga e Alto Tietê terem sido escolhidos reside no fato de que estes possuem como mananciais reservatórios de acumulação que apresentam, ocasionalmente, problemas de gosto e odor. O intervalo de tempo considerado para estudo foi de três anos para a ETA ABV (2002 a 2004) e dois anos para a ETA TAT (2003 a 2004), uma vez que esta começou a apresentar problemas mais significativos de gosto e odor apenas no ano de 2004.

As determinações e quantificações analíticas dos compostos orgânicos causadores de gosto e odor foram efetuados para a água bruta e tratada de ambas as ETAs, bem como também as análises conduzidas pelo Painel Sensorial. A avaliação da percepção dos consumidores com relação a gosto e odor na água de abastecimento foi efetuada por intermédio do número de reclamações registradas no Sistema de Gerenciamento ao Atendimento Operacional (SIGAO) por meio do telefone 195.

Análises sensoriais

As análises sensoriais foram efetuadas pelos técnicos da SABESP por meio de um Painel Sensorial, tomando por princípio o seu aprimoramento efetuado por Krasner et al (1985) e Bartels et al (1987) para a avaliação de águas de abastecimento. A classificação de gosto e odor em águas de abastecimento foi efetuada de acordo com as sugeridas por AWWA (1987) e Burlingame et al (1991), sendo um total de quatro e oito classificações para gosto e odor, respectivamente. Estas classificações deram origem a Roda de Gosto e Odor, sendo que a mesma abrange todas as sensações que têm sido documentadas nos últimos tempos para águas de abastecimento público.

Esta mesma Roda de Gosto e Odor foi posteriormente simplificada e traduzida por Mautone et al (2004) para a língua portuguesa, a fim de facilitar o trabalho dos técnicos no Brasil, tendo sido a mesma empregada na investigação experimental (Figura 1).

O Painel Sensorial utilizou um grupo de 4 ou 5 analistas selecionados e treinados, podendo-se utilizar pessoal técnico ou não técnico. De um modo geral, o Painel Sensorial é uma avaliação da percepção criada pelo gosto e odor de uma água de abastecimento e a caracterização de cada elemento sensorial (Analista) é a que contribui para a impressão final.

Apesar de existirem quatro gostos primários (doce, ácido, salgado e amargo), o número de odores é quase ilimitado. Como os seres humanos possuem memória organoléptica, eles são capazes de determinar diferenças entre sensações de odor e suas intensidades.

Assim sendo, o Painel Sensorial atuou como um instrumento analítico, onde os técnicos descreveram objetivamente os termos descritivos dos diferentes componentes odoríferos e gustativos presentes na amostra. As sessões foram efetuadas em sala especial, com hora marcada e nenhuma interrupção.

As amostras foram acondicionadas em frascos de vidro (erlenmeyers) com capacidade de 1.000 ml, com tampa de vidro esmerilhado ou teflon e submetidos à análise sensorial em temperatura ambiente. Podem ser empregados copos de plástico descartável, desde que estes não confirmem gosto e odor às amostras. Alguns analistas sentem cheiro de plástico ou aroma floral nas amostras usando este tipo de material. Neste caso devem ser utilizados frascos de vidro.

As principais recomendações efetuadas aos analistas é que estes não fumassem ou ingerissem alimentos durante, pelo menos, meia hora antes dos ensaios, bem como não utilizassem perfume, colônia ou lavassem as mãos com sabonete antes da sessão.

Durante a primeira sessão foram efetuadas uma descrição geral das impressões e característica de cada amostra, para que, nas sessões seguintes pudessem ser obtidas a concordância do tipo de gosto, odor e sua intensidade.

Inicialmente, os analistas reportaram as suas percepções sem discussões. Cada analista efetuou a sua própria análise da amostra, sendo depois discutidas as impressões em grupo e chegado a um consenso.

Para eliminar eventuais dúvidas com respeito a vários termos descritivos utilizados pelos membros do grupo, foram utilizados padrões de referência. Estes padrões de referências podem ser produtos químicos ou materiais natu-

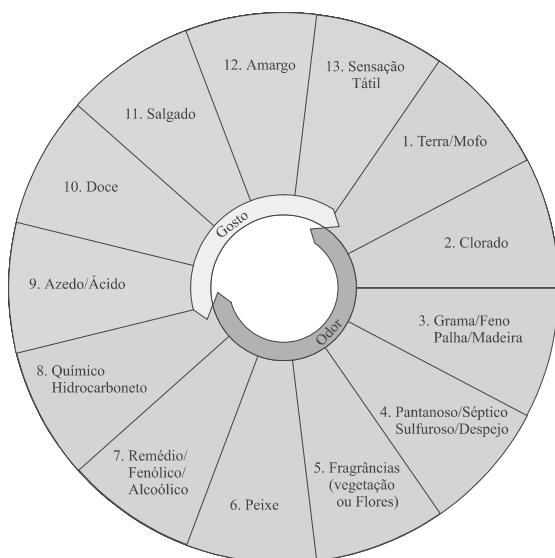


Figura 1 - Roda de gosto e odor simplificada para a avaliação das análises sensoriais efetuadas por meio de Painel Sensorial para as águas de abastecimento das ETAs ABV e TAT (Mautone et al, 2004)

rais que representem adequadamente as descrições dos termos. Uma vez que os principais odores identificados para as águas que abastecem a RMSP são do tipo “terra”, “mofo” e “gramíneo” e ocasionados pela presença dos compostos MIB e Geosmina na fase líquida, estes próprios foram empregados como padrões de referência (Alves, 2005).

