

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

VARIAÇÃO DIURNA DE ALGUMAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS EM UMA LAGOA EUTROFIZADA E COM FLORAÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS NO MUNICÍPIO DE MANAUS/AM

*Domitila Pascoaloto*¹; *Núbia Abrantes Gomes*² & *Hillândia Brandão da Cunha*³

Palavras-Chave – Qualidade da Água; Lago Urbano; Eutrofização

INTRODUÇÃO

Drenado por uma vasta rede de igarapés e com um clima caracterizado pela ausência de estação totalmente seca, o município de Manaus (AM) possui vários ambientes propícios para o estabelecimento de pequenas lagoas, sejam naturais, sejam artificiais, construídas no intuito, principalmente, para a criação de peixes, crustáceos e/ou quelônios. A “Lagoa do Japiim” é um desses exemplos. No entanto, se inicialmente, quando ainda estava em estado “natural” ela era visitada pelas famílias para que as crianças pudessem ver os quelônios (sendo carinhosamente chamada de “Lago das Tartarugas”) ou para que os proprietários e seus convidados pudessem pescar, com o decorrer do tempo ela foi recebendo o aporte dos escoamentos domésticos das residências em seus arredores e suas águas ou passaram a apresentar tonalidade esverdeada (com grande quantidade de algas e/ou cianobactérias), o que indicaria alta produção primária mas também alto teor de matéria orgânica, ou então sua superfície estava coberta por macrófitas (impedindo a fotossíntese das algas), tornando o ambiente anóxico (Pascoaloto *et al.*, 2015).

Apesar dessa lagoa estar localizada num terreno que antigamente era uma propriedade particular (a qual foi abandonada no final da década de 1990 e que em 2008 entrou em obras para se tornar o Parque Municipal da Lagoa do Japiim) e do local, posteriormente, ter servido de sede para algumas secretarias municipais, a principal característica da lagoa do Japiim é a tonalidade esverdeada de suas águas, consequência da grande quantidade de cianobactérias (floração, ou “bloom”, de uma ou duas espécies), conforme observaram Ribeiro (2011) e Pascoaloto *et al.*, 2015. Esse recurso hídrico é considerado o ambiente mais eutrofizado da cidade (Pascoaloto *et al.*, 2015), sendo, há mais de uma década, referido pela população como “lagoa verde” ou “sopa de ervilha”.

Não se sabe exatamente o que causa a floração de uma ou mais espécie em determinado local, condição que, inclusive, algumas vezes é seguida pela ausência de espécimes dessa alga pouco tempo depois. Nas lagoas urbanas de Manaus já foram observadas floração de uma ou duas espécies de algas verdes (Chlorophyta) em ambientes mesotróficos, como a lagoa do Bosque da Ciência (denominado pelos administradores do local como “Lago Amazônico”) (Souza *et al.*, 2006; Feitosa *et al.*, 2011;

1) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA/CODAM, Av. André Araújo, 2936 – Petrópolis, Manaus/AM, (92) 3643-3107, domitila@inpa.gov.br

2) Universidade Federal de Roraima – UFRR. Av. Cap. Ene Garcês, 2413 - Aeroporto, Boa Vista - RR, 69310-000, (95) 3621-3100, nubiaagomes@hotmail.com

3) 2) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA/COAES, Av. André Araújo, 2936 – Petrópolis, Manaus/AM, (92) 3643-3167, hillandia@inpa.gov.br

Pascoaloto *et al.*, 2015) e de cianobactérias em ambientes hipereutróficos, como a lagoa do Japiim (Ribeiro, 2011; Pascoaloto *et al.*, 2015).

A Lagoa do Japiim tem sido sítio amostral para alguns estudos voltados para a qualidade da água em recursos hídricos na região urbana de Manaus (ambientes lênticos), onde os autores concluíram que os valores altos de pH e condutividade elétrica na lagoa do Japiim eram consequência da entrada de esgotos domésticos das residências em seu entorno (ex.: Ribeiro, 2011; Arco *et al.*, 2018) ou simplesmente constaram a mudança da classificação do tipo de água (ácida ou neutra ou alcalina) e mudança da condutividade elétrica em dois períodos diferentes (ex.: Barros, 2018), dando a subentender que essas variações estão associadas a ações antrópicas. Entretanto, conforme discutiram Pascoaloto *et al.* (2015), os estudos realizados no local foram referentes a um único horário de coleta, não considerando, assim, a produção primária pelas cianobactérias.

