



Campos dos Goytacazes/RJ

ESTUDO DE CASO DA CRISE DE GEOSMINA NA LAGOA FEIA DURANTE A ESTIAGEM DE 2022

*Ramos, Reginaldo (CEDAE)¹ ; Silva, Alex B. (CEDAE)²; Júnior, Jayme T.R. (CEDAE)³ &
Pereira, Francisco Carlos S. (CEDAE)⁴*

RESUMO – Durante o período de estiagem prolongada vivida na região sudeste do Brasil em 2022, a Lagoa Feia, único manancial da cidade de Quissamã/RJ para abastecimento de água potável, apresentou uma hiperfloração de cianobactérias com geração de altas concentrações de geosmina. Em uma única amostra foi detectada a presença de microcistina, ratificando o risco de uma crise mais severa com geração de cianotoxinas. A presença da geosmina durou mais de 60 dias nas águas da Lagoa e se tornou um desafio para a Companhia Estadual de Águas e Esgotos – CEDAE, que utilizou o carvão ativado no tratamento de água como maneira de atenuar o gosto e odor para possibilitar o consumo da água sem rejeição por parte dos usuários. O objetivo deste trabalho é apresentar e analisar os resultados dos parâmetros organolépticos, hidrobiológicos e toxicológicos das águas da Lagoa Feia e do Sistema de Tratamento de Água de Quissamã durante esta crise.

ABSTRACT– During the period of prolonged drought in the southeastern region of Brazil in 2022, Lagoa Feia, the only source in the city of Quissamã/RJ to supply drinking water, showed a hyperfloration of cyanobacteria with the generation of high concentrations of geosmin. In a single sample, the presence of microcystin was detected, confirming the risk of a more severe crisis with the generation of cyanotoxins. The presence of the geosmin lasted more than 60 days in the waters of the Lagoon and became a challenge for the State Water and Sewage Company - CEDAE, which used activated carbon in the water treatment as a way to attenuate the taste and odor to enable consumption of water without rejection by people. The objective of this work is to present and analyze the results of the organoleptic, hydrobiological and toxicological parameters of the waters of Lagoa Feia and of the Water Treatment System of Quissamã during this crisis.

Palavras-Chave – Geosmina, Lagoa Feia, cianobactérias

1. INTRODUÇÃO:

Gostos e odores ruins nas águas de uso doméstico são um problema antigo enfrentado pela humanidade. Cerca de 1400 a.C, quando Moisés liderava o povo hebreu no êxodo do Egito rumo a Canaã, enfrentaram um grave problema com águas amargas no deserto de Sur, repulsivas para beber.

“Então chegaram a Mara, **mas não puderam beber das águas de lá porque eram amargas**. Esta é a razão porque o lugar chama-se Mara. E o povo começou a reclamar a Moisés, dizendo: "Que beberemos?"

1) Coordenação de Controle de Qualidade – Companhia Estadual de Águas e Esgotos - CEDAE - Rua Leopoldino Neves Pinheiro, s/n, Morro de Santana, Macaé – RJ, (22) 2762-844, reginaldo-ramos@cedae.com.br



Campos dos Goytacazes/RJ

Moisés clamou ao Senhor, e este lhe indicou um arbusto. Ele o lançou na água, e esta se tornou boa.” (Bíblia Sagrada – Livro de Êxodo 15:23-25).

Há diversos motivos para que águas naturais apresentem gosto e odor intragáveis, mas com o aumento da atividade antrópica, principalmente nos aglomerados urbanos, este fenômeno de águas com características organolépticas ruins tem se tornaram muito comuns, principalmente devido ao aumento das florações de cianobactérias em mananciais afetados pelo lançamento de esgotos.

As cianobactérias constituem o maior e mais diverso grupo dos microorganismos procarióticos, com mais de cento e cinquenta gêneros descritos, dos quais cerca de quarenta estão relacionados com a produção de algum tipo de toxina que podem ser neurotóxicas, hepatotóxicas ou dermatotóxicas (Van Apeldoorn, 2006). No Brasil várias cianobactérias já foram relatadas como potenciais produtoras de toxinas, como espécies de *Microcystis*, *Cylindrospermopsis*, *Dolichospermum* antiga *Anabaena*) *Planktothrix*, *Aphanizomenon*, entre outras (CETESB, 2013).