Todos os gostos, odores e sensações táteis foram caracterizados, sendo atribuídas notas as suas intensidades. O odor é analisado inicialmente e posteriormente o gosto. A descrição de “after-taste”, a sensação a qual permanece na boca por um minuto depois de ingerido, também foi anotado. A intensidade de gosto ou odor foi julgada numericamente de acordo com a seguinte escala: isento (0), limiar (2), fraco (4), fraco a moderado (6), moderado (8), moderado a forte (10), forte (12).

Uma vez tendo cada analista reportado a presença de odor ou gosto em uma amostra e, tendo sido o mesmo reconhecido, era atribuída uma nota, de acordo com a escala apresentada. Caso a maioria dos analistas (número superior a 50%) tivesse concordado com uma determinada a descrição, era efetuada a média e atribuída uma nota à amostra.

Determinação analítica dos compostos causadores de gosto e odor na fase líquida

Dado que os compostos orgânicos comumente encontrados nos

mananciais que abastecem a RMSP e que conferem gosto e odor à água distribuída são os compostos MIB e Geosmina, estes foram identificados mediante o emprego de cromatografia gasosa associado a espectrômetro de massa (GC-MS).

Para tanto, as amostras de água bruta e tratada de ambas as ETAs estudadas foram coletadas em duplicada e acondicionadas em frascos de cromatografia com capacidade de 40 ml cada. As amostras foram refrigeradas entre 4° C a 10° C no momento da coleta e mantidas até o dia da análise. As amostras foram estocadas em ambiente livre de solventes e analisadas em um prazo inferior a 14 dias a partir da data de coleta.

Os compostos MIB e Geosmina, o padrão interno e padrão surrogado foram extraídos pela técnica de extração gás-líquido (Sistema Purge and Trap (PAT)). Os compostos foram retidos em um tubo contendo material adequado para adsorção, e em seguida, desorvidos e introduzidos na coluna capilar do cromatógrafo gasoso associado a espectrômetro de massa.

A temperatura da coluna foi programada para separar os compostos, os quais foram identificados pelo espectrômetro de massa. Os compostos eluídos da coluna capilar foram identificados pela comparação de seus espectros de massa e por seus tempos de detenção com os compostos de referência, que foram submetidos às mesmas condições de análise.

A concentração de cada composto identificado foi determinada pela relação da resposta de seu íon de quantificação e comparada com a resposta do íon de quantificação produzido pelo padrão interno. A faixa de trabalho para os compostos MIB e Geosmina é de 4 ng/L a 250 ng/L e, caso alguma amostra apresentasse valor superior a 250 ng/L, esta era diluída a fim de que a sua concentração situasse nesta respectiva faixa de trabalho.

Percepção dos consumidores

Dado que o abastecimento de água da RMSP é de natureza extremamente complexa, por envolver um total de 8 sistemas produtores de abastecimento de água, sendo estes interligados pelo Sistema Adutor Metropolitano (SAM) que, por sua vez, também podem abastecer diferentes centros de reservação, foi necessário efetuar a separação dos resultados de reclamações dos consumidores por sistema produtor.

Uma vez que foram produzidos objetos de análise os Sistemas Produtores do Guarapiranga e Alto Tietê, os valores de reclamação dos consumidores foram separados individualmente por sistema produtor, tendo tomado por base o intervalo de um dia como período de análise.

Os dados classificados por sistema produtor foram posteriormente reclassificados com respeito à natureza da ocorrência, uma vez que o problema que pode atingir a um dado consumidor pode ser de natureza distinta, podendo-se citar, falta de água, vazamento, ocorrência de água “vermelha”, água de característica “leitosa” e gosto e odor.

Os resultados relativos a problemas de gosto e odor em ambos os Sistemas Produtores do Guarapiranga e Alto Tietê foram tabulados e utilizados na interpretação da natureza dos problemas de gosto e odor que afetam a população abastecida.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Sistema produtos do Guarapiranga

A Figura 2 apresenta os resultados de concentração de MIB, Geosmina e Intensidade de Gosto e Odor para a

água final produzida pelo Sistema Produtor do Guarapiranga para o período de 2002 a 2004 e as Figuras 3, 4 e 5 apresentam as ocorrências de reclamações dos consumidores e concentrações de MIB e Geosmina para os anos de 2002, 2003 e 2004, respectivamente.

