

Análises dos indicadores físico-químicos, microbiológicos e parasitológicos de contaminação ambiental em amostras de água da Lagoa Mundaú, em Alagoas

Newton César de Lima Mendes^[1], Ana Gabrielle de Barros Lessa^[2], Isabelle Cavalcante Martins^[3], Genildo Cavalcante Ferreira Júnior^[4], Hyngrid Assíria Amorim Costa^[5], Paulo Rogério Barbosa de Miranda^[6], Thiago José Matos Rocha^[7]

[1] new3006@hotmail.com. [2] gabiblessa@outlook.com. [3] bellecm17@gmail.com. [6] oluap81@gmail.com. Centro Universitário Cesmac. [4] genildojr@yahoo.com.br. Instituto Federal do Acre / Campus Xapuri. [5] hyngrid_assiria@hotmail.com. Centro Universitário Tiradentes / Unit Alagoas. [7] tmatosrocha@cesmac.edu.br. Centro Universitário Cesmac / Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo principal analisar as propriedades físico-químicas (pH, temperatura, amônia, nitrato e oxigênio dissolvido) e fazer análises microbiológica e parasitológica em amostras de água da Lagoa Mundaú, em Alagoas. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Pesquisa do Centro Universitário Cesmac e no Laboratório Central Analítica Alagoas Ltda., através de equipamentos clássicos e kits alternativos. Foram observados os seguintes resultados com relação aos parâmetros físico-químicos analisados: pH $7,29 \pm 0,395$, amônia $12,22 \pm 1,74$ mg/L, nitrito $0,0105 \pm 0,001$ mg/L, nitrato $0,199 \pm 0,092$ mg/L e oxigênio dissolvido (OD) médio de $5,136 \pm 1,031$ mg/L. A partir das análises microbiológicas da qualidade da água da Lagoa Mundaú, observa-se que esta apresentou resultados preocupantes e insatisfatórios quanto a condições propícias para a balneabilidade, tendo em vista que, em todas as amostras (100%) de água analisadas, observou-se a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. As análises parasitológicas não revelaram a presença de nenhum parasito de importância médica.

Palavras-chave: *Escherichia coli*. Oxigênio dissolvido. Série nitrogenada. Lagoa Mundaú.

ABSTRACT

*The objective of this work was to analyze the physicochemical properties (pH, temperature, ammonia, nitrate and dissolved oxygen) and microbiological and parasitological analyses in water samples from Mundaú Lagoon. All analyses were performed in the Research laboratory of the Centro Universitário Cesmac and the Central Analytical Laboratory Alagoas Ltda, through classical equipment and alternative kits. The following results were observed in relation to the physicochemical parameters analyzed: pH: 7.29 ± 0.395 , ammonia 12.22 ± 1.74 mg/L, nitrite 0.0105 ± 0.001 mg/L, nitrate 0.199 ± 0.092 mg/L and dissolved oxygen (OD) 5.136 ± 1.031 mg/L. The microbiological analyses of water quality of Mundaú lagoon presented worrying and unsatisfactory results regarding recreational water practice, considering that in all samples (100%) the presence of total coliforms and *Escherichia coli* were obtained. Parasitological analysis did not reveal the presence of any parasites of medical importance.*

Keywords: *Escherichia coli*. Dissolved oxygen. Nitrogen series. Mundaú Lagoon.

1 Introdução

As áreas marinhas costeiras e os ambientes estuarinos desempenham papel fundamental para o desenvolvimento socioeconômico da maioria das sociedades; são ambientes de múltiplos usos (agricultura, pesca, lazer e turismo, por exemplo) e também de transição, funcionando como corpos receptores e diluentes de resíduos da atividade humana (BERTUCCI *et al.*, 2016).

Os ecossistemas aquáticos estão sujeitos a vários estressores que mudam suas características físicas, químicas e biológicas. A pressão antrópica é o motor clássico de mudança ambiental, que é estimulada por meios urbanos desorganizados que ocupam o entorno de lagos, rios e estuários (DUARTE-DOS-SANTOS *et al.*, 2017).

A urbanização desordenada próxima a complexos estuarinos provoca graves alterações na rede de drenagem, como o desaparecimento de alguns canais e a artificialização de outros. É importante salientar que alguns impactos – como aterro do manguezal, presença de quantidade considerável de resíduos sólidos, tanto na água como nas margens, e lançamento de efluentes domésticos – contribuem para a degradação desses ambientes (MELO; SILVA; ASSIS, 2018).

De modo geral, a qualidade das águas superficiais em áreas urbanas no Brasil vem diminuindo com o passar dos anos. Diversas fontes antrópicas capazes de alterar a qualidade das águas são observadas, como a suinocultura, a aquicultura e o povoamento desordenado. Fontes naturais, como a decomposição de biomassa vegetal submersa em períodos de cheia, também podem provocar desequilíbrios em corpos hídricos. Com isso, torna-se evidente que o desenvolvimento urbano é o principal responsável pela degradação dos lagos e lagoas urbanas (DUARTE-DOS-SANTOS *et al.*, 2017).

O Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM) está localizado no estado de Alagoas, sendo formado por duas lagoas (Mundaú e Manguaba) – sendo objeto de estudo deste trabalho apenas a lagoa Mundaú – e vários canais que as conectam entre si e com o Oceano Atlântico (LESSA *et al.*, 2013).

As lagoas Mundaú e Manguaba são típicas lagunas costeiras conectadas com o oceano por canais estreitos e sofrem com acelerado processo de degradação ambiental devido a práticas antrópicas deteriorantes, como lançamento de esgoto sanitário e de efluentes industriais e exploração dos recursos naturais (LIMA,

2017). Devido ao despejo desses efluentes, à poluição da água e a sua possível contaminação, os usuários das lagoas se submetem ao risco de doenças, e o ambiente, à degradação (VIEIRA; HENKES, 2013).

As bactérias do grupo dos coliformes são indicadores tradicionais da contaminação fecal, sendo largamente monitoradas para atestar condições de balneabilidade dos corpos d'água (ARAUJO; COSTA; CARREIRA, 2011). Segundo Barbosa *et al.* (2013), as infecções causadas por veiculação hídrica ocorrem quando há ingestão ou banho com água contaminada por microrganismos ou água tratada inadequadamente. Essas infecções, sobretudo as ocasionadas pelos protozoários intestinais, são consideradas como um dos principais problemas de saúde pública. Embora o tratamento para tornar a água potável envolva procedimentos de clarificação, sedimentação, filtração, cloração e fluoretação, esses não são totalmente eficazes na eliminação de ovos de helmintos e, principalmente, de cistos de protozoários.

O Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM) reúne atividades antrópicas que elevam o potencial de poluição dessa região. A utilização desses cursos de água tem causado preocupação com a degradação ambiental e também com a saúde da população do entorno, sendo necessárias pesquisas acerca dos indicadores da qualidade da água. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo analisar os indicadores físico-químicos, microbiológicos e parasitológicos de contaminação ambiental em amostras de água da lagoa Mundaú.

2 Marco teórico

Segundo a Resolução CONAMA n.º 357/2005, a água contém, geralmente, diversos componentes, os quais provêm do próprio ambiente natural ou são introduzidos a partir de atividades humanas (CONAMA, 2005). Para caracterizar um corpo d'água, são analisados diversos parâmetros, os quais representam suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e, quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso, podem provocar diversos danos tanto à saúde marinha quanto à humana. Sabendo da importância de avaliar a qualidade da água, foram selecionados alguns indicadores que possuem relação direta com a poluição provocada por ações antrópicas. Todos os dados físico-químicos foram analisados e comparados segundo as Resoluções CONAMA n.º 357/2005 (CONAMA, 2005) e 430/2011 (CONAMA, 2011).

2.1 pH

O potencial hidrogeniônico (pH) possui importância direta para os ecossistemas aquáticos devido aos seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies presentes (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011). Ele indica os níveis de acidez ($\text{pH} < 7$) ou alcalinidade ($\text{pH} > 7$) de sistemas aquosos, através de uma escala de 0 a 14. A variação de pH encontrada em corpos hídricos pode estar relacionada a diversos fatores, que podem ser de origem natural ou de origem antropogênica. Valores de pH entre 4,5 e 8,2 indicam água em condições de acidez carbônica, o que não necessariamente indica poluição, pois o equilíbrio químico que envolve o CO_2 ocorre naturalmente em corpos d'água. Já pH menor que 4,5 indica condições de acidez provocadas por ácidos minerais fortes, geralmente resultantes de despejos industriais. Águas com valores de pH abaixo de 6 e acima de 9 são desaconselháveis para uso doméstico (CONAMA, 2011).

2.2 Fosfatos

A principal fonte natural de fosfatos decorre da desintegração e decomposição das rochas através de um conjunto de processos físicos, químicos e biológicos, denominado intemperismo (MONIZ; NASCIMENTO; PAIVA NETTO, 1973). Como fonte antropogênica, estão os fertilizantes fosfatados aplicados ao solo e os detergentes fosfatados empregados no uso doméstico (QUEVEDO; PAGANINI, 2018), que têm como principal consequência a eutrofização de corpos d'água, provocada pelo crescimento excessivo de organismos aquáticos fotossintetizantes (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

2.3 Amônia, nitrito e nitrato

O nitrogênio e seus derivados inorgânicos são compostos de alta influência para a saúde humana e amplamente encontrados, nos últimos anos, em sistemas aquáticos. A sua ingestão se dá através de águas de abastecimento ou por alimentos regados com águas contaminadas, principalmente, por dejetos humanos oriundos de residências sem saneamento básico (MELO *et al.*, 2019). A detecção de derivados inorgânicos de nitrogênio é de fundamental importância, pois, dependendo do derivado encontrado e de suas concentrações, pode-se determinar se a contaminação naquele corpo hídrico é recente ou não (ANJOS; LUZZI; STORTE, 2019).

