



IV-194 - DINÂMICA COMPLEXA DA PRODUÇÃO DE 2-METILISOBORNEOL (MIB) EM RELAÇÃO À DENSIDADE DE *PSEUDANABAENA SP.*: UM CASO DE ESTUDO NO RESERVATÓRIO JUNDIAÍ – SP.

Priscila Roberta Barreto⁽¹⁾

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Braz Cubas - UBC. Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP. Supervisora do Laboratório de Limnologia da Divisão de Recursos Hídricos Leste da SABESP.

Adilson Macedo⁽²⁾

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade de Mogi das Cruzes – UMC. Especialista em Tecnologias Ambientais pela Faculdade de Tecnologia São Paulo – FATEC-SP. Biólogo do Laboratório de Limnologia da Divisão de Recursos Hídricos Leste da SABESP.

Endereço⁽¹⁾: Rua Waldemar Cusma, 701 – Jardim Aeródromo Internacional - Suzano - SP - CEP: 08616-510 - Brasil - Tel: (11) 4745-2753 - e-mail: pribarreto@sabesp.com.br

RESUMO

Nas últimas décadas, a gestão da qualidade da água potável enfrenta desafios crescentes devido à recorrência de eventos relacionados a gosto e odor, representando um cenário adverso para as empresas de saneamento básico. O objetivo deste estudo consistiu em avaliar a potencial existência de um padrão na variação da concentração de 2-metilisoborneol em relação à densidade da cianobactéria *Pseudanabaena sp.* no reservatório Jundiaí, parte integrante do Sistema Produtor de Água Alto Tietê em São Paulo. Para isso, foram utilizados os dados da densidade de *Pseudanabaena sp.* e 2-metilisoborneol da rede de monitoramento de quantidade e qualidade da água realizados pela companhia de saneamento básico, no período de janeiro de 2013 a dezembro de 2023, no ponto denominado JU103. Na análise descritiva dos dados é possível verificar uma variação da concentração de MIB em relação a variação na densidade de células de *Pseudanabaena sp.* Entretanto, foi verificado uma mudança notável na produção de MIB quando comparado os anos de 2013 a 2015 com o período de 2021 a 2023. No primeiro intervalo de tempo, caracterizado por altas densidades de *Pseudanabaena sp.*, a produção de MIB foi menor em comparação ao segundo período. Com base nos resultados apresentados, não foi possível estabelecer um padrão claro na produção de 2-metilisoborneol (MIB) em resposta à variação na densidade de células, apesar da existência de uma correlação forte e positiva entre essas duas variáveis. A inversão na dinâmica de produção do MIB entre os períodos de 2013 a 2015 e 2021 a 2023 sugere a influência de fatores além da densidade celular na síntese do MIB. Condições ambientais, composição do meio ou outros fatores específicos dos anos analisados podem ter desempenhado um papel crucial na regulação da produção de MIB, destacando a complexidade desses mecanismos.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da água, recursos hídricos, cianobactérias.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a gestão da qualidade da água potável enfrenta desafios crescentes devido à recorrência de eventos relacionados a gosto e odor, representando um cenário adverso para as empresas de saneamento básico. Embora esses incidentes não acarretem riscos diretos à saúde humana, a necessidade de controlar essas substâncias é premente, dada a sua perceptibilidade pelos consumidores, mesmo em concentrações baixas. Em sua maioria, esses episódios estão intimamente associados às florações de cianobactérias (Watson et al., 2016).

A presença de cianobactérias nos corpos d'água é uma ocorrência natural, manifestando-se tanto de forma isolada como na formação de colônias filamentosas ou globulosas, frequentemente envoltas por uma bainha mucilaginosa ou de gelatina (Pezzi, 2010). O aumento na frequência de florações de cianobactérias pode ser atribuído ao processo de eutrofização dos mananciais, intensificado por atividades antrópicas como despejo de efluentes, acúmulo de lixo, uso de fertilizantes e poluição difusa transportada pelas águas pluviais.



Adicionalmente, fatores como mudanças climáticas e o aumento do dióxido de carbono (CO₂) também contribuem para o crescimento das cianobactérias (Pang et al., 2021).

Essas florações exercem influência negativa no gosto e odor da água de mananciais destinados ao abastecimento público, sendo essas alterações atribuídas a compostos orgânicos produzidos predominantemente pelas cianobactérias, como a geosmina e o 2-metilisoborneol (MIB). Entre as mais de 2.000 espécies de cianobactérias identificadas, menos de 50 foram documentadas como produtoras desses compostos orgânicos (Jüttner; Watson, 2007).