Durante a maior parte do período compreendido entre 2002 e 2004 (Figuras 3, 4 e 5), a preponderância dos compostos causadores de gosto e odor na água final produzida pela ETA ABV se deu pela presença de MIB na água final, em concentrações que se situaram na faixa de 100 ng/L a 300 ng/L e, esporadicamente, com concentrações em torno de 500 ng/L. Embora estas concentrações sejam consideradas elevadas, observa-se que o número de ocorrências de reclamações dos consumidores situou-se em torno de 10 por dia, valor este que pode ser considerado como relativamente baixo em relação à população abastecida.

Um aspecto interessante a ser abordado e que justifica o baixo número de reclamações por parte dos consumidores, ainda que as concentrações de MIB tenham se situado em torno de 300 ng/L a 500 ng/L nos episódios mais significativos, está relacionado ao fato de que a população abastecida pelo Sistema Produtor do Guarapiranga está sendo continuamente exposta a uma água final com concentrações elevadas de MIB desde o final da década de 90, sendo que, a partir daí, a SABESP estabeleceu prioridades no monitoramento da qualidade da água bruta e final com relação a gosto e odor, bem como iniciou um programa de desenvolvimento de técnicas analíticas que permitissem a identificação dos compostos orgânicos causadores destas ocorrências.

Portanto, ao longo de 15 anos de exposição contínua a uma água tratada contendo concentrações de MIB, ora baixas, ora elevadas, permitiu que a população se acostumasse com os seus odores característicos, tipicamente associados a “terra molhada”, “água de moringa” ou “filtro de barro”. Ao mesmo tempo, sabe-se que o composto MIB encontra-se em concentrações extremamente elevadas em uma série de alimentos, podendo-se citar a beterraba, cenoura e batata e, assim sendo, torna-se mais fácil a aceitação destes odores na água final pelos consumidores.

No entanto, observando a Figura 3, nota-se que no início do ano de 2002, ocorreram episódios de

concentrações de Geosmina na água final em torno de 600 ng/L a 3.000 ng/L, o que geraram em torno de 100 a 150 reclamações diárias por parte dos consumidores. Uma vez que ao longo do tempo em que tem sido monitorada a qualidade da água bruta e final produzida pelo Sistema Produtor do Guarapiranga, as ocorrências associadas à presença de Geosmina foram muito re-

duzidas quando da sua exposição à população, o impacto no tocante a percepção sensorial foi muito mais elevado. Aliado a este fato, ressalta-se que o composto Geosmina, muitas vezes, é identificado pelo consumidor como tendo um odor característico de “mofo” e “BHC”, sendo estes muito mais desagradáveis do ponto de vista sensorial quando comparado com o composto MIB.

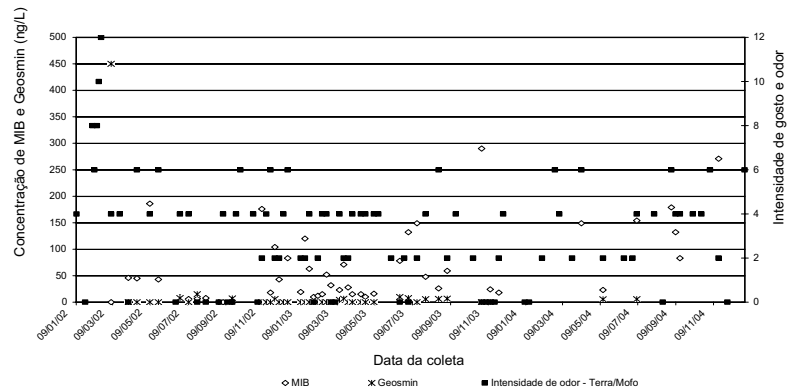


Figura 2 – Concentrações de MIB, geosmina e intensidade de gosto e odor para a água final produzida pelo sistema produtor do Guarapiranga no período de 2002 a 2004

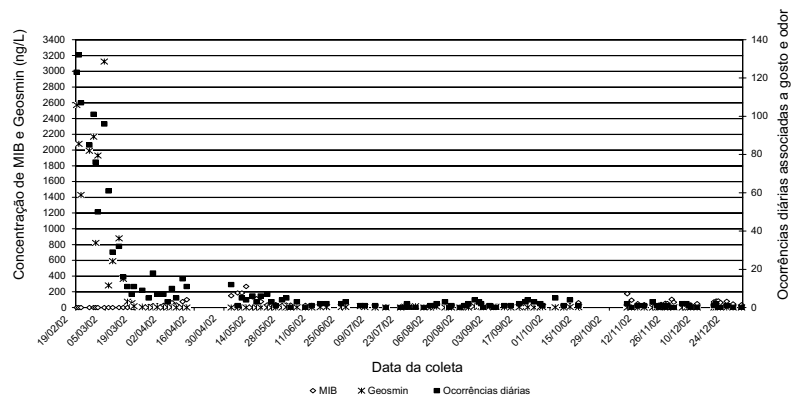


Figura 3 – Concentrações de MIB, geosmina e número de reclamações dos consumidores para a água final produzida pelo sistema produtor do Guarapiranga para o ano de 2002