Entre os fatores que contribuem para as grandes florações de cianobactérias, temos: o aumento da concentração de nutrientes (matéria orgânica, nitrogênio e fósforo), maior intensidade de luz, temperatura acima de 20°C, pH brando, concentração de dióxido de carbono elevada, características físicas da massa-d’água (forma e profundidade), e tempo de retenção da água.

Na Lagoa Feia, situada na região norte do estado do Rio de Janeiro, temos um ambiente extremamente propício para este tipo de fenômeno, pois tem-se um aporte contínuo de nutrientes pelos rios Macabu e Ururaí, a alta incidência de luz em quase todos os dias do ano, temperaturas média da massa de água em torno de 20 a 25°C, um pH entre 6 a 7,2, pouca profundidade da lagoa possibilitando a penetração da luz em toda a massa d’água, e elevado tempo de retenção.

Estes múltiplos fatores que favorecem o crescimento intenso das cianobactérias na Lagoa Feia devem despertar os técnicos e autoridades das áreas de recursos hídricos, saneamento, saúde e meio ambiente quanto ao elevadíssimo risco de, a qualquer momento, haver a liberação de cianotoxinas em grande escala, comprometendo o abastecimento público de água potável na Cidade de Quissamã, e nas localidades da Ponta Grossa dos Fidalgos na cidade de Campos dos Goytacazes. Além disso, a possibilidade de bioconcentração de toxinas no pescado (Ferrão Filho *et al.*, 2009), colocaria a atividade pesqueira na Lagoa Feia em risco e dezenas de pescadores em situação vulnerável. Outra consequência seria a necessidade de transferência dos doentes renais da cidade de Quissamã para outras cidades; entre outros desdobramentos.



Campos dos Goytacazes/RJ

Outro grave problema das florações de cianobactérias é a liberação de substância que causam gosto e o odor desagradáveis na água, como a geosmina e o 2-metilisoborneol (MIB), que são terpenos voláteis, sesquiterpeno e monoterpeneo, respectivamente. Estas substâncias, mesmo em baixas concentrações já produzem repulsa aos usuários do sistema de abastecimento de água potável, pois a sensibilidade dos seres humanos ao odor desses compostos é muito alta, menos de 10 ng/L (Sotero-Martins *et al.*, 2021)

Em 2022, durante o longo período de estiagem que o sudeste brasileiro sofreu, ocorreu a drástica diminuição da entrada de água de chuvas e a continuação do aporte de nutrientes pelos rios e canais contribuintes à Lagoa Feia. Esta combinação de fatores culminou na maior floração de algas jamais registrada nas águas da Lagoa, com uma série de riscos e impactos negativos para a população da Cidade de Quissamã e para a CEDAE, responsável pelo abastecimento público de água.

3. Metodologia

Em julho de 2002 a Coordenação de Controle de Qualidade da Gerência Litorânea Norte da CEDAE recebeu uma reclamação de “gosto ruim” nos bebedouros do IFF-Quissamã. Ao analisarmos as amostras de água bruta da ETA Quissamã identificamos uma densidade de cianobactérias nunca antes registrada neste manancial, 1.018.822 células/mL. Imediatamente a CEDAE iniciou as “barreiras de contenção” para garantir a segurança da população de Quissamã, além de oferecer subsídios técnicos para as partes interessadas e órgãos competentes. Foi realizado o aumentando do potencial oxidativo na água tratada com o incremento da dosagem de cloro livre para possibilitar a destruição de possíveis toxinas; foi estabelecido um grupo de crise composto por técnicos e gestores da CEDAE; a Secretaria de Meio Ambiente de Quissamã foi informada pela CEDAE; foi criado um pool de Laboratórios CEDAE (Macaé, Tijuca e Guandu) para dar suporte ao controle de qualidade do Sistema Quissamã; e implantou-se um sistema de aplicação de carvão ativado ultrafino na ETA Quissamã para adsorver substância odoríferas. Com o propósito de se preparar para futuras crises de má qualidade das águas da Lagoa Feia, a CEDAE iniciou o estudo para o uso de processos oxidativos avançados com um gerador de dióxido de cloro combinado com radiação ultravioleta para realizar a remoção de geosmina e MIB; estabeleceu protocolos de ação para o tratamento de água e abastecimento público de água em Quissamã; e implantou um programa de monitoramento da qualidade das águas da Lagoa Feia e seus contribuintes para se antecipar às variações hidrobiológicas