No presente trabalho apresentamos a variação diurna, em dois períodos hidrológicos, na água da lagoa de algumas variáveis ambientais relacionadas com o processo de fotossíntese do fitoplâncton.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na cidade de Manaus, bairro Japiim, no atualmente denominado “Parque Municipal Senador Arthur Virgílio Filho”, popularmente ainda referido como “Lagoa do Japiim” (Figuras 1-2).

Figura 1 - Localização da Lagoa do Japiim.

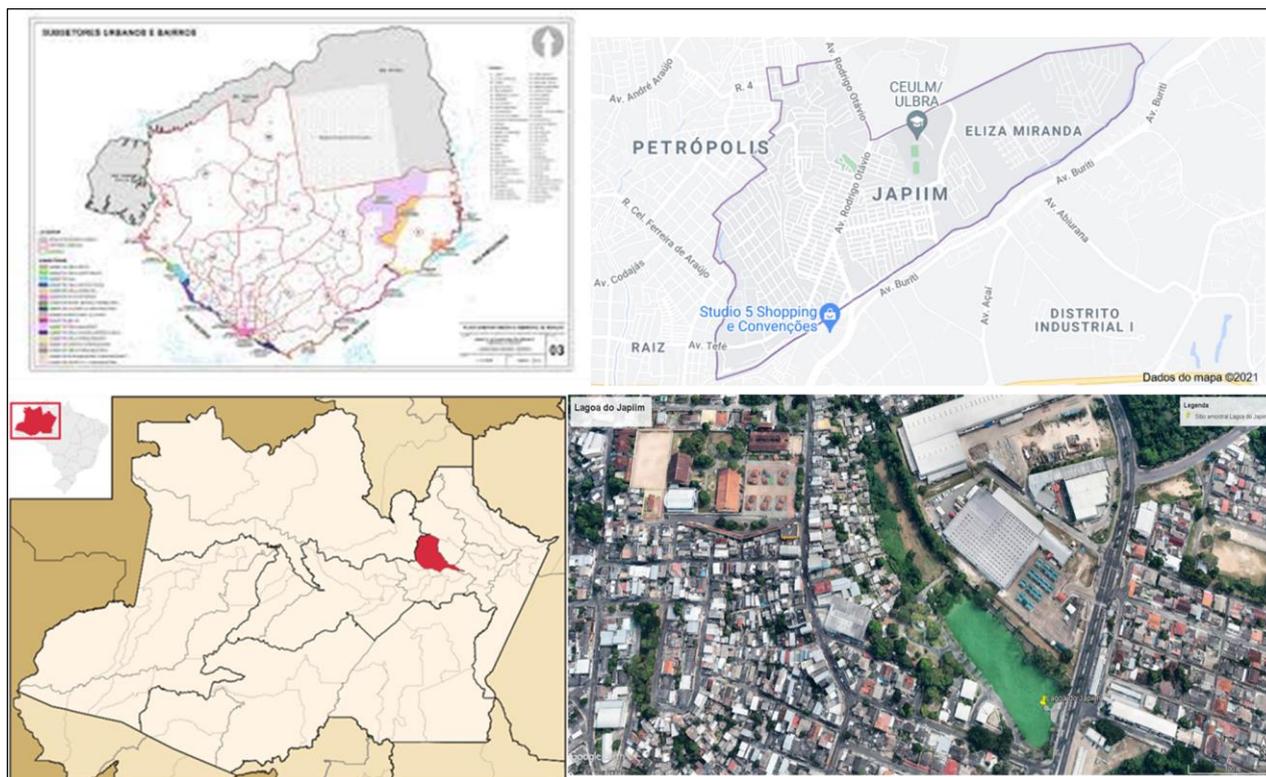


Figura 2 - Configuração do sítio amostral Lagoa do Japiim.