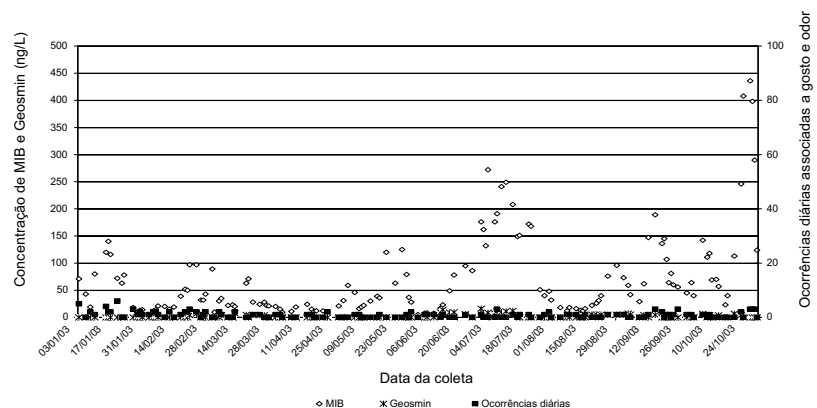


Figura 4 – Concentrações de MIB, geosmina e número de reclamações dos consumidores para a água final produzida pelo sistema produtor do Guarapiranga para o ano de 2003

Pode-se afirmar, portanto, que a população abastecida com água final que apresente episódios de gosto e odor é muito mais sensível do ponto de vista sensorial ao composto Geosmina do que quando comparado com o composto MIB e que, ao longo do tempo, esta mesma população tende a tornar-se mais tolerante com este último.

As implicações desta percepção sensorial da população com respeito a MIB e Geosmina, no que tange a operação de ETAs que possuam sistemas de tratamento que objetivem a remoção de compostos orgânicos causadores de gosto e odor é significativa, uma vez que, a tecnologia mais empregada para o seu controle é a adição de carvão ativado em pó (CAP), sendo este muito mais efetivo na remoção de Geosmina do que MIB (Lalezary et al, 1988; Ferreira Filho et al, 2002).

Deste modo, um aspecto de ordem prática e de grande significância, no que tange a percepção sensorial dos consumidores com relação à presença dos compostos MIB e Geosmina, na água bruta diz respeito à operação da ETA ABV. Embora a mesma seja do tipo convencional de ciclo completo, ela possui instalações que permitem a dosagem de CAP e permanganato de potássio na água bruta junto à captação, que permite que possa ser efetuado um controle dos problemas de gosto e odor associados à presença de compostos orgânicos subprodutos de algas e demais microrganismos. Devido à ambientação dos consumidores à água final contendo concentrações de MIB, em função de suas concentrações na fase líquida, não faz necessário que sejam efetuadas dosagens de CAP junto à água bruta, sendo que estas, de modo a serem efetivas na remoção de MIB, necessitam ser superiores a 20 mg/L (Ferreira Filho, 2001). Considerando os custos do CAP no território nacional (R\$ 2,50/kg) e a vazão da ETA ABV (14 m³/s), a supressão da dosagem de CAP, quando não necessária, permitiria uma economia diária em torno de R\$ 60.000,00, além de se evitar um aumento na produção de lodo.

Observando-se a Figura 2, pode-se notar que a análise sensorial baseada no Painel Sensorial foi extremamente eficaz na identificação de odores associados à terra e mofo devido a presença de Geosmina na água final, tendo sido reportado valores de intensidade de gosto e odor de 10 (moderado a forte) a 12 (forte).

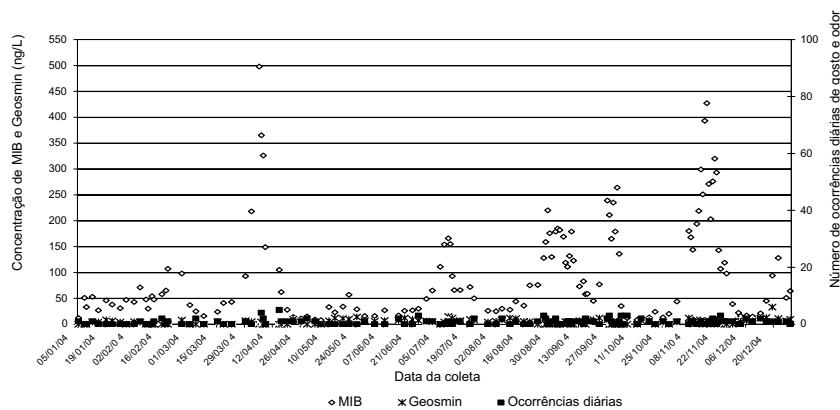


Figura 5 – Concentrações de MIB, geosmina e número de reclamações dos consumidores para a água final produzida pelo sistema produtor do Guarapiranga para o ano de 2004

Do mesmo modo, nos períodos em que as concentrações de MIB apresentaram-se elevadas na água final (em torno de 200 ng/L a 400 ng/L), ainda que a população não tenha gerado um número significativo de ocorrências de gosto e odor, o Painel Sensorial apresentou valores entre 4 (fraco) a 6 (fraco a moderado), tendo acusado, portanto, a ocorrência de gosto e odor associado à terra e mofo.