Campos dos Goytacazes/RJ

e organolépticos, além de compreender melhor as causas das florações de cianobactérias neste corpo d'água. Este Programa de Monitoramento da Qualidade da Lagoa Feia gerou a base de dados analíticos deste trabalho.

3.1 O Sistema de Tratamento de Água da Cidade de Quissamã e a Lagoa Feia

A estação de tratamento de águas (ETA) Quissamã, da CEDAE, tem capacidade para tratar até 60 L/s. Esta água é captada a aproximadamente 11km de distância na Lagoa Feia. A ETA Quissamã é composta por duas pequenas estações convencionais associadas, uma com capacidade de 20L/s e outra de 40 L/s. Os floculantes/coagulantes utilizados são o policloreto de alumínio ou sulfato de alumínio líquido. A ETA é responsável pelo abastecimento contínuo de aproximadamente vinte mil pessoas.

3.2 A Lagoa Feia

A Lagoa Feia é uma das maiores lagoas do Brasil e seus principais contribuintes são os Rios Macabu, Ururá, Prata e o Canal da Lagoa do Jacaré. Seu escoamento principal se dá pelo Canal das Flechas que desemboca num sistema de comportas e segue para o mar em Barra do Furado. As atividades humanas, principalmente a atividade agropecuária, tem pressionado pela diminuição do espelho d'água original da Lagoa Feia, com a ampliação das áreas de cultivo e criação de gado sobre o terreno de expansão natural da Lagoa. Após um período de intensa estiagem até início de outubro de 2002, as chuvas de verão produziram uma grande cheia da Lagoa com marca d'água muito além dos limites artificialmente estabelecidos, chegando a uma profundidade de 3,29 m.

3.3 O Plano de Monitoramento da Qualidade das Águas da Lagoa Feia

Durante a crise de 2022 foi elaborado e executado um sistema de monitoramento preventivo e contínuo da qualidade das águas da Lagoa Feia contando com embarcação, equipamentos de coleta/analíticos e equipe especializada. Atualmente, este monitoramento continua e passou a ser ferramenta essencial na vigilância da qualidade da água e no suporte ao abastecimento na cidade de Quissamã.

O Plano de Monitoramento consta de diversos pontos de coleta distribuídos na Lagoa; um ponto na saída das águas da Lagoa para o mar, sobre as comportas do Canal das Flechas; e os pontos na estação elevatória de água bruta, na entrada e na saída da ETA Quissamã. O objetivo é compreender as influências dos rios e canais afluente, bem como a homogeneidade ou heterogeneidade das águas da Lagoa.

Campos dos Goytacazes/RJ

A frequência de coletas e análises variaram de acordo com os resultados obtidos na campanha anterior, e as condições climáticas, pois os ventos acima de 20km/h impedem a navegabilidade segura pela Lagoa Feia com a embarcação, equipe e equipamentos envolvidos. Entretanto, vale informar que durante o período de crise, as coletas se davam de duas a três vezes por semana, com foco na densidade de cianobactérias, concentração de cianotoxinas, MIB e geosmina. Conforme os níveis destes parâmetros apresentavam uma tendência de decréscimo, a frequência de coletas foi sendo ajustada para uma vez por semana, depois para quinzenal, e até uma vez por mês.

Figura 1 – Imagem (Google Earth Pro) da Lagoa Feia com os pontos de monitoramento sinalizados



QUADRO DE PONTOS DE MONITORAMENTO		
Ponto	Identificação do Ponto	Georeferenciamento
P1	Sobre a captação	-22.08610, -41.36235
P2	Estação elevatória de água bruta na Lagoa Feia	
P5	Centro da boca do cone sul da Lagoa Feia	-22.04645, -41.38245
P6	Área de influência do Rio Macabu na Lagoa, 1 km da foz	-21.98587, -41.42437
P7	Área de influência do Rio Ururai na Lagoa, 1 km da foz	-21.98343, -41.35742
P8	Centro da boca do cone norte da Lagoa Feia	-21.99457, -41.30813
P9	Centro do Canal das Flehas na área de comportas	-22.42539, -41.93455
P10	Entrada da ETA Quissamã	
P11	Saída da ETA Quissamã	

Tabela 1 – Identificação dos pontos de coleta na Lagoa Feia e no Sistema de Tratamento de Água de Quissamã.

