

I-373 - TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE GOSTO E ODOR UTILIZADAS EM ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO PELA COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP

Rosemeire Alves Laganaro

Química, Supervisora do Departamento de Recursos Hídricos Metropolitanos da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Allan Saddi Arnesen

Engenheiro do Departamento de Execução de Projetos de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Adilson Macedo

Biólogo do Departamento de Recursos Hídricos Metropolitanos da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Endereço⁽¹⁾: Estrada Santa Inês, Km 2 – Mandaqui – São Paulo – SP - CEP: 02639-000 - Brasil - Tel: +55 (11) 2208-0620 - e-mail: ralves2@sabesp.com.br

RESUMO

O propósito deste trabalho é apresentar as principais ferramentas utilizadas na SABESP para quantificar e/ou qualificar os principais compostos causadores de gosto e odor, no caso, Metilisoborneol (MIB) e Geosmina (GEO), apresentando resultados de MIB/GEO, Painel Sensorial, tipos e contagem de *cianobactérias* correspondentes, e número de reclamações de consumidores, com dados de 2014 a 2016, comparando-os, ainda, com dados mais antigos, de 2003 e 2004.

Com a continuidade e aprimoramento destes ensaios e registros de dados ao longo dos anos, os quais se tornaram ferramentas eficazes para tomadas de decisões, a SABESP conseguiu fazer importantes intervenções junto aos seus mananciais com problemas de gosto e odor, minimizando, consideravelmente, tais problemas, conforme são mostrados em resultados, nos gráficos para MIB e GEO, para dois sistemas (Guarapiranga e Alto Tietê), antes e depois do manejo.

PALAVRAS-CHAVE: MIB, GEO, Gosto e Odor, Painel Sensorial, *Cianobactérias*.

INTRODUÇÃO

Com o aumento da frequência de ocorrência de problemas de qualidade da água, e a diminuição do intervalo de tempo disponível para resolver tais problemas, torna-se imprescindível o entendimento das origens e complexidade da poluição como um todo, para que possam desenvolver novos estudos no que diz respeito ao tratamento de águas, para melhor viabilizá-la para consumo humano (TUNDISI, 2000).

Características organolépticas, como gosto e odor, possuem grande importância para avaliação da qualidade da água, pois os consumidores podem não conhecer o que seja pH, alcalinidade ou sólidos totais dissolvidos, mas sabem muito bem quando uma água está com gosto e/ou odor desagradáveis ou diferentes dos conhecidos habitualmente (DAT NGUYEN, 1999).

A terminologia utilizada é a chave para entender como descrever problemas de gosto e odor, portanto, a seguir, alguns conceitos básicos.

Sabor é um termo usado para descrever a experiência percebida quando a água está na boca. O sabor consiste em três sensações separadas: gosto, odor e sentimentos. “*Aftertaste*” é o termo utilizado para a sensação que fica na boca após engolir a água. Existem cinco tipos de gosto: azedo, doce, salgado, amargo e umami (termo japonês que significa saboroso, uma propriedade conferida pela combinação do glutamato monossódico, característico deste gosto, com moléculas de outros alimentos, não esperado que ocorra em água).

O odor da água envolve cheiro e sensações de sentimentos no nariz. Os tipos de odor são inúmeros e são, tipicamente, associados com o passado, como por exemplo, rosas, cebola, borracha, etc. Um gosto ou odor pode ser descrito por termos como metálico ou mofo, a por uma intensidade como fraca ou forte.

Como problemas com gosto e odor são de natureza estética, e não tipicamente de saúde pública ou regulatória, a motivação para resolvê-los costuma ser lenta e insuficiente (BOOTH et al, 2011).

A remoção de gosto e odor das águas para abastecimento público é de grande importância, pois sua presença pode fazer com que o consumidor questione sua adequação para consumo, embora não possa ser diretamente relacionado com a segurança da água.

Quando se é caracterizado gosto e/ou odor em águas, é necessário que este seja qualificado e medido para que se busque uma solução (COMMITTEE ON ODORS FROM STATIONARY AND MOBILE SOURCES, 1979).

Uma das razões para a ineficácia no gerenciamento e controle de problemas de gosto e odor, é a falta de entendimento dos parâmetros que devem ser controlados. A grande maioria dos operadores, gerentes e técnicos de laboratórios nunca foram treinados para conhecer e dimensionar tais parâmetros. Além disso, os problemas de gosto e odor, frequentemente, ocorrem de maneiras inesperadas, vem e vão, às vezes muito rapidamente, como depois de uma tempestade ou um lançamento em reservatório. Quando os problemas originam-se de reclamações de consumidores, tornam-se muitas vezes, difíceis de serem interpretados, pois suas descrições podem ser confusas e enganosas.

Assim que um problema de gosto e odor aparece, dados devem ser coletados rapidamente para determinar se o problema está melhorando ou piorando, e se algum manejo, seja no reservatório ou no tratamento, precisará ser alterado. Tais dados devem incluir a aparência da superfície da água ou se houve relatos de despejos. Cautela e experiência são requeridas para montar e analisar todas as informações, a fim de tomar decisões assertivas e evitar associações erradas ou ainda, seguir velhos passos ineficientes.

Vários relatos bibliográficos demonstram fracasso na solução do problema, devido a erros cometidos nos primeiros momentos do início do episódio, dificultando, ou até mesmo, impossibilitando qualquer orientação para sua solução. A seguir alguns exemplos:

- ✓ As amostras coletadas não foram representativas;
- ✓ Volume insuficiente de amostra para realizar a caracterização completa e necessária dos parâmetros requeridos;
- ✓ Ausência de dados adicionais, tais como o tipo de alga, e não somente o total de células, cloro residual, ou ainda concentração de ferro dissolvido;
- ✓ Superficialidade na descrição do problema, como por exemplo: “água com cheiro ruim”.

Uma causa natural de odor muito comum, em águas subterrâneas, é o sulfeto de hidrogênio originário da bactéria redutora de sulfato, causando um odor detestável de ovo podre. Sulfeto de hidrogênio pode, também, ser produzido em zonas anóxicas de um reservatório. Fontes antropogênicas têm gerado contaminantes em águas subterrâneas que causam odor, tais como: bromodiclorometano, clorofórmio, éter metil-terc-butilico (MTBE), percloroetileno (PCE), também conhecido como tetracloroetano, e tricloroetano (TCE). MTBE tem sido uma preocupação particular por seu impacto no odor das águas.

Enquanto as águas subterrâneas apresentam odores muito baixos ou quase nenhum odor, as águas superficiais tendem a apresentar odor como parte integrante de si, sendo entre os mais comuns: terra, mofo, grama, vegetação, pântano, vegetação em decomposição e peixe. O decaimento da biomassa algal ou das plantas terrestres podem resultar nos odores de vegetação em decomposição, ovo podre e séptico, causados pelos alquil-sulfetos. Bactérias sulfurosas podem quebrar as proteínas e aminoácidos (blocos para construção da vida) presentes, e transformá-los em sulfetos orgânicos, dentre os mais conhecidos: dimetil-sulfeto, dimetil-disulfeto e dimetil-trissulfeto, os quais liberam odores de vegetação em decomposição e séptico.

Cianobactérias, algas verdes e diatomáceas têm sido apresentadas como causadoras de vários odores, tais como grama, peixe, medicinal e pepino. O odor de pepino é causado pelo lançamento de um aldeído, conhecido como trans-2,cis-6-nonadienal.