Em face das concentrações elevadas de MIB observadas na água final, era de se esperar que avaliação pelo Painel Sensorial apresentasse valores de intensidade de gosto e odor mais elevados. No entanto, uma das limitações na análise sensorial conduzida pelo Painel Sensorial é que a mesma foi executada para a água final sem que a mesma tivesse sido dechlorada. Desta forma, dado que as percepções sensoriais de odor são extremamente complexas e sujeitas a interferências devido a presença de inúmeros compostos causadores de odor, conforme reportado por Worley et al (2003), muito provavelmente, a presença do cloro na água final, em concentrações da ordem de 2,0 mg Cl₂/L, mascarou os resultados de intensidade de gosto e odor associado à terra e mofo produzido pelo Painel Sensorial.

Deste modo, sugere-se que, para águas que tenham sido sujeitas a processos de oxidação e desinfecção e que contenham concentrações residuais de cloro ou outros agentes desinfetantes, a análise sensorial seja efetuada para a amostra em seu estado original e posteriormente dechlorada com ácido ascórbico, a fim de ambas as impressões sensoriais possam ser obtidas, tanto para a amostra em seu estado natural, como também para a mesma livre da

interferência de agentes oxidantes e desinfetantes.

A grande vantagem das análises sensoriais em relação às técnicas de quantificação analítica dos compostos orgânicos causadores de gosto e odor em águas de abastecimento é a sua rapidez, sendo extremamente útil na definição de procedimentos operacionais a serem implementados na operação da ETA. As análises cromatográficas, de um modo geral, são de difícil execução e exigem um tempo relativamente longo. A menos que a companhia de saneamento possua um laboratório e equipe técnica própria, os resultados analíticos podem demorar dias, muitas vezes, semanas, ao passo que as análises sensoriais são praticamente imediatas, permitindo que possa ser rapidamente definida pela operação a necessidade ou não de troca do agente pré-oxidante, diminuição da dosagem do agente oxidante ou sua interrupção, aplicação de CAP e sua respectiva dosagem.

Sistema produtor do Alto Tietê

A Figura 6 apresenta os resultados de concentração de MIB, Geosmina e Intensidade de Gosto e Odor para a água final produzida pelo Sistema Produtor do Alto Tietê para o período de 2002 a 2004 e as Figuras 7 e 8 apresentam as ocorrências de reclamações dos consumidores e concentrações de MIB e Geosmina para os anos de 2003 e 2004, respectivamente.

Observando-se as Figuras 3, 4, 5, 7 e 8, nota-se que as reclamações de problemas de gosto e odor por parte dos consumidores de ambos os Sistemas Produtores ocorreu devido

a presença dos compostos MIB e Geosmina na água final e, de acordo com os resultados obtidos a partir do monitoramento da qualidade da água tratada, os compostos em questão nunca se apresentaram conjuntamente, ao contrário, sempre isoladamente.

Os problemas de gosto e odor observados para o Sistema Produtor do Alto Tietê apenas tornaram-se mais significativos a partir do ano de 2003, razão pela qual, anteriormente a esta data, não era efetuado o monitoramento da qualidade da água bruta e tratada com respeito aos parâmetros MIB e Geosmina. No entanto, em função do baixo custo e confiabilidade, eram conduzidas rotineiramente análises sensoriais a fim de que pudessem ser previstos eventuais episódios de gosto e odor na água bruta e tratada, bem como a deterioração da qualidade da água bruta do manancial.

Conforme observado na Figura 6, durante o ano de 2003, não foram observados problemas de qualidade

da água final com respeito a eventual presença de compostos orgânicos causadores de gosto e odor pelo Painel Sensorial e este fato acabou refletindo em um baixo número de reclamações por parte dos consumidores (Figura 7). No entanto, em abril de 2004, se observou valor elevado de intensidade de gosto e odor, da ordem de 8 (moderado) para a água final, sendo que as suas concentrações observadas de Geosmina situaram-se em torno de 50 ng/L a 450 ng/L.