O estudo foi desenvolvido em março/2018 (“inverno amazônico”, período “chuvoso”) e outubro/2018 (verão amazônico, período de “estiagem”). Em cada campanha foram realizadas seis coletas de água (07:00h, 09:00h, 12:00h, 15:00h e 17:30h), ressalta-se que, embora tivéssemos autorização da SEMMAS (Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade) para a realização das coletas, o experimento não pode ser iniciado às 06:00h e concluído às 18:00h em cada período devido ao regulamento do Parque Municipal Senador Arthur Virgílio Filho/SEMMAS (segundo explicou a administradora do parque, no período das 17:30h - 06:30h o local fica sob responsabilidade da empresa de segurança contratada pela prefeitura, a qual somente tem autoridade para agir quanto à propriedade, não podendo garantir a segurança das pessoas que estiverem no local).

As amostras de água foram coletadas com auxílio de uma garrafa coletora tipo Van Dorn, em polietileno, com capacidade para 5000 ml. Como a garrafa utilizada foi do tipo vertical (com 50 cm de altura), as amostras de superfície foram obtidas a profundidade de 10 cm (o que resultou em amostra integrada das profundidades de 10 a 50 cm da coluna d’água), na campanha de outubro/2018, a fim de verificar as condições no fundo da lagoa, também foram coletadas amostras próximo ao bento (tomando-se o cuidado de medir antes a profundidade para que a garrafa ficasse a dez centímetros do sedimento). As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno, quimicamente limpos (com solução álcool-ácida), com capacidade para 1000 ml e imediatamente transportadas para o Laboratório de Química Ambiental-LQA (CODAM/INPA), devido à proximidade do local de estudo com o laboratório (cerca de 2,5 km - percorridos em aproximadamente quinze minutos) onde as amostras foram analisadas, essas foram transportadas sem acondicionamento em caixa refrigerada (conforme solicitado pela gestora do laboratório).

Para a determinação do oxigênio dissolvido (segundo o método de Winkler modificado – Golterman *et al.*, 1978) a amostra foi acondicionada em frasco de vidro tipo Winkler, aferido, tomando-se o cuidado de não formar bolhas, e imediatamente fixada com azida sódica e sulfato manganoso e transportada para o Laboratório de Química Ambiental (LQA) - INPA/CODAM para ser titulada com tiosulfato de sódio 0,01N.

As variáveis ambientais analisadas e as técnicas analíticas podem ser observadas na Tabela 1. Infelizmente, devido a uma série de fatores, não foi possível realizar em campo a incubação de frascos para análise da DBO no período de “estiagem”, também não foi possível aos técnicos do LQA

realizarem a análise da DQO no período “chuvoso”, de forma que as discussões dessas duas variáveis se atêm a um único período. Por se tratar de um logaritmo, para cálculo da média do pH os valores obtidos em cada horário da campanha foram convertidos para antilog na base dez e o valor (da média) expresso em \log_{10} .

Tabela 1: Variáveis ambientais (físicas, químicas e físico químicas) investigadas na água (Laboratório de Química Ambiental – INPA/CODAM).

VARIÁVEL	METODOLOGIA DE ANÁLISE	UNIDADE DE MEDIDA	REFERÊNCIA
Temperatura	Termometria	°C	Rice et al. (2012)
pH	Potenciometria	---	Rice et al. (2012)
Alcalinidade	Titulação Potenciométrica	$\text{mgH}_2\text{CO}_3 \cdot \text{l}^{-1}$	Rice et al. (2012)
Condutividade Elétrica	Condutimetria	$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	Rice et al. (2012)
Turbidez	Turbidimetria	NTU	Rice et al. (2012)
Oxigênio Dissolvido	Titulometria	$\text{mgO}_2 \cdot \text{l}^{-1}$	Golterman et al. (1978)
Demanda bioquímica de Oxigênio (DBO)	Titulometria	$\text{mgO}_2 \cdot \text{l}^{-1}$	Golterman et al. (1978)
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Titulometria	$\text{mgO}_2 \cdot \text{l}^{-1}$	Rice et al. (2012)

A transparência da água foi determinada com disco de Secchi (média de cinco medidas), a partir de cujo valor foi determinado o coeficiente vertical de atenuação (K) (Esteves, 2011), a partir da equação (1):

$$K = 1,7 / (Z_{ds}) \quad (1)$$

Onde:

Z_{ds} = profundidade do disco de Secchi

1,7 = constante calculada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

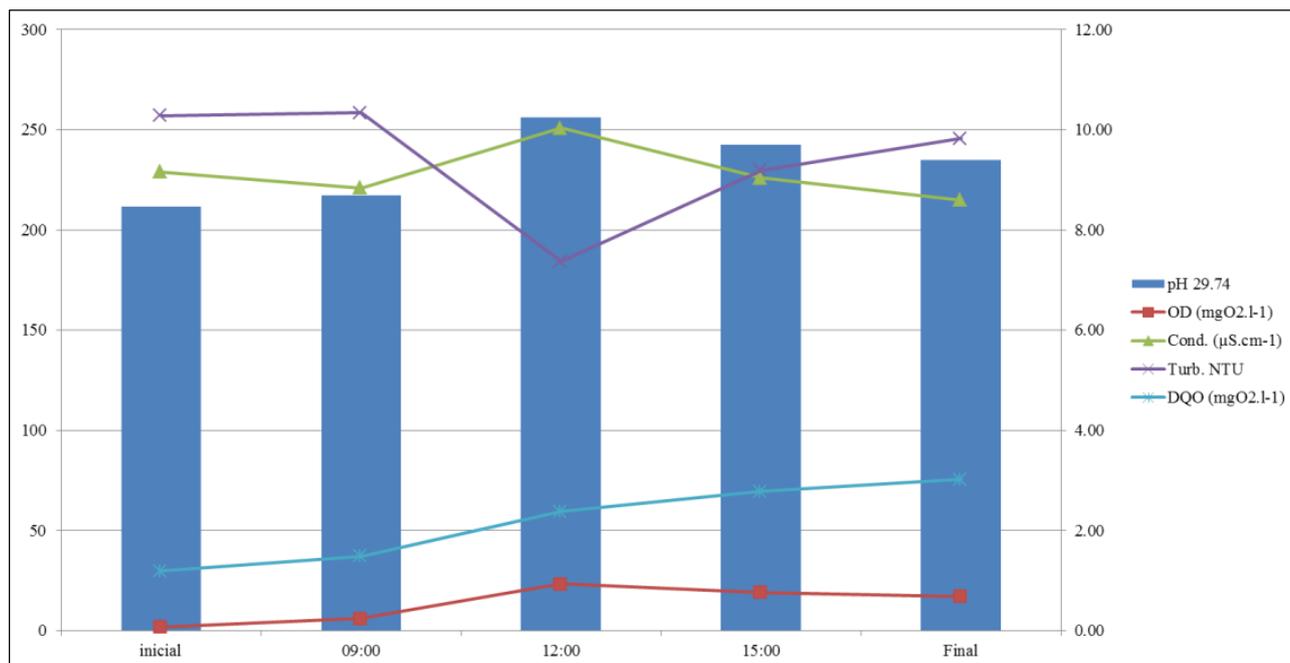
Em todas as campanhas realizadas na lagoa do Japiim foram observadas natas de cianobactérias do gênero *Planktothrix*. As bolhas presentes nessas natas (retenção de gases) sugerem tratar-se da espécie *P. agardhii* (Gomont) Agnostidis and Komárek.

A profundidade da lagoa variou de 4,2 metros no período de “estiagem” a 4,8 metros no período “chuvoso”, em ambos a “transparência da água”, estimada pela profundidade do disco de Secchi foi de 20 cm e o coeficiente de atenuação vertical (K) foi 8,5 (utilizando a constante 1,7), valor bastante superior àqueles registrados para lagos de água preta (característica que a lagoa deve ter apresentado antes de se tornar um ambiente eutrofizado, uma vez que pertence à bacia do igarapé Educandos, tributário do rio Negro), que apresenta valores entre 0,5 e 1,0 (Rai e Hill, 1984).