Problemas com gosto e odor, muitas vezes, podem ser causados por certos tipos de bactérias, as quais podem produzir ferro, manganês e sulfetos. Estes problemas podem ser indicados pela bioincrustação das bombas, corrosão de materiais férricos, água escura ou avermelhada, partículas inorgânicas ou biológicas. Crescimento de limo é algumas vezes, mas não sempre, indicador da presença de tais bactérias.

Os odores mais comuns causados por proliferação de algas são terra e mofo, associados com os lançamentos de geosmina e 2-metilisoborneol (MIB), respectivamente. Geosmina e MIB são muito similares e encontrados no mundo todo. Geosmina tem um odor terroso, de pó, palha, beterraba, e costumam ocorrer em níveis de 2 a 200 ng/L. MIB tem um odor terroso, de mato molhado, pantanoso, e costumam ocorrer em níveis de 2 a 100 ng/L. Algumas vezes, eles ocorrem juntos. Ambos são produzidos por *cianobactérias*. Os métodos analíticos tem sensibilidade em torno de 5 ng/L. Seus odores podem ser percebidos no limiar de 5-10 ng/L, para profissionais sensíveis e bem treinados.

Odores de terra/mofo podem ocorrer, também, quando não é observado crescimento de algas na coluna d'água. Várias espécies de *actinomicetos* (*Streptomyces*, *Nocardia*, *Microbispora*) podem produzir, também, geosmina e MIB. Como esses organismos podem ser arrastados dos solos, durante as chuvas, e estão presentes em sedimentos de fundo ou no interior das células das algas, sua presença durante os episódios de odor é mais difícil de demonstrar. Estas bactérias podem produzir, também, odor de batata, causado pelo composto 2-isopropil-3-metoxipirazina.

Actinomicetos são muito difíceis de medir e monitorar. O método de cultura também é muito difícil. A ocorrência deles em água pode ser causada por esporos ou fragmentos vegetativos. Assim, detectá-los não indica se estão em crescimento ou meramente adormecidos (BOOTH et al, 2011).

Nos últimos doze anos, desde a publicação em 2005, da primeira correlação dos resultados de MIB/GEO, Painel Sensorial, contagem e definição de tipos de *Cianobactérias*, além do número de reclamações de consumidores (ALVES,2005), alguns avanços foram realizados na técnica analítica, capaz de quantificar os principais compostos causadores de gosto e odor, MIB e GEO, na identificação dos tipos de cianobactérias capazes de produzir tais compostos, e na abordagem da Legislação em relação à importância do Painel Sensorial. A legislação vigente para água tratada (Portaria 2914/11) incluiu, conforme anexo X, na Tabela de Padrão Organoléptico de Potabilidade, um valor máximo permitido (VMP) de intensidade 6, ao parâmetro Gosto e Odor, o qual antes desta revisão, citava, somente, objetável ou não objetável como forma de análise para determinada água final. Esta mudança exigiu dos laboratórios de água, a implantação do Painel Sensorial como forma definitiva de ensaio para este fim.

Com a continuidade e aprimoramento destes ensaios e registros de dados ao longo dos anos, os quais se tornaram ferramentas eficazes para tomadas de decisões, a SABESP conseguiu fazer importantes intervenções junto aos seus mananciais com problemas de gosto e odor. Apoiada nas Resoluções Conjunta SMA/SSRH-4 de 22/11/12 e CONAMA 467 de 16/07/15, as quais regulamentam a utilização de algicidas para controle de organismos ou contaminantes em corpos hídricos superficiais, utilizando, somente, produtos cadastrados no IBAMA, e autorizada e monitorada pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), anualmente, a empresa conseguiu mitigar, consideravelmente, seus problemas de gosto e odor, cujos resultados serão apresentados a seguir.

OBJETIVO

Apresentar as principais ferramentas utilizadas na SABESP para quantificar e/ou qualificar os compostos causadores de gosto e odor: resultados de MIB/GEO, Painel Sensorial, tipos e contagem de *cianobactérias* correspondentes, e número de reclamações de consumidores, com dados gerados de 2014 a 2016, comparando-os, ainda, com alguns dados gerados em 2003 e 2004.

MATERIAIS E MÉTODOS

A SABESP é uma das maiores empresas de saneamento do mundo, tendo sido constituída em 1973, é uma empresa de economia mista (formada por recursos financeiros público e privado). O governo do Estado de São Paulo é seu maior acionista e é quem define a política da empresa com respeito ao saneamento e aproveitamento dos recursos hídricos. Segundo essa política, a SABESP executa serviços e dá assistência técnica aos municípios.

A escolha dos Sistemas Produtores de Água para análise neste trabalho foi baseada em seus históricos de problemas de gosto e odor ao longo dos últimos anos. São eles: Sistema Guarapiranga, o qual produz 16 m³/s, abastecendo 5,6 milhões de pessoas nas regiões Sul e Sudoeste da capital, e o Sistema Alto Tietê, o qual

produz 15 m³/s, e abastece 5 milhões de pessoas na região Leste da Capital e os municípios de Arujá, Itaquaquecetuba, Ferraz de Vasconcelos, Suzano, Mauá, Mogi das Cruzes, parte de Santo André e dois bairros de Guarulhos (Pimentas e Bonsucesso).

O Sistema Guarapiranga será representado neste estudo, por dados obtidos através de seu ponto de captação, da Represa Guarapiranga, e de sua água final, da Estação de Tratamento de Água Rodolfo José Costa e Silva (RJCS).

O Sistema Alto Tietê será representado por dados obtidos através de seu ponto de captação, da Represa Taiacupeba, e de sua água final, da Estação de Tratamento de Água Taiacupeba.

A técnica de Painel Sensorial utilizada é baseada no método oficial do *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*, 22a edição. 2012, 2170 – Flavor Profile Analysis.

A Análise de Perfil de Sabor é uma das várias técnicas para identificar gosto e odor em uma amostra de água. Ela é utilizada para projetar os possíveis gostos e odores que os consumidores possam vir a citar, reclamar, etc. O ponto forte desta análise é que ela é feita por profissionais muito bem treinados, com vocabulário padronizado, o que facilita muito o discernimento para expressar pequenas nuances em amostras de água diferentes.

Cada analista, de um grupo de 4 ou 5 pessoas, atribui para cada amostra, descrições diversas de gostos, odores e sensações, com intensidades respectivas, as quais são baseadas em padrões pré-estabelecidos. Após o trabalho individual, o grupo reúne-se para chegar a um consenso sobre suas percepções, resultando em um único relatório final.

A intensidade de cada gosto e odor é determinada de acordo com os dados a seguir:

- - sem gosto e/ou odor
- 1 – limiar
- 2 – muito fraco
- 4 – fraco
- 6 – fraco a moderado
- 8 – moderado
- 10 – moderado a forte
- 12 – forte

A SABESP disponibiliza para seus consumidores, no quesito reclamações, além do telefone 195, o mais antigo canal de atendimento, inúmeras outras facilidades, tais como *chat*, SMS, mensagens fonadas, agência virtual, atendimento exclusivo às pessoas com deficiência auditiva, além do Sabesp *Mobile*, um aplicativo que facilita bastante a vida daqueles que fazem tudo *on-line*.

As reclamações são registradas por modalidade, tais como: vazamentos, contas de água, gosto e odor, etc. Neste trabalho, compilamos, apenas, os dados gerados destes canais, referentes à qualidade da água, ou seja, gosto e odor.