Esta foi a primeira ocorrência de Geosmina na água bruta e final produzida pela ETA TAT e que foi fornecida a população abastecida pelo Sistema Produtor Alto Tietê e, em face da maior sensibilidade sensorial dos consumidores em relação ao composto Geosmina quando comparado com o MIB, automaticamente, foram registrados um número elevado de reclamações de gosto e odor por parte dos consumidores, da ordem de 100 a 200 ocorrências por dia.

Mais uma vez, pode-se observar que as análises sensoriais conduzidas por intermédio da técnica do Painel Sensorial se mostraram ser extremamente eficaz na predição de ocorrências de problemas de gosto e odor na água final, sendo que as análises conduzidas por intermédio de GC-MS permitiram identificar e quantificar qual composto estava relacionado com o respectivo episódio.

Do mesmo modo que observado para a população abastecida pelo Sistema Produtor Guarapiranga, também a tolerância da população atendida pelo Sistema Produtor do Alto Tietê se apresentou ser relativamente baixa com respeito a Geosmina.

No entanto, comparando-se as Figuras 5 e 8, pode-se observar comportamentos distintos das populações abastecidas pelos Sistemas Produtores Guarapiranga e Alto Tietê com respeito à ocorrência de MIB na água final. Conforme já comentado anteriormente, uma vez que a população abastecida pelo Sistema Produtor Guarapiranga já se encontra exposta a uma água final com concentrações de MIB relativamente elevadas, em função de suas características odorantes, ainda que tenham ocorrido episódios no qual as suas concentrações na fase líquida tenham sido próximos de 500 ng/L, não foram registrados durante estes períodos um número elevado de reclamações por parte dos consumidores, tendo-se observado, no máximo, 10 ocorrências diárias.

Por sua vez, quando da ocorrência do primeiro episódio em que foram observadas concentrações de MIB na água final produzida pelo Sistema Produtor do Alto Tietê, com valores situados entre 50 ng/L a 150 ng/L, observou-se um elevado número de reclamações de gosto e odor por parte dos consumidores, com valores de ocorrências em torno de 40 a 90 por dia.

Do mesmo modo que a população abastecida pela ETA ABV, acredita-se que, no futuro, também a população atendida pela ETA TAT venha a adquirir a mesma tolerância com relação ao odor de "terra" produzido pelo composto MIB, caso esta mesma população venha a ser exposta continuamente a uma água final contendo MIB em concentrações que possam ser perceptíveis.

As análises sensoriais conduzidas por intermédio do Painel Sensorial

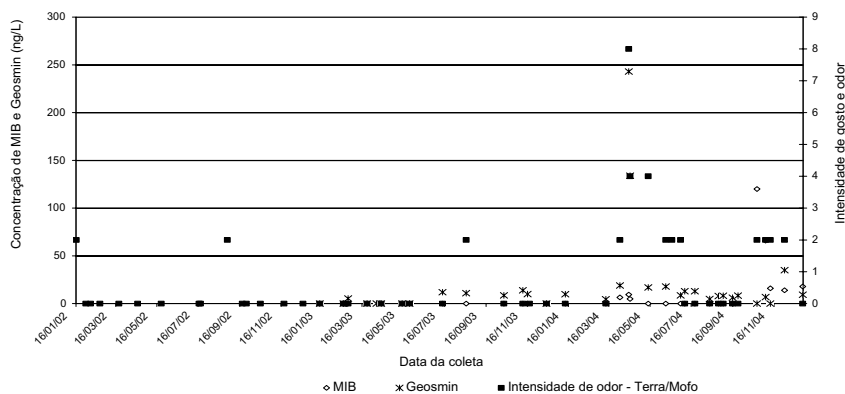


Figura 6 – Concentrações de MIB, geosmina e intensidade de gosto e odor para a água final produzida pelo sistema produtor do Alto Tietê no período de 2002 a 2004

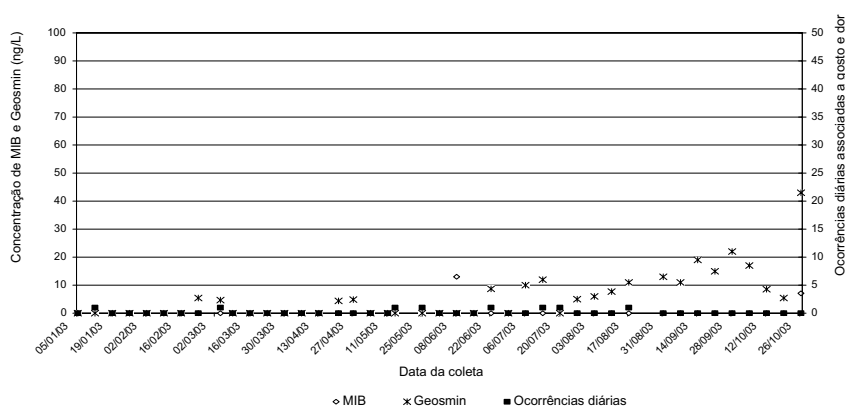


Figura 7 – Concentrações de MIB, geosmina e número de reclamações dos consumidores para a água final produzida pelo sistema produtor do Alto Tietê para o ano de 2003