Conforme se pode observar na figura 3, no período de “estiagem” houve uma mudança no comportamento do pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica no meio do dia (horário de 12:00h), quando foram registrados os valores mais elevados para esses variáveis (10,25; 23,43 mgO_2/L e 251,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente); da mesma forma, também nesse horário, houve a mudança de comportamento da condutividade elétrica, porém com o registro do menor valor (184,34 NTU),

enquanto que o maior valor de DQO foi registrado para o final da tarde (75,59 mgO₂/L). Quanto ao período “chuvoso” (figura 4), também se observou a tendência do comportamento do pH e oxigênio dissolvido serem semelhantes, entretanto neste período os maiores valores foram registrados para o horário de 15:00h (9,45 e 17,6 mgO₂/L, respectivamente), enquanto que neste mesmo horário foi registrado o menor valor para condutividade elétrica (142,8 µS/cm), padrão que indica maior atividade na fotossíntese (Souza *et al.*, 2006).

Figura 3: Variação de potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (NTU), turbidez (NTU) e demanda química de oxigênio (DQO) ao longo do fotoperíodo no período de estiagem.

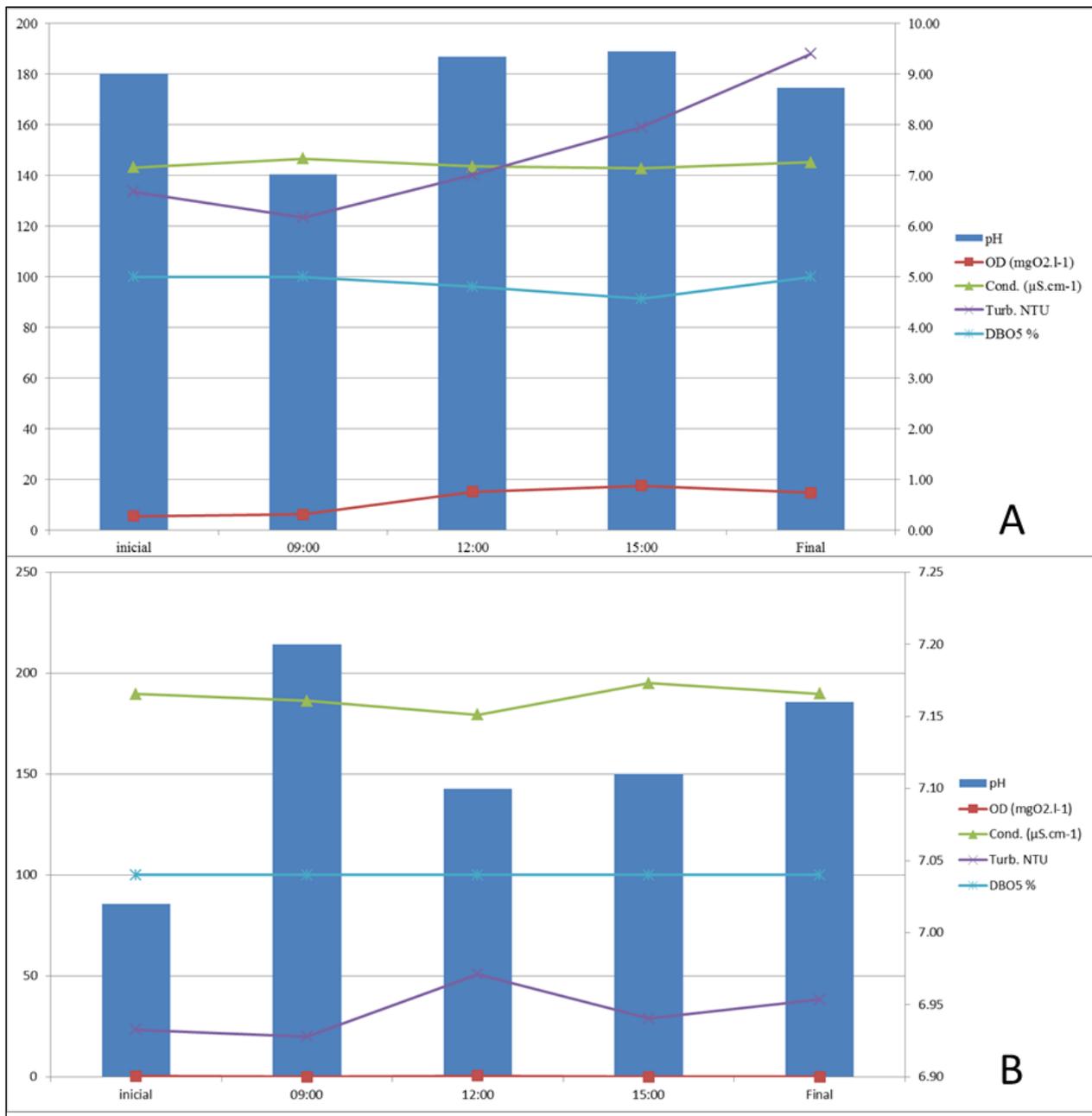


Os teores de oxigênio dissolvido variaram (diferença entre o maior e o menor valor), ao longo do período iluminado do dia (fotoperíodo), 21,45 mg/L na superfície da lagoa no período de “estiagem” e 9,62 mg/L no período “chuvoso. Quanto ao fundo da lagoa, essa variação foi de 0,62 mg/L, sendo que na maior parte das amostragens foi observado que o ambiente se encontrava anóxico. Este resultado sugere que para esse tipo de ambiente é importante usar frascos de maior capacidade de volume, a fim de aumentar a acuracidade do método (segundo a coordenadora da antiga Coordenação de Pesquisas em Clima e Recursos Hídricos – grupo que atualmente integra a Coordenação Dinâmica ambiental – e coordenadora da INCT “Beija-Rio” na região amazônica, o protocolo do Projeto “Beija-Rio” estabelece o uso de frascos para determinação de oxigênio com cerca de 60ml de capacidade de volume).

Segundo Esteves (1988), baseado na solubilidade do oxigênio na água, é notório que os organismos aquáticos tropicais têm, em princípio, muito menos oxigênio disponível no que os de lagos temperados, sendo que essa constatação assume importância quando considera-se que nos lagos próximos ao equador a temperatura pode atingir até 38°C. No nosso estudo a temperatura da água, na superfície da lagoa, variou de 30°C a 