As amostras para leitura de *cianobactérias* foram analisadas *in vivo*, sem preservação. Para sua classificação e quantificação, foi utilizado o método de *Sedgwick-Rafter*, Contagem de Organismos 10200F, SMEWW 22ª edição. Para sua preparação e concentração, foram utilizados funis de filtração e câmaras de contagem do mesmo nome. A leitura foi realizada em microscópio óptico, marca *ZEISS*, com aumento de 100X.

As *cianobactérias* dos gêneros *Pseudanabaena sp* e *Pseudanabaenaceae sp* podem produzir MIB, e os gêneros *Microcystis* e *Dolichospermum sp*, GEO.

Os produtos químicos utilizados, no manejo dos mananciais, sob supervisão anual da CETESB, conforme mencionado anteriormente, são o sulfato de cobre pentahidratado, para combate aos gêneros produtores de GEO, e peróxido de hidrogênio, para combate aos gêneros produtores de MIB.

O ensaio de MIB/GEO é baseado no método oficial 6040 D – Cromatografia Gasosa acoplada ao Espectrômetro de Massa (CG/MS), e extração por SPME (Microextração em Fase Sólida), também, do

SMEWW, 22a edição. O equipamento utilizado foi da marca *Agilent*, modelos 7890A e 5975C, acoplados ao amostrador automático *Combi Pal*.

Microextração em Fase Sólida para compostos causadores de gosto e odor, baseia-se em compostos alvo, fixando-os em uma fibra flexível revestida de divinilbenzeno-carboxen-polidimetilsiloxano. A fibra não entra em contato com a amostra (meio líquido); é colocada no “*headspace*” do frasco até obter o equilíbrio entre as duas fases, por meio de agitação/aquecimento. Após este equilíbrio ser estabelecido, a fibra é removida do frasco e inserida no injetor do sistema CG/MS, diretamente na coluna cromatográfica, através do processo de desorção, em alta temperatura. Os compostos de interesse devem ter seus íons específicos monitorados, comparados com padrões inseridos em curvas de calibração. O método foi validado para MIB, GEO e para Isopropil-Metoxi-Pirazina, o qual é utilizado como padrão traçador do processo de ensaio (surrogate), e pode ser utilizado para outros compostos. A técnica de SPME é muito mais rápida e utiliza muito menos volume de amostra do que as técnicas anteriormente utilizadas, como por exemplo, *closed-loop stripping*. O ponto crítico desta técnica é a extração, pois é ela quem define o fator resposta de recuperação, portanto as amostras e padrões devem ser extraídos, exatamente, nas mesmas condições e da mesma maneira. Daí a importância de um amostrador/extrator automático, garantindo a repetibilidade e a reprodutibilidade do ensaio.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta uma avaliação das técnicas de caracterização de gosto e odor na água, suas relações entre si, e com a proliferação de *cianobactérias* em dois importantes sistemas da Região Metropolitana de São Paulo, no intervalo de dez anos, porém em ambos, os dados foram gerados em períodos de seca, historicamente registrados, sendo em 2003 e 2004, o segundo período significativo, e em 2014, a maior crise hídrica da história. Desta forma, a sazonalidade não se apresenta como uma possível variável na análise crítica realizada.

RESULTADOS

Os gráficos das Figuras 1 e 2 apresentam, para os Sistemas Guarapiranga e Alto Tietê, respectivamente, a variação das concentrações de MIB e Geosmina na água final ao longo dos anos de 2014 a 2016. Nestes mesmos gráficos foram plotados os resultados da análise de Painel sensorial, com valores de intensidade de Odor de Terra ou Mofo.

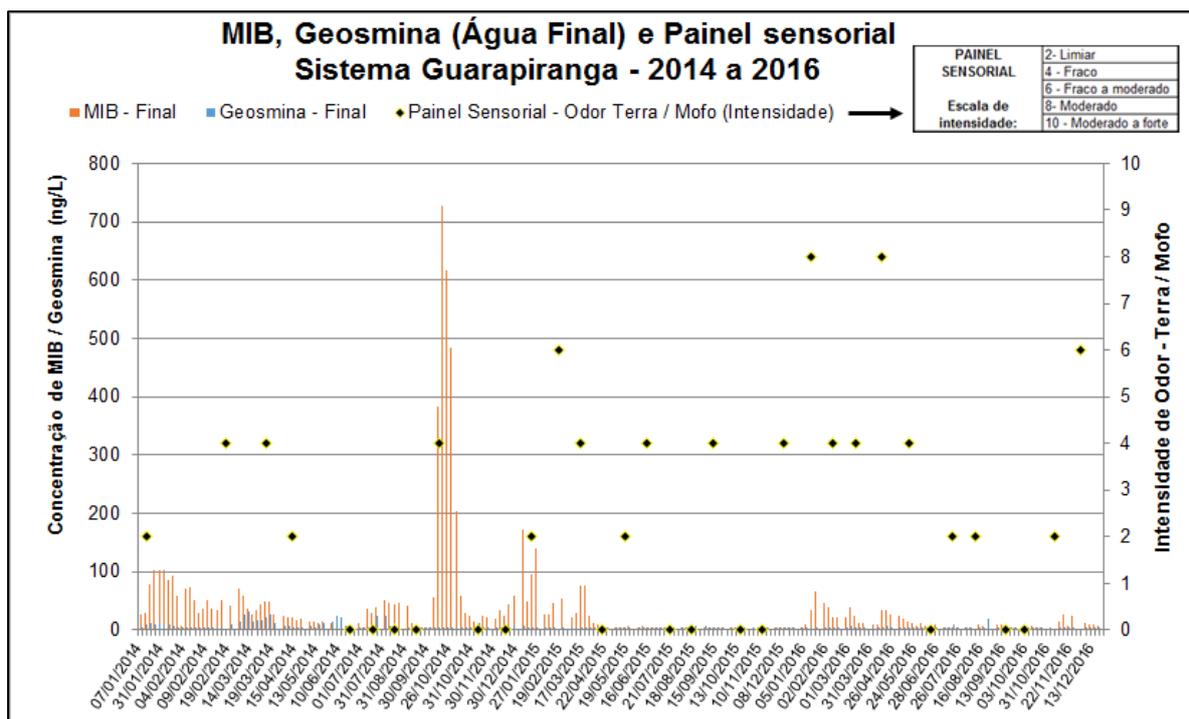


Figura 1: Resultados das análises de MIB e Geosmina e do Painel sensorial (Intensidade de Odor de Terra / Mofo) da água final do Sistema Guarapiranga dos anos de 2014 a 2016.

Por motivos organizacionais, os dados não são congruentes em sua grande maioria, ou seja, as coletas das amostras para MIB/GEO e das amostras para Painel Sensorial, não coincidem entre si, portanto, a análise crítica foi realizada por médias e grupos.

Além disso, os ensaios de Painel Sensorial são realizados em minoria frente aos de MIB/GEO, gerando bem menos dados no mesmo período analisado para ambos, uma vez que o ensaio de Painel requer a utilização do ser humano, como única ferramenta. Além disso, são necessárias, no mínimo, três pessoas treinadas e disponíveis ao mesmo tempo para tal, gerando, apenas, um dado para cada meia hora. Já o ensaio de MIB/GEO, devido a sua alta tecnologia, não requer mais do que um técnico disponível, gerando inúmeros dados, automaticamente, sem a necessidade da presença constante deste técnico, podendo o equipamento trabalhar até mesmo durante a noite e finais de semana.