A *Pseudanabaena* sp. (PSA) representa um gênero de cianobactéria filamentosa, com mais de 45 espécies identificadas e estudadas, que demonstra a capacidade de sintetizar 2-metilisoborneol durante o seu processo de crescimento. Possui uma notável capacidade de adaptação a diversas condições ambientais, como uma ampla faixa de temperatura, pH e concentração de fósforo, fatores que podem explicar sua distribuição e seu status de dominância em diversos corpos d'água (Pang et al., 2021). Sendo assim, compreender a distribuição desse gênero ao longo do tempo e sua relação com as concentrações de 2-metilisoborneol torna-se fundamental para a gestão da qualidade da água destinada ao abastecimento público.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localizado na Área de Proteção e Recuperação de Mananciais (APRM) Alto Tietê Cabeceiras, o Sistema Produtor Alto Tietê (figura 1) é composto pelas represas Ponte Nova, Paraitinga, Biritiba, Jundiá e Taiacupeba, formando o segundo maior Sistema Produtor da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), o qual é responsável pelo abastecimento de aproximadamente 4 milhões de habitantes. A interligação entre essas represas é realizada através de túneis, canais e estações elevatórias. A água produzida na Estação de Tratamento de Água é captada na represa Taiacupeba cujas águas são provenientes principalmente da represa Jundiá.



Figura 1 – Mapa Sistema Produtor Alto Tietê (Fonte: PDPA Alto Tietê Cabeceiras).

A represa Jundiá está situada no município de Mogi das Cruzes, e represa desde 1992 as águas dos rios Grande, Jundiá e Doce, afluentes da margem esquerda do rio Tietê. Os dados do reservatório estão apresentados no quadro 1.

Quadro 1 – Informações sobre o Reservatório Jundiáí

Volume útil	74 milhões de m ³
Área inundada	11,7 km ²

Os dados da densidade de *Pseudanabaena sp.* e 2-metilisborneol foram obtidos da rede de monitoramento de quantidade e qualidade da água realizados pela companhia de saneamento básico, na represa Jundiáí, no período de janeiro de 2013 a dezembro de 2023, no ponto denominado JU103.

Os dados brutos foram organizados, foi realizado o cálculo da concentração de 2-metilisborneol em relação à densidade de *Pseudanabaena sp.* No software Jamovi@ foi realizado o teste de significância sobre o coeficiente de Spearman ao nível de confiança de 95% ($p < 0,05$) para avaliar a correlação entre esses dois parâmetros.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao todo, no período de janeiro de 2013 a dezembro de 2023, foram realizadas 391 coletas para a avaliação dos parâmetros densidade de cianobactérias e concentração de MIB. Na análise descritiva dos dados é possível verificar uma variação da concentração de MIB em relação a variação na densidade de células de *Pseudanabaena sp.*, conforme apresentado na figura 2.

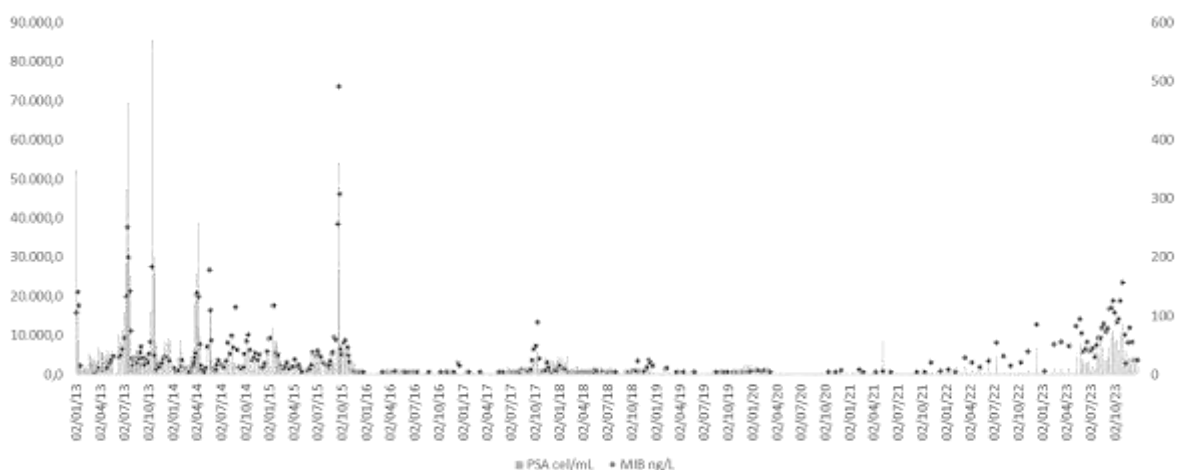


Figura 2 – Resultados da densidade de cianobactérias e concentrações de MIB na Represa Jundiáí entre os anos de 2013 e 2023.