32,3°C, enquanto no fundo essa variação foi de 28°C a 29,5°C. Infelizmente, para o período de “estiagem” só houve registro da temperatura da água no início do experimento, quando havia 26,32% de oxigênio disponível para a biota. Quanto ao período chuvoso, na superfície a disponibilidade variou de 74,93%, no início da manhã a 243,43% no horário das 15:00h, enquanto no fundo só foi detectada a presença de oxigênio no início da manhã (4,43%) e no meio do dia (8,08%).

Os estudos de cunho hidroquímico voltados para a qualidade da água geralmente são realizados entre 08:00h e 14:00h, pois, segundo Silva (2013) a temperatura da água no período da tarde é mais elevada, o que implicaria no resultado de outros parâmetros correlatos. Já em relação a estudos de cunho limnológico, segundo Esteves (1988) deve-se escolher o intervalo 10:00h – 14:00h, pois é o

Figura 4: Variação de potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (NTU), turbidez (NTU) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) ao longo do fotoperíodo no período de estiagem, nas profundidades superfície (A) e fundo (B).



ideal para se determinar a transparência da água. Nossos resultados mostraram que, em ambientes fortemente eutrofizados, ater-se ao horário em que a radiação solar está mais ativa pode levar a resultados errôneos na comparação entre períodos diferentes, pois a dinâmica nesses ambientes varia de acordo com as condições atmosféricas. Além disso, é importante que as atividades fotossintéticas das células algais sejam consideradas, a fim de não se concluir que as variações de valores entre os

períodos analisados de variáveis como pH, condutividade elétrica e até mesmo a turbidez estejam relacionadas apenas com a entrada (ou diluição, em eventos de precipitação atmosférica) de efluentes orgânicos das residências e comércios/prédios nos arredores. Nossos resultados também mostraram que, embora a tendência seja a ausência do oxigênio no fundo da lagoa, existiram dois intervalos em que foi possível detectar esse gás, sendo que não foi observada relação entre esses momentos e a concentração de oxigênio dissolvido na superfície.

CONCLUSÃO

Foi verificado no período de estiagem um aumento contínuo da DQO ao longo do dia no período de estiagem. Recomenda-se que essa análise seja repetida no período chuvoso e, preferencialmente, que seja realizado um estudo ao longo dos quatro períodos hidrológicos (“Chuvoso”, intermediário 1, “estiagem”, intermediário 2), preferencialmente com 72 horas de duração (3 dias) cada, para verificar se existe um padrão.