Analisando a Figura 1, pertencente ao Sistema Guarapiranga, percebe-se a predominância de MIB ao longo dos anos de 2014 a 2016, com as seguintes observações:

- ✓ Episódios com valores de MIB < 50 ng/L, sem percepção do Painel Sensorial para os odores terra/mofo, característicos deste composto;
- ✓ Episódios com valores entre 50 e 100 ng/L de MIB, com percepção do Painel de 2 a 4 de intensidade (limiar ou muito fraco a fraco);
- ✓ Episódios em torno de 150 ng/L, com percepção do Painel de 4 a 6 de intensidade (fraco a fraco a moderado);
- ✓ O Painel percebeu 4 de intensidade (fraco) no episódio em torno de 300 ng/L de MIB;
- ✓ Não houve o ensaio de Painel Sensorial nos picos de 500 a 700 ng/L de MIB;
- ✓ A Portaria 2914/11 determina limite máximo de percepção para gosto e odor, a intensidade 6 (fraco a moderado). Em janeiro e abril de 2016, foi percebida a intensidade 8 (moderado), para valores de MIB < 50 ng/L, intensidade alta para este nível de detecção. Este episódio atípico pode ser atribuído à contaminação de material do ensaio de Painel Sensorial, presença de outro odor que não terra/mofo, na amostra, gerando confusão entre os painelistas, ou, simplesmente, sensibilidade diferenciada destes painelistas, o que pode acontecer, uma vez que é um ensaio subjetivo; daí a importância de treinamentos bem fundamentados e com alta frequência.

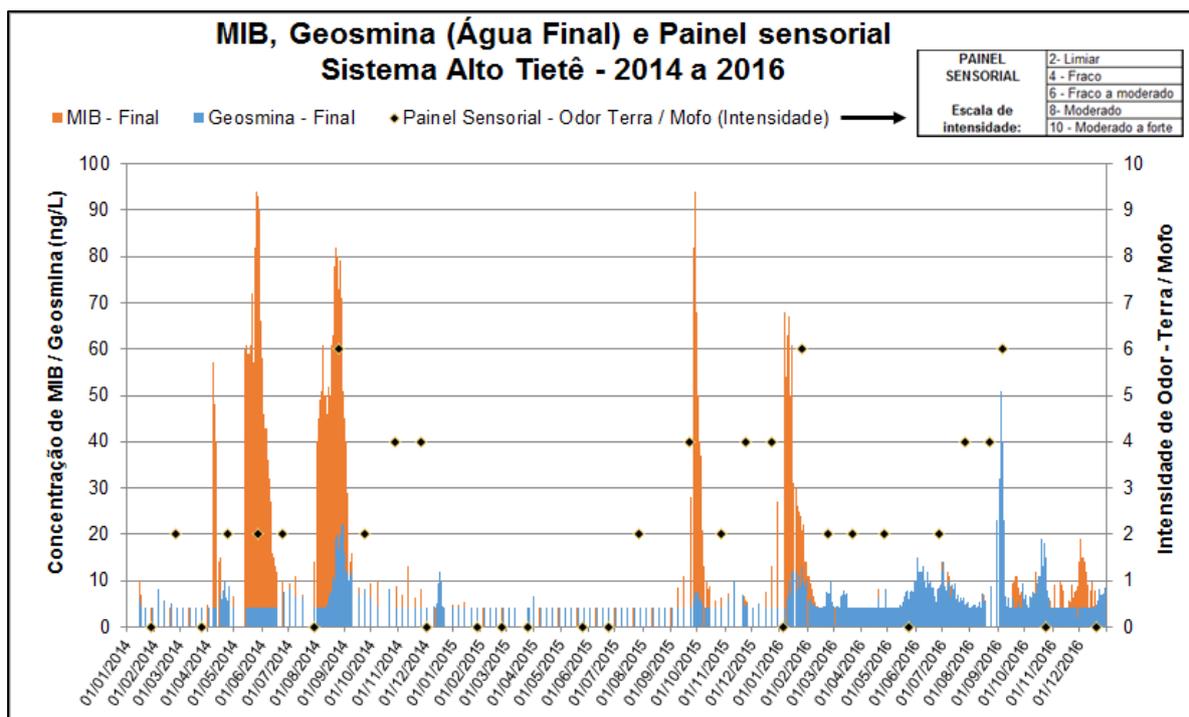


Figura 2: Resultados das análises de MIB e Geosmina e do Painel sensorial (Intensidade de Odor de Terra / Mofo) da água final do Sistema Alto Tietê dos anos de 2014 a 2016.

Analisando a Figura 2, pertencente ao Sistema Alto Tietê, percebe-se a predominância de MIB, porém com episódios menores, também, de GEO, ao longo dos anos de 2014 a 2016, com as seguintes observações:

- ✓ Episódios com valores de GEO < 20 ng/L, com percepção do Painel de 2 a 4 de intensidade (limiar ou muito fraco a fraco). Neste momento percebe-se como o composto GEO é bem mais perceptível do que o composto MIB, mesmo em concentrações menores, pois o Painel não percebeu valores de MIB em torno de 50 ng/L, ou seja, mais que o dobro do valor detectado e percebido para GEO;
- ✓ Enquanto no Sistema Guarapiranga houve picos de até 700 ng/L de MIB, no Sistema Alto Tietê, o maior evento foi em torno de 90 ng/L, não ultrapassando a intensidade de 6 (fraco a moderado) na percepção do Painel Sensorial.

As Figuras 3 e 4 apresentam, respectivamente, para os Sistemas Guarapiranga e Alto Tietê, os mesmos resultados da variação de MIB e Geosmina da água final, mas desta vez foram plotados os resultados da quantificação mensal de Reclamações de Água com Gosto ou Odor.

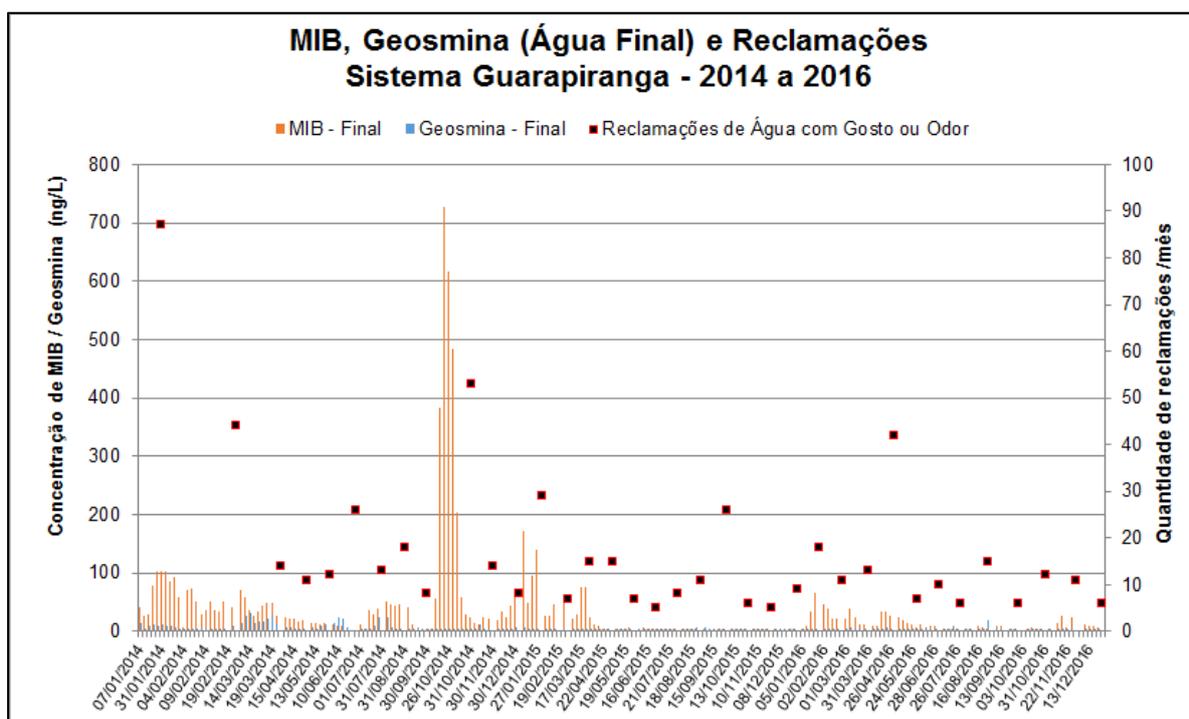


Figura 3: Resultados das análises de MIB e Geosmina da água final e os registros mensais de Reclamações de Gosto/Odor na água do Sistema Guarapiranga dos anos de 2014 a 2016.