No teste de correlação de Pearson, o coeficiente de correlação entre MIB e PSA é de 0,718, indicando uma associação forte e positiva entre essas duas variáveis. O valor p associado a essa correlação é inferior a 0,001, indicando uma significância estatística extremamente alta.

Na análise da relação entre a concentração de MIB e a densidade de *Pseudanabaena sp.*, constatamos que a produção de MIB não segue um padrão claro. Nos anos em que a densidade de PSA foi baixa, como observado em 2016, 2019 e 2020, a razão entre MIB e densidade de células foi relativamente alta. Esses resultados demonstram que, mesmo com uma baixa contagem de células, a concentração de MIB ainda foi quantificada.

Entretanto, uma observação mais detalhada revela uma mudança notável na produção de MIB quando comparamos os anos de 2013 a 2015 com o período de 2021 a 2023. No primeiro intervalo de tempo, caracterizado por altas densidades de *Pseudanabaena sp.*, a produção de MIB foi menor em comparação ao segundo período. Essa diferença é evidenciada na Figura 3, indicando uma relação inversa entre a densidade de *Pseudanabaena sp.* e a produção de MIB.

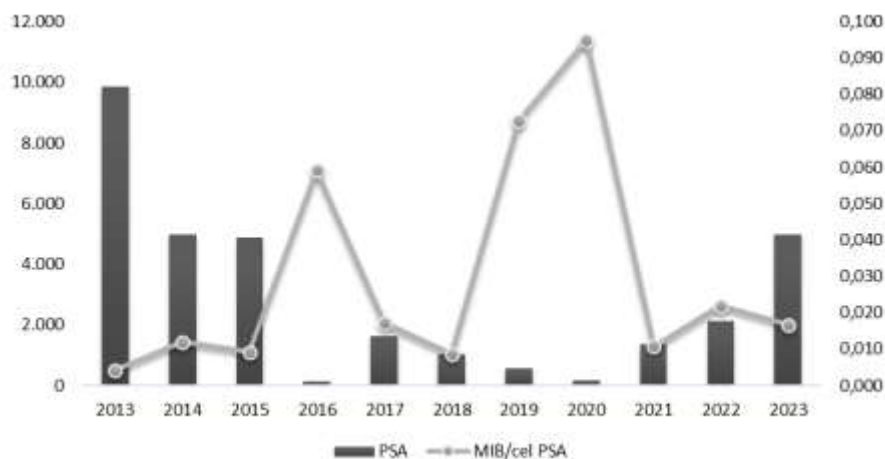


Figura 3 – Média anual da densidade de *Pseudanabaena* sp. e os resultados da razão entre a densidade de células e a concentração de MIB.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados, não foi possível estabelecer um padrão claro na produção de 2-metilisoborneol (MIB) em resposta à variação na densidade de células, apesar da existência de uma correlação forte e positiva entre essas duas variáveis. A inversão na dinâmica de produção do MIB entre os períodos de 2013 a 2015 e 2021 a 2023 sugere a influência de fatores além da densidade celular na síntese do MIB. Condições ambientais, composição do meio ou outros fatores específicos dos anos analisados podem ter desempenhado um papel crucial na regulação da produção de MIB, destacando a complexidade desses mecanismos.

Conforme sugerido por Jüttner e Watson (2007), a síntese de MIB é um fenômeno complexo, com variações significativas entre e dentro dos diversos táxons. Isso implica que uma análise abrangente da variação do MIB deve considerar outros fatores ambientais em conjunto com a densidade de cianobactérias. Os resultados observados em diferentes condições reforçam a necessidade de estudos mais aprofundados para elucidar os mecanismos subjacentes a essa complexa relação, proporcionando contribuições significativas para a gestão e preservação de ecossistemas aquáticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PANG, Yi-ming et al. Research progress on *Pseudanabaena* sp. and its metabolite 2-methylisoborneol (2-MIB). *Chinese Journal of Ecology*, v. 40, n. 5, p. 1530, 2021.
- PEZZI, Antônio et al. *Biologia: seres vivos, anatomia e fisiologia humana*. São Paulo: FTD, 2010.
- JÜTTNER, Friedrich; WATSON, Susan B. Biochemical and ecological control of geosmin and 2-methylisoborneol in source waters. *Applied and environmental microbiology*, v. 73, n. 14, p. 4395-4406, 2007.
- WATSON, S. B. et al. Biochemistry and genetics of taste- and odor-producing cyanobacteria. *Harmful Algae*, v. 54, p. 112–127, 2016.