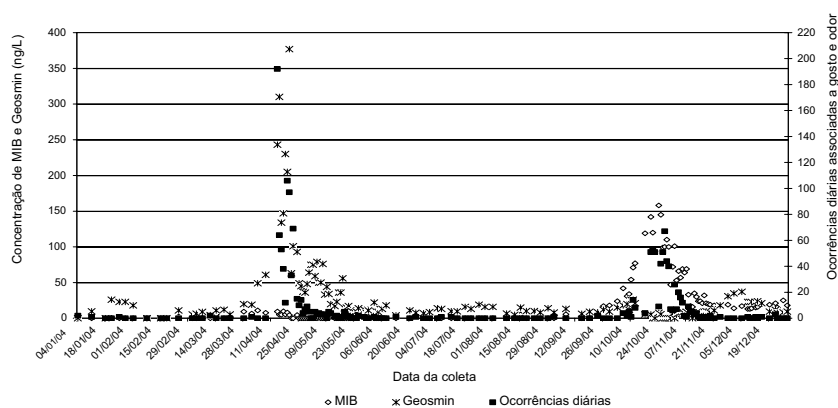


Figura 8 – Concentrações de MIB, geosmina e número de reclamações dos consumidores para a água final produzida pelo sistema produtor do Alto Tietê para o ano de 2004

foram extremamente úteis e de grande sensibilidade na identificação de odores de terra e mofo ocasionados pelo Geosmina e, tal qual ocorrido para a água final produzida pela ETA ABV, também as análises sensoriais efetuadas quando da ocorrência de MIB na água final parecem ter sido mascaradas pela presença de cloro livre, uma vez que, de acordo com a Figura 6, quando da presença de uma concentração da ordem de 100 ng/L a 150 ng/L, os valores de intensidade de gosto e odor situaram-se na faixa de 2 (limiar).

Assim sendo, reforça-se a necessidade de que as análises sensoriais sejam sempre efetuadas com as amostras em seu estado natural e, também, declaradas, a fim de que possam ser eliminadas as interferências com respeito à presença de concentrações residuais de agentes desinfetantes. Com base em resultados preliminares e de acordo com recomendações efetuadas por Worley et al (2003), o ácido ascórbico tem-se mostrado ser o agente de cloração que menos apresenta interferências sensoriais na amostra a ser avaliada por intermédio do Painel Sensorial.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

Com base no exposto e em função dos resultados experimentais obtidos, pode-se concluir que:

- Os problemas de gosto e odor nas observados nas águas tratadas nas ETAs ABV e TAT, durante o período de 2002 a 2004, estiveram relacionados a presença dos compostos MIB e Geosmina, sendo que estes sempre foram identificados isoladamente na água final.

- A análise sensorial apresentou-se ser extremamente eficiente para a previsão do aparecimento de odores associados a terra e mofo devido a presença de MIB e Geosmina, assim como para a detecção da presença dos mesmos na ETA ABV, sendo estes posteriormente confirmados e quantificados por intermédio da execução de análises de GC-MS.

- A população abastecida pelos Sistemas Produtores Guarapiranga e Alto Tietê se têm mostrado muito mais sensível do ponto de vista sensorial ao composto Geosmina do que quando comparado com o composto MIB e que, ao longo do tempo, esta mesma população tende a tornar-se mais tolerante com este último, podendo suportar concentrações da água final em torno de 100 ng/L a 150 ng/L.

- Uma vez que as percepções sensoriais de odor são extremamente complexas e sujeitas a interferências, observou-se que a presença de concentrações residuais de cloro livre mascararam os resultados de intensidade de gosto e odor associado à terra e mofo produzido pelo Painel Sensorial, mais significativamente para MIB do que quando comparado com a Geosmina.

- Deste modo, sugere-se que a análise sensorial seja efetuada para a amostra em seu estado original e posteriormente declarada com ácido ascórbico a fim de ambas as impressões sensoriais possam ser obtidas, tanto para a amostra em seu estado natural, como também para a mesma livre da interferência de agentes oxidantes e desinfetantes.

- Recomenda-se que, para Companhias de Saneamento que possuam mananciais que apresentem problemas de gosto e odor, sejam olvidados

esforços para implantação de análises sensoriais baseadas na técnica de Painel Sensorial, em face de sua potencialidade da previsão e identificação de gosto e odores presentes na água tratada que possam causar inconvenientes à população, bem como por permitir um melhor controle das técnicas de tratamento que venham a ser adotadas em suas ETAs para a minimização destas ocorrências.

AGRADECIMENTOS

A SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), por permitir a realização do Projeto de Pesquisa por intermédio da Unidade de Negócio de Produção de Água da Metropolitana (MA) e Departamento de Controle de Qualidade (TCC).