Analisando a Figura 3, pertencente ao Sistema Guarapiranga, sistema este onde os consumidores estão mais acostumados com a água com gosto e odor de terra/mofo, e, portanto, não percebem com facilidade tais características com valores de MIB/GEO detectados em níveis abaixo de 100 ng/L, temos as seguintes observações:

- ✓ Episódios com valores de MIB < 100 ng/L, com pouca percepção dos consumidores, registrando números de menos de 20 reclamações, em média, no mesmo período;
- ✓ O maior pico de reclamações foi em torno de 55, próximo a eventos com valores de MIB de 400 a 700 ng/L, no mesmo período;
- ✓ Houve um pico alto de reclamações (90), em janeiro de 2014, porém sem valores significativos de MIB. Embora os compostos mais comuns causadores de gosto e odor, sejam MIB e GEO, não são os únicos, conforme discussão inicial deste trabalho. Daí a importância de se registrar, especificamente, qual gosto/odor o consumidor está sentindo, e não apenas como uma reclamação de gosto e odor.

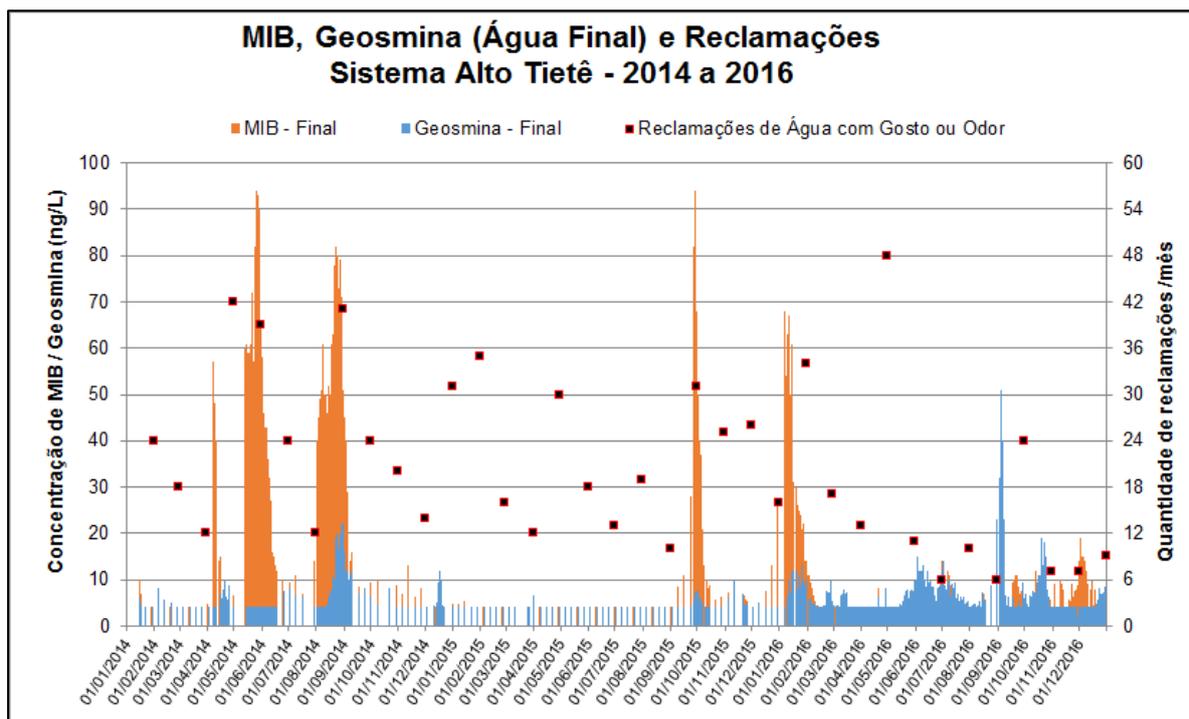


Figura 4: Resultados das análises de MIB e Geosmina da água final e os registros mensais de Reclamações de Gosto/Odor na água do Sistema Alto Tietê dos anos de 2014 a 2016.

Analisando a Figura 4, pertencente ao Sistema Alto Tietê, sistema este onde os consumidores passaram a consumir água com problemas de gosto e odor bem mais recentemente do que no Sistema Guarapiranga, e por menos tempo, pois os episódios foram menos frequentes, o número de reclamações foram superiores ao Sistema Guarapiranga, e com valores de MIB, menores. Além disso, houve episódios de GEO, o qual se provou, novamente, ser mais perceptível do que MIB, mesmo aos consumidores leigos, sem treinamento algum, como é o caso dos painelistas, os quais tiveram a mesma percepção. Seguem as observações:

- ✓ Episódios com valores de GEO em torno de 70 ng/L, registrando número de reclamações em torno de 40 no mesmo período;
- ✓ Episódios com valores de GEO < 10 ng/L, registrando número de reclamações de 12 a 30 no mesmo período.

As Figuras 5 e 6 apresentam as ocorrências de *cianobactérias*, sendo os gêneros *Pseudanabaena sp* e *Pseudanabaenaceae SP*, produtoras de MIB, e os gêneros *Microcystis* e *Dolichospermum sp*, produtoras de GEO, e as concentrações de MIB e Geosmina nas águas brutas dos Sistemas Guarapiranga e Alto Tietê, respectivamente.