A diferença entre os valores de temperaturas (de 1,0°C a 4,5°C) da superfície com o fundo da lagoa (epilimnio e hipolimnio) indica a estratificação na coluna de água em vários horários ao longo do dia. Novos estudos devem ser realizados, com coletas de perfil, para conhecer melhor o metabolismo da lagoa.

As pessoas costumam se queixar do cheiro desagradável que emana da Lagoa do Japiim, principalmente no final da tarde. Nossos resultados indicaram valores altos de oxigênio dissolvido na superfície da lagoa e não identificaram alterações significativas nos teores de oxigênio no fundo ao longo do dia (que pode ser considerado anóxico). Assim é importante verificar o metabolismo no fundo da lagoa ao longo do ano para ver a razão do mal cheiro ocorrer em períodos definidos.

REFERÊNCIAS

- ARCOS, A.N.; AMARAL, A.C.L.; SANTOS, M. A.; SILVA, C.M.A.; KOCHHAM, D.; TADEI, W.P. (2018). *Water quality of urban lakes in the Central-Southern Region of Manaus, Amazon*. Scientia Amazonia 7(2), CAM-CAM11.
- BARROS, A.M.S. (2018). *Estudo do ecossistema aquático da Lagoa do Japiim na cidade de Manaus: Análise da água*. Jornal Científico Núcleo do Conhecimento, 2018 (Disponível em “<http://www//nucleodoconhecimento.com.br/meio-ambiente/ecossistema-aquatico>”), acesso em 07 junho 2021.
- BICUDO, C. E. M; MENEZES, M. (2005). *Gêneros de Algas Continentais do Brasil (chave para identificação e descrições)*.: RiMa São Carlos-SP, 508p.
- FEITOSA, I. B. ; FELIX, G. M. B. ; PASCOALOTO, D. (2011). “*Avaliação diurna da comunidade fitoplânctônica no Lago Amazônico, Manaus / Brasil*” in Anais do 62º Congresso Nacional de Botânica, Fortaleza, Fev 2011, 1, p 2326.
- GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S., OHSNTAD, M.A.M. (1978). *Methods for chemical analysis of fresh waters*. Blackwell Boston (IBP handbook, 8), 166p.
- PASCOALOTO, D.; SOARES, C. C. ; GOMES, N. A. (2015). “*Atividades antropogênicas e eutrofização em duas lagoas de Manaus, Estado do Amazonas*” in Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília, nov. 2015, p. 1-8.
- RAI, H.; HILL, G. (1984). “*Primary productions in the Amazonian Aquatic Ecosystems*”, in. The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types. Org. por Sioli, H., W. Junk Publishers. Dordrecht, pp. 312-335.

RIBEIRO, L.B. Cianobactérias de três lagos urbanos de Manaus (Amazonas – Brasil). Manaus: INPA/FUA. Tese (Doutorado em Biologia Tropical e Recursos Naturais) – Curso Biologia de água Doce e Pesa Interior, Manaus, 2011. 44pp.

RICE, E.W.; BAIRD, R.B.; EATON, A.D., CLESCERI, L.S. (Eds.). (2012). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association - APHA, American Water Works Association – AWWA e Water Environment Federation - WEF, Maryland. 1496p.

SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P.; AGUJARO, L.F.; CARVALHO, M.C.; CARVALHO, L.R. ; SOUZA, R.C.R. (2006). *Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras.*: Interciência Rio de Janeiro-RJ, 58p.

SOUZA, R.A.; PASCOALOTO, D.; SOARES, C.C. Produção primária pelo método de oxigênio de Winckler em um lago urbano de Manaus durante o período da enchente. In: Anais da XV Jornada de Iniciação Científica, 2006, p. 433-434.

AGRADECIMENTOS – À FAPEAM. Ao MCTIC/INPA. Aos técnicos do LQA (INPA/CODAM). Aos servidores do INPA Climéia Corrêa Soares, Walter Jorge do Nascimento Filho, Soraya Rondon Pirangy, Andrea Clara Guadalupe Gomes de Leiros e Gleig de Sá.