3.4 Métodos Analíticos

- 3.4.1 Cianobactérias: Microscopia – Método Utheröhl – 10200F.2C – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23th edition (SMEWW)
- 3.4.2 Cianotoxinas: Método de imunológico ELISA – Kit Abraxis 546
- 3.4.3 Geosmina e MIB: Cromatografia gasosa, com espectrometria de massa – Método 525.3 - EPA

3. RESULTADOS

3.1 Resultados de cianobactérias

A hiperfloração de cianobactérias na Lagoa Feia foi identificada no dia 05/07/2022, conforme apresentado na figura 2, que informa os resultados da hiperfloração, seu decaimento e a estabilização da densidade de cianobactérias, em níveis altos, nos meses de julho e agosto de 2022. Durante toda a floração de cianobactérias, a espécie predominante foi a *Dolichospermum* sp., espécie conhecida pela sua capacidade de produzir geosmina e cianotoxinas, conforme registrado pela Figura 3, foto do microscópio do Laboratório Guandu.

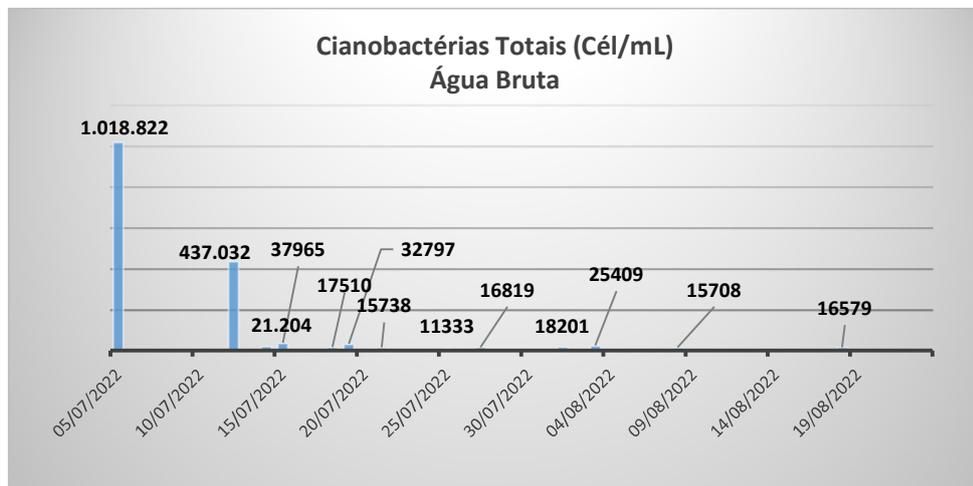


Figura 2 – Gráfico dos resultados de cianobactérias na água bruta da ETA Quissamã

No dia 12/07/2022, quando a hiperfloração já estava perdendo força, durante as coletas na captação CEDAE foram registradas imagens da superfície da Lagoa Feia, próximo às margens, conforme ilustrada na Figura 4, onde é possível visualizar uma nata azul esverdeada como sobrenadante.



Campos dos Goytacazes/RJ

Figura 3 – Imagem da Dolichospermum sp. - Foto do microscópio do Laboratório Guandu – amostra Lagoa Feia 08/08/22



Figura 4 – Imagem da superfície da Lagoa Feia próximo à margem na região de captação da CEDAE em 12/07/22



3.2 Resultados de cianotoxinas

As cianotoxinas avaliadas neste estudo foram as prescritas pela Portaria nº888/2021 do Ministério da Saúde: microcistina, saxitoxinas e cilindrospermopsinas. No dia 05/07/2022, durante a hiperfloração de cianobactérias, foi identificada a presença de microcistina na água da Lagoa Feia, numa concentração de 0,18 µg/mL, conforme descrito na tabela 3, o que é suficiente para ratificar a real possibilidade de, a qualquer momento, ocorrer a produção e liberação de cianotoxinas na água. Na tabela 2, estão apresentados os resultados analíticos da quantificação destas toxinas na água tratada, bem como o valor máximo permitido segundo a Portaria nº888/2021 do Ministério da Saúde.