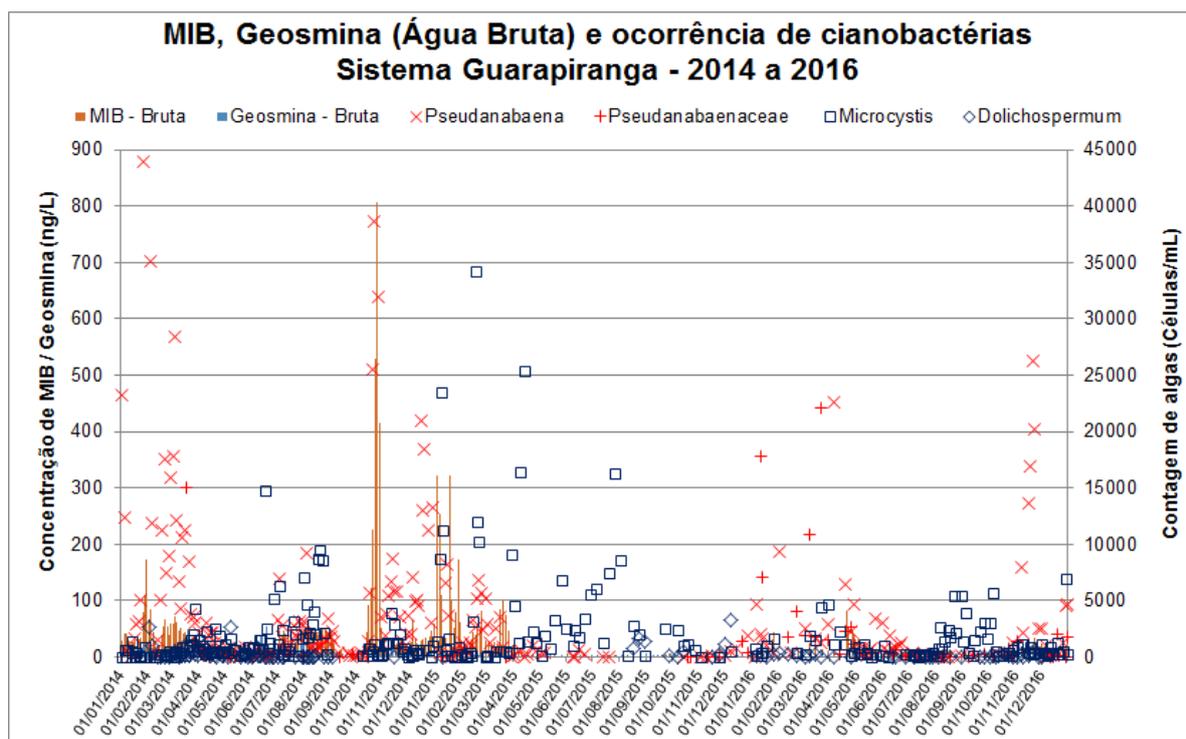


Figura 5: Resultados das análises de MIB e Geosmina da água bruta e da contagem de cianobactérias na água do Sistema Guarapiranga dos anos de 2014 a 2016.

Analisando a Figura 5, pertencente ao Sistema Guarapiranga, seguem as observações:

- ✓ Predominância de episódios de MIB ao longo dos anos, e predominância do gênero *Pseudanabaena*, confirmando a literatura;
- ✓ A contagem de *cianobactérias* não pode ser associada com a quantidade produzida dos compostos MIB e GEO. Vide valores de contagem > 35.000 cel/mL em novembro de 2014, com valores de MIB em torno de 800 ng/L, e contagem > 45.000 cel/mL em janeiro do mesmo ano, com valores de MIB em torno de 150 ng/L;
- ✓ Seguindo a Portaria 2914/11, o manejo de algicidas em um reservatório pode ser iniciado ao atingir valores de contagem de *cianobactérias* de 20.000 cel/mL.

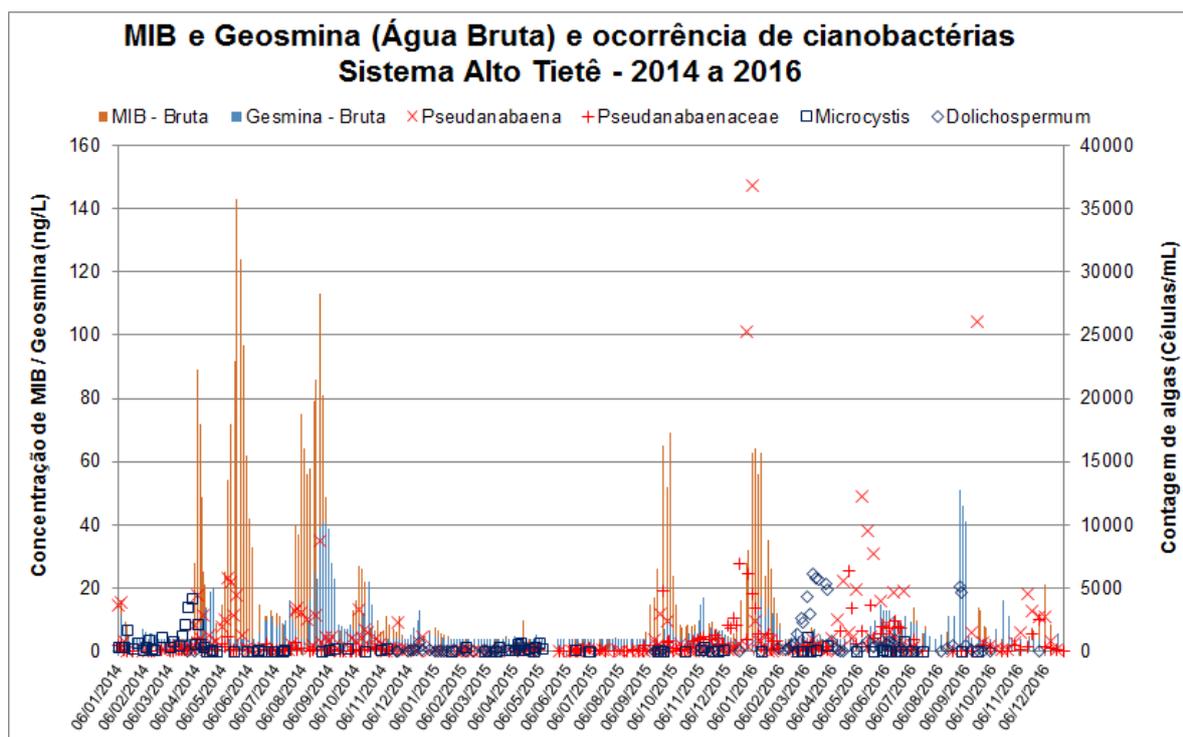


Figura 6: Resultados das análises de MIB e Geosmina da água bruta e da contagem de cianobactérias na água do Sistema Guarapiranga dos anos de 2014 a 2016.

Analisando a Figura 6, pertencente ao Sistema Alto Tietê, seguem as observações:

- ✓ Predominância de episódios de MIB ao longo dos anos, porém com episódios menores de GEO, e, portando, predominância do gênero *Pseudanabaena*, produtora de MIB, mas também detecção do gênero *Dolichospermum*, produtora de GEO, confirmando, assim, a literatura;
- ✓ Assim como já constatado no Sistema Guarapiranga, a contagem de *cianobactérias* não pode ser associada com a quantidade produzida dos compostos MIB e GEO. Vide valores de contagem em torno de 25.000 cel/mL em janeiro de 2016, com valores de MIB em torno de 60 ng/L, e a mesma contagem em setembro do mesmo ano, com valores de MIB < 20 ng/L.

A avaliação do efeito do manejo nos reservatórios do Sistema Guarapiranga sobre a formação dos compostos responsáveis por gosto e odor na água foi baseada nos resultados apresentados nas Figuras 7 (MIB na água bruta) e 8 (Geosmina na água bruta).