Já a amônia é encontrada naturalmente nos corpos d'água como produto da degradação de compostos do solo e da água, resultado da excreção da biota, da redução do nitrogênio gasoso ou das trocas gasosas com a atmosfera (REIS; MENDONÇA, 2009).

2.4 Indicadores microbiológicos e parasitológicos

No que diz respeito aos indicadores microbiológicos, bactérias pertencentes à família Enterobacteriaceae são apresentadas em forma de bacilos gram-negativos, sendo sua disseminação no ambiente um excelente indicador de contaminação (VALVERDE *et al.*, 2018). A presença desses microrganismos pode indicar ambientes ou alimentos insalubres, como também ocasionar, para os seres humanos, uma variedade de infecções hospitalares e gastrointestinais. Fisiologicamente, são oxidase negativa, com capacidade de fermentar a glicose, e, em sua maioria, redutores de nitrato (ALMEIDA *et al.*, 2017). O teste de oxidase é um procedimento qualitativo para verificar a presença da enzima citocromo C, uma das oxidases que participam do processo oxidativo de respiração celular, sendo útil para diferenciar as bactérias da família Pseudomonadaceae (oxidase positiva) e Enterobacteriaceae (oxidase negativa) (SILVA *et al.*, 2017).

A *Escherichia coli* é um dos microrganismos mais comuns no corpo humano, habitando no trato digestório. Algumas dessas bactérias podem causar diarreia em decorrência da produção de enterotoxinas e provocar outras doenças na população humana, quando há ingestão de água contaminada (OLIVEIRA *et al.*, 2015; BARBOSA *et al.*, 2013).

A ocorrência de agentes parasitários está associada com más condições de higiene e com a falta de saneamento básico, fatores importantes para a circulação de parasitos intestinais (CRUZ *et al.*, 2014). Nessa perspectiva, alguns estudos publicados demonstram a ocorrência de enteroparasitos em amostras de água (LOPES *et al.*, 2017; BURNET *et al.*, 2014; BARBOSA *et al.*, 2013; WISTUBA *et al.*, 2011).

3 Material e métodos

Este trabalho descreve um estudo do tipo experimental quantitativo transversal, realizado na lagoa Mundaú. Segundo Tamano *et al.* (2015), a lagoa possui uma área de 23 km², localização geográfica entre as latitudes 9°35' e 9°46' S e longitudes 35°44' e 35°58' W e está situada ao sul da capital de Alagoas,

banhando as cidades de Maceió, Coqueiro Seco, Santa Luzia do Norte, Marechal Deodoro e Pilar. Conjuntamente com a lagoa Manguaba, com a qual possui canais em comum e desembocadura única no oceano Atlântico, constitui o Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM), com área total aproximada de 55 km².

Para esta pesquisa, foram feitas as seguintes análises: físico-química (pH, fosfato, nitrato, nitrito, amônia e oxigênio dissolvido) e biológica (microbiologia e parasitologia). Foram coletadas dez amostras de água a cada estação do ano (entre os meses de junho de 2018 e maio de 2019), considerando-se como unidade amostral 250 mL para as análises microbiológicas e 5 L para as análises físico-químicas e parasitológicas.

O potencial hidrogeniônico (pH) foi medido a 25 °C em até 2 horas após a coleta. Utilizou-se o medidor de pH de bancada (pHmetro) NI PHM, da NOVA Instruments. Foram catalogados os valores com duas casas decimais de precisão, e as análises foram realizadas em triplicata.

O fosfato, o nitrito, o nitrato e a amônia das amostras foram analisados de acordo com o *Standard Methods Examination*, pelo Laboratório Central Analítica Alagoas Ltda. As amostras foram lidas através da cromatografia líquida de alta performance (HPLC).

O oxigênio dissolvido (OD) foi verificado *in situ*, por duas sondas multiparâmetro da marca Akso, modelos AK-87 e AK-88. As medições foram realizadas em dez diferentes pontos de coleta (PC), utilizando-se as duas sondas para minimizar erros e fazer comparativos, sendo essa análise feita em duplicata.

Na análise microbiológica, foi priorizada a identificação de bactérias do grupo Coliforme, totais e termotolerantes, com ênfase na presença de *Escherichia coli*. Para essa análise, foi utilizado o *kit* Aquateste Coli ONPG/MUG caldo CX200UN, Lote 80709015, da Laborclin.