Tabela 2 – Resultados analíticos de cianotoxinas na água tratada da ETA Quissamã.

Data da Coleta	Microcistina (µg/L)	Saxitoxinas(µg/L)	Cilindrospermopsinas (µg/L)
05/07/2022	<0,15	<0,02	<0,05
07/07/2022	<0,15	<0,02	<0,05
12/07/2022	<0,15	<0,02	<0,05
14/07/2022	<0,15	<0,02	<0,05
15/07/2022	<0,15	<0,02	<0,05
18/07/2022	<0,15	<0,02	<0,05
19/07/2022	<0,15	<0,02	<0,05
21/07/2022	<0,15	<0,02	<0,05
25/07/2022	<0,15	<0,02	<0,05
27/07/2022	<0,15	<0,02	<0,05
01/08/2022	<0,15	<0,02	<0,05
Valor Máximo Permitido (Portaria nº888/2021)	0,1	0,3	0,1



Campos dos Goytacazes/RJ

Tabela 3 – Resultados analíticos de cianotoxinas na água bruta da ETA Quissamã.

Data da Coleta	Microcistina (µg/L)	Saxitoxinas(µg/L)	Cilindrospermopsinas (µg/L)
05/07/2022	0,18	<0,02	<0,05

3.3 Resultados de MIB e geosmina

No início de julho de 2022 nosso call center começou a receber diversas reclamações de gosto “ruim” na água de abastecimento. Quando identificamos a hiperfloração, suspeitou-se da presença de geosmina e 2-metilisborneol (MIB). Ao analisarmos amostras da água da Lagoa Feia e da saída do tratamento da ETA Quissamã foi identificadas concentrações elevadas de geosmina e ausência de MIB, conforme descrito na Figura 5.

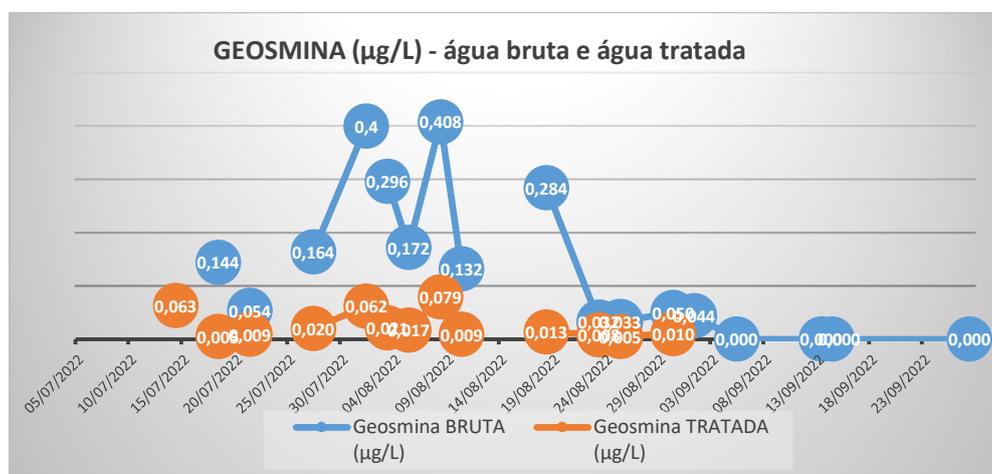


Figura 5 – Gráfico dos resultados de geosmina na água bruta e tratada da ETA Quissamã

3.4 Resultados de gosto e odor

A Portaria nº888/2021 do Ministério da Saúde estabelece um limite de seis (6) para gosto e odor, mas acima do nível 4 a água já é bem difícil de ser consumida. Com o objetivo de avaliar a percepção de gosto e odor por parte dos usuários do Sistema de Tratamento de água de Quissamã durante a crise hídrica da geosmina, realizamos a análise de gosto e odor com apoio o Painel Sensorial do Laboratório Guandu. Os resultados de gosto e odor estão reportados na Tabela 5.