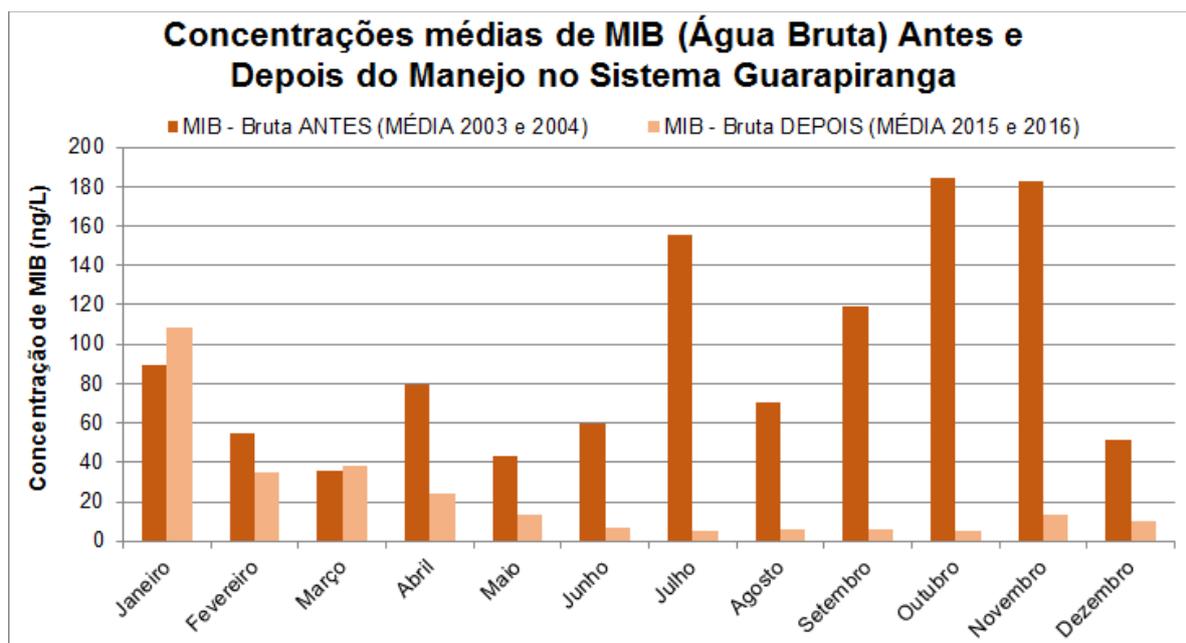


Figura 7: Resultados das concentrações médias mensais de MIB da água bruta antes (2003 e 2004) e depois (2015 e 2016) no Sistema Guarapiranga.

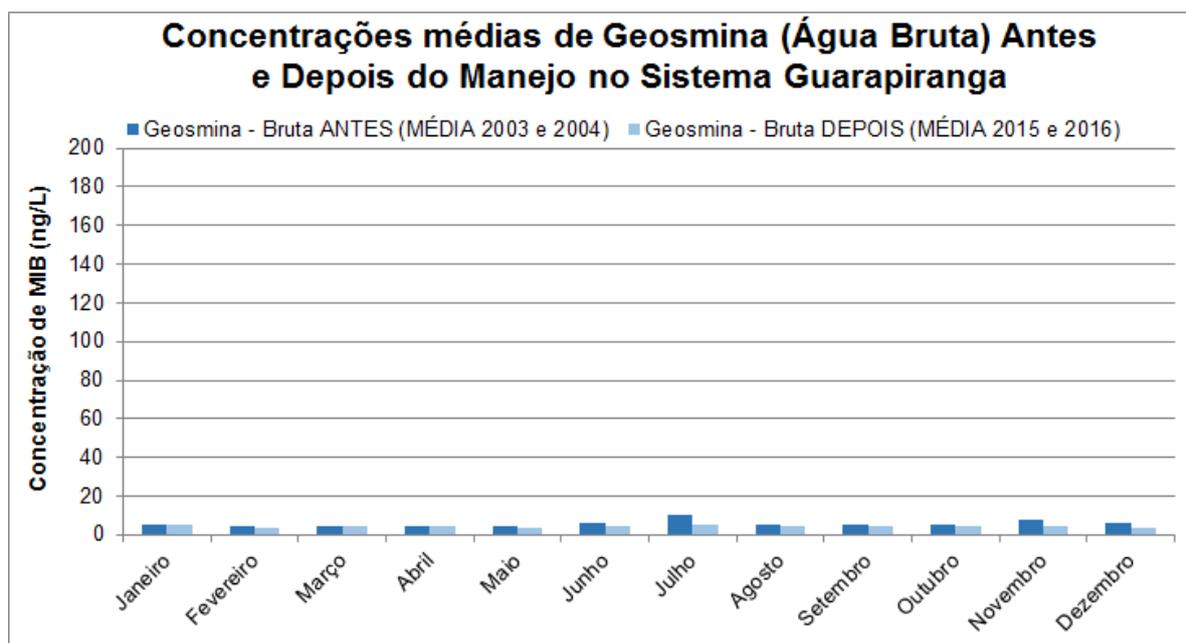


Figura 8: Resultados das concentrações médias mensais de Geosmina da água bruta antes (2003 e 2004) e depois (2015 e 2016) no Sistema Guarapiranga.

Analisando as figuras 7 e 8, e comparando os valores médios de MIB e GEO em 2015 e 2016, em relação aos anos de 2003 e 2004, nota-se uma queda significativa nestes valores; isto porque não havia protocolo de aplicação de algicidas nestes anos, comprovando a eficácia do manejo no reservatório do Sistema Guarapiranga para diminuição dos episódios de gosto e odor, associados aos compostos MIB e GEO, aos quais são atribuídos os odores de Terra/Mofo.

As Figuras 9 e 10 apresentam, para MIB e Geosmina, respectivamente, na água bruta, o efeito antes e depois do manejo no reservatório do Sistema Alto Tietê.

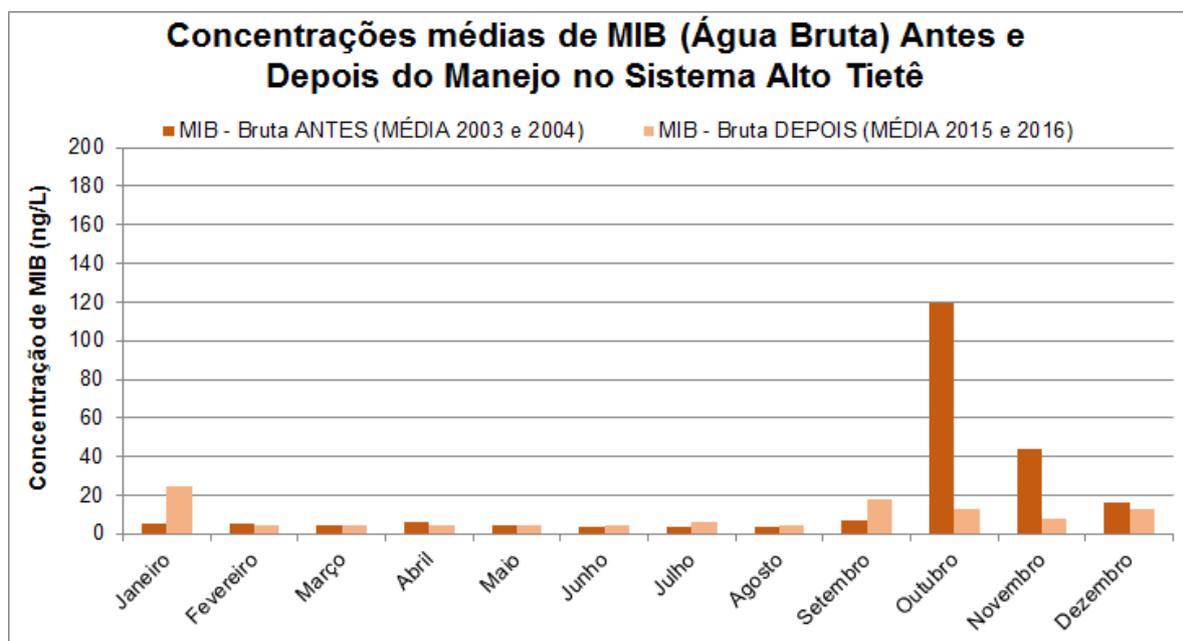


Figura 9: Resultados das concentrações médias mensais de MIB da água bruta antes (2003 e 2004) e depois (2015 e 2016) no Sistema Alto Tietê.