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. *Técnicas de avaliação de gosto e odor em águas de abastecimento: método analítico, análise sensorial e percepção dos consumidores*. Dissertação de Mestrado - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 227p. 2005.
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. *Identification and treatment of taste and odors in drinking water*. Denver, AWWA, December, 1292p. 1987.
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. *Advances in taste and odor treatment and control*. Denver, AWWA, 385p. 1995.
- APHA, AWWA & WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, Clesceri, L. S.; Greenberg, A.E.; Eaton A.D., 20th Ed., Washington-USA, 1998.
- BARTELS, J.H.M., BURLINGAME, G.A., SUFFET, I.H. *Flavor profile analysis: taste and odor control of the future*. Journal American Water Works Association, p.50-55, March, 1986.
- BARTELS, J.H.M., BRADY, B.M., SUFFET, I.H. *Training panelists for the flavor profile analysis*. Journal American Water Works Association, p.26-31, January, 1987.
- BURLINGAME, G.A., KHIARI, D., SUFFET, I.H. *Odor reference standards: the universal language*. In: AWWA WATER QUALITY TECHNOLOGY CONFERENCE. Orlando, Florida. p.7-39, 1991.
- FERREIRA FILHO S.S. *Otimização da Aplicação do CAP no Tratamento de Água Visando a Redução de Compostos Orgânicos Causadores de Odor e Sabor em Águas de Abastecimento*. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 1, n. 4, p. 131-43, Out/Dez. 1996.1
- FERREIRA FILHO, S.S. et al. *Taste and odor control for drinking water supply: a combined solution of chemical oxidation and powdered activated carbon adsorption*. In: VII CHEMICAL WATER AND WASTEWATER TREATMENT, Springer-Verlag, Berlin, p.109-117, 2002.

FERREIRA FILHO S.S. *Remoção de Compostos Orgânicos Causadores de Gosto e Odor em Águas de Abastecimentos: Modelação Matemática e Otimização do Processo de Adsorção em CAP para o Sistema Produtor do Guarapiranga*. Tese de Livre Docência apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 333 p. 2001.

KRASNER, S.W., MCGUIRE, M.J., FERGUNSON, V.B. *Tastes and odors: The Flavor Profile Method*. Journal American Water Works Association, p.34-39, January, 1985.

LALEZARY, S. et al. *Optimizing the removal of Geosmina and 2-methylisoborneol by activated carbon*. Journal American Water Works Association, p. 73-80, March. 1988.

MAUTONE, C., KAZUKO, M. *Apostila para curso de análise sensorial*. SABESP - São Paulo, 2004.

MONTGOMERY, J. *Water treatment: principles and design*. 2a edição, New York, John Wiley & Sons, 1968 p. 2005.

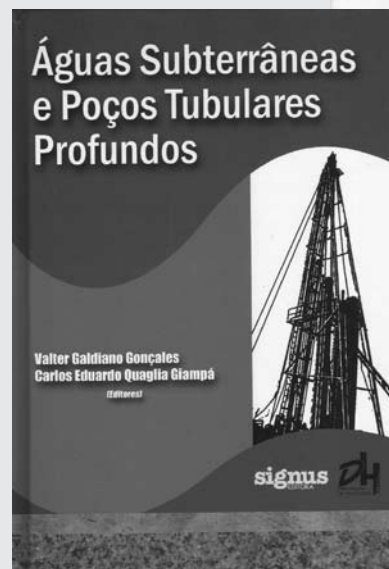
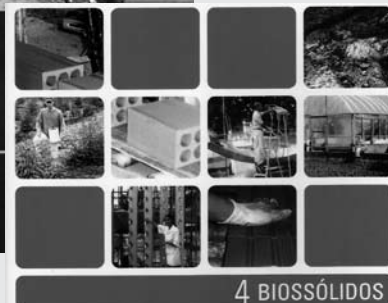
RASHASH, D.M.C., DIETRICH, A.M., HOEHN, R.C. *FPA of selected odorous compounds*. Journal of American Water Works Association. p. 131-141. April 1997.

WORLEY, J.L., DIETRICH, A.M., HOEHN, R.C. *Dechlorination techniques to improve sensory odor testing of Geosmina and 2-MIB*. Journal American Water Works Association, p. 109-117, March, 2003.

Sidney Seckler Ferreira Filho
Departamento de Engenharia
Hidráulica e Sanitária
Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo
Av. Prof. Almeida Prado, Travessa
2, n.271
Prédio de Engenharia Civil
Cidade Universitária
05508-900 São Paulo - SP - Brasil
Tel.: (11) 3091-5220/3091-5444
Fax: (11) 3091-5423
E-mail: ssffilho@usp.br



LOJA DE LIVROS ESPECIALIZADA EM SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE



ALTERNATIVAS DE USO DE RESÍDUOS DO SANEAMENTO
 Coordenador: Cleverson Vitorio Andreoli



Listagem organizada por assunto e tabela de preços
www.abes-dn.org.br