Campos dos Goytacazes/RJ

Tabela 5 – Resultados de gosto e odor na água tratada da ETA Quissamã.

DATA DA COLETA	Gosto	Odor
14/07/2022	2	3
18/07/2022	2	1
19/07/2022	1	1
21/07/2022	1	1
25/07/2022	1	1
27/07/2022	4	3
01/08/2022	5	3
03/08/2022	6	3
08/08/2022	6	2
10/08/2022	1	1
16/08/2022	2	2
18/08/2022	1	1
23/08/2022	1	1

4. CONSIDERAÇÕES E DISCUSSÕES

Os resultados analíticos de cianobactérias e geosmina aqui apresentado, demonstram que no período de decaimento da densidade de cianobactérias ocorreu um forte aumento na concentração de geosmina, confirmando que esta substância é liberada, preferencialmente, durante a morte das células.

Os resultados de gosto e odor foram coerentes com a concentração de geosmina na água tratada, mostrando a correlação direta entre estes fatores e validando o painel sensorial.

Os resultados de ausência de cianotoxinas na água tratada, mesmo durante a hiperfloração de cianobactérias, garantem que em nenhum momento a população/usuários do sistema de abastecimento de água da Cidade de Quissamã foram expostos a estas substâncias. Já a detecção de microcistina na água da Lagoa no pico da hiperfloração demonstrou que existe real possibilidade de uma crise com geração de cianotoxinas.

A qualidade das águas da Lagoa Feia está se deteriorando rapidamente, uma vez que as florações de cianobactérias estão se tornando mais intensas e potencialmente mais prejudiciais. Infelizmente, novas ondas de floração de cianobactérias com geração de geosmina poderão ocorrer até que os fatores preponderantes, como a concentração de nutrientes, sejam controlados. Para tanto são necessários investimentos em saneamento básico nas regiões dos rios e canais contribuintes da Lagoa Feia.



Campos dos Goytacazes/RJ

Considerando que a crise da má qualidade de água na Lagoa Feia ocorreu no período de menor cota de profundidade, muito provavelmente há uma relação direta entre volume de águas e sua qualidade. Sendo assim, é de suma importância que os responsáveis pelo manejo das comportas de regulação de nível da Lagoa passem a considerar a qualidade das águas como fator decisório, com o fim de evitar uma crise hídrica de maiores proporções.

5. REFERÊNCIAS

FERRÃO FILHO, A. S., Biocamululação de cianotoxinas e seus efeitos em organismos aquáticos. *Revista Oecologia Brasiliensis*, 13 (2):272-312, (2009).

MUSTAPHA, S., ABDULKAREEM, A.S. & MOHAMED, A.K., A critical review on geosmin and 2-methylisoborneol in water: sources, effects, detection, and removal techniques. *Environ Monit Asses* (2021) 193:204, <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08980-9>.

SOTERO-MARTINS, A., CARVAJAL, E., SANTO, J.A.A., MOURA, P.G. M., HANDAM, N.B., KOTOWSKI-FILHO, N.P. & JARDIM, R., 2021, Eventos atrelados a geosmina e 2-metilisoborneol (2-MIB) em Manancial de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: estudo de caso. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.2091>, postado em 2021-04-08.

VAN APELDOORN, M.E., VAN EGMOND, HANS P., SPEIJERS, G. J. A., BAKKER, G.J. I., Toxins of cyanobacteria, <https://doi.org/10.1002/mnfr.200600185>, First published: 29 December 2006.

CETESB Manual de cianobactérias planctônicas: legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais /; Carvalho, Maria do Carmo [et al.]. São Paulo: CETESB, 2013.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria nº888 de 24 de maio de 2021, Diário Oficial da União, publicado em 07/05/2021, edição 85, seção 1, página 127.

APHA (2017), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association. Water Environmental Federation, 23th ed. Washington.

EPA (2012), Method 525.3 - Determination of Semivolatile Organic Chemicals in Drinking Water by Solid Phase Extraction and Capillary Column Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 2012.