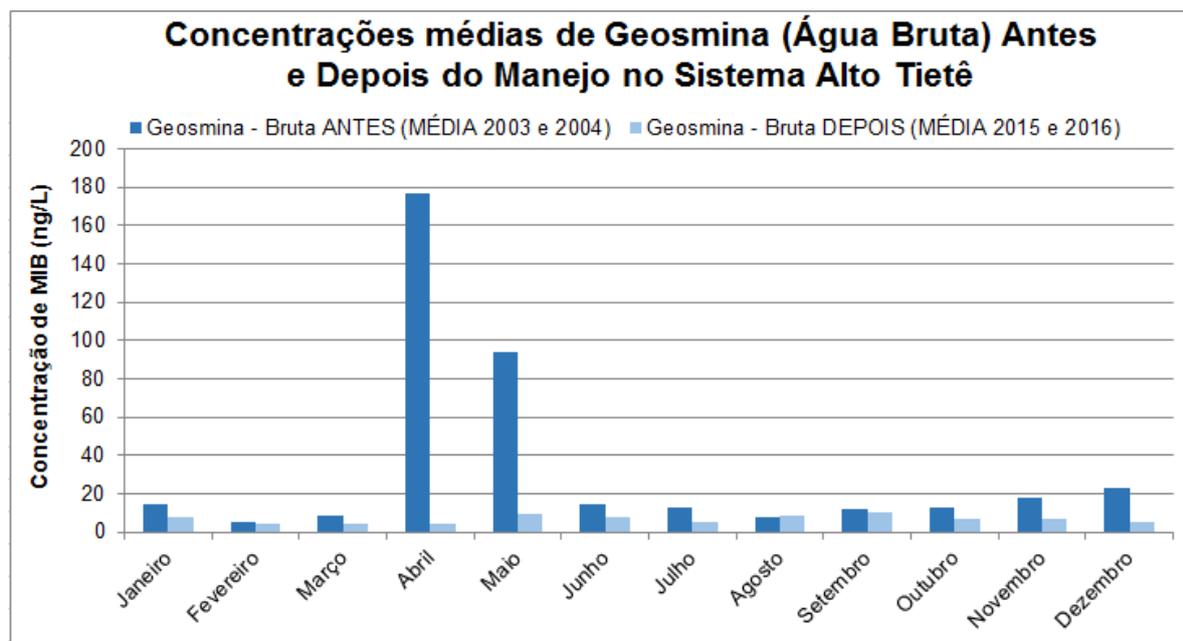


Figura 10: Resultados das concentrações médias mensais de Geosmina da água bruta antes (2003 e 2004) e depois (2015 e 2016) no Sistema Alto Tietê.

Analisando as figuras 9 e 10, e comparando os valores médios de MIB e GEO em 2015 e 2016, em relação aos anos de 2003 e 2004, nota-se a mesma queda observada no Sistema Guarapiranga, comprovando, mais uma vez, a eficácia do manejo no reservatório do Sistema Alto Tietê para diminuição dos episódios de gosto e odor, associados aos compostos MIB e GEO, aos quais são atribuídos os odores de Terra/Mofo.

CONCLUSÕES

- A congruência nas coletas para uma análise crítica consistente e sólida, para os ensaios de MIB/GEO, Painel Sensorial e *Cianobactérias*, em episódios de gosto e odor, é fundamental;
- Os painelistas devem passar por reciclagens constantes para fortalecer e padronizar o vocabulário, relembrar os antigos ou conhecer novos odores na água;
- O composto GEO é bem mais perceptível do que o composto MIB, em concentrações bem menores, tanto pelo Painel Sensorial, quanto pelos consumidores;
- Consumidores que foram abastecidos por muitos anos subsequentes, com água com problemas de gosto e odor, “acostumam-se” com tais características, não percebendo valores altos de MIB/GEO, principalmente de MIB, e, conseqüentemente, não reclamando desta água. Daí a importância do ensaio analítico, para que a empresa fornecedora desta água proporcione a este consumidor, água sem gosto e odor, mesmo ele não tendo esta concepção de qualidade organoléptica;
- A contagem de *cianobactérias* não pode ser associada com a quantidade produzida dos compostos MIB e GEO;
- Os valores médios de MIB e GEO em 2015 e 2016, para ambos os Sistemas estudados, Guarapiranga e Alto Tietê, em relação aos anos de 2003 e 2004, sofreram queda significativa nestes valores, comprovando a eficácia do manejo no reservatório, através da aplicação do protocolo de algicidas, para diminuição dos episódios de gosto e odor, associados aos compostos MIB e GEO, aos quais são atribuídos os odores de Terra/Mofo. Em todos os anos estudados, os registros mostram períodos de seca, descartando a sazonalidade como variável favorável do resultado final deste estudo.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Comparar em gráfico, número de reclamações dos consumidores com dados do Painel Sensorial;
- Inserir na programação para o ensaio de Painel Sensorial, amostras de água bruta, para caracterizar seus odores característicos antes do tratamento;
- Avaliar a possibilidade de aperfeiçoamento no registro das reclamações dos consumidores, registrando não só a reclamação como sendo de gosto e odor, mas também, quando possível, especificando melhor esta reclamação, cobrando deste consumidor, qual sensação, gosto e/ou odor, o reporta ao que está relatando ao atendente;
- Desenvolver método analítico para outros compostos causadores de gosto e odor, tais como, os compostos sulfurosos (dimetil-sulfeto, dimetil-disulfeto e dimetil-trissulfeto), os quais liberam odores de vegetação em decomposição e séptico, já percebidos em Painel Sensorial, e tricloroanisole, todos compostos muito discutidos no meio acadêmico, bem como em congressos internacionais sobre lagos e reservatórios;
- Pesquisar sobre novos algicidas apresentados em congressos internacionais, recentemente, tal como o percarbonato de sódio, visando a extinção definitiva do sulfato de cobre, o qual é severamente controlado por órgãos ambientais, por deixar resíduos após sua aplicação.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem as unidades da SABESP, MATV, MSEC e MLEC, em especial as colegas Patrícia Soares Silva, Fabiana A.Silva Lima e Maria Telma de Freitas, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, ROSEMEIRE. Técnicas de Avaliação de Gosto e Odor em Águas de Abastecimento: Método Analítico, Análise Sensorial e Percepção dos Consumidores, São Paulo, Brasil, 2005.
2. COMITTEE ON ODORS FROM STATIONARY AND MOBILE SOURCES. Odors from Stationary and Mobile Sources. National Research Council, Washington, D.C., p.149, 1979.
3. NGUYEN, D., SUHADY, L., EATON, A. Faster, better, cheaper – the use of solid phase micro-extraction (SPME) for taste and odor analysis. American Water Works Association, 1999.
4. PORTARIA 2914 Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde /FUNASA, Brasília, 2011.
5. STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environmental Federation. 22th Edition 2012.
6. STEPHEN D.J.BOOTH, et al. Diagnosing taste and odor problems: source water and treatment field guide/edited by Gary A.Burlingame. American Water Works Association, 2011.
7. TUNDISI, J.G., STRASKRABA, M. Diretrizes para o Gerenciamento de Lagos. Instituto Internacional de Ecologia São Carlos, p.85-92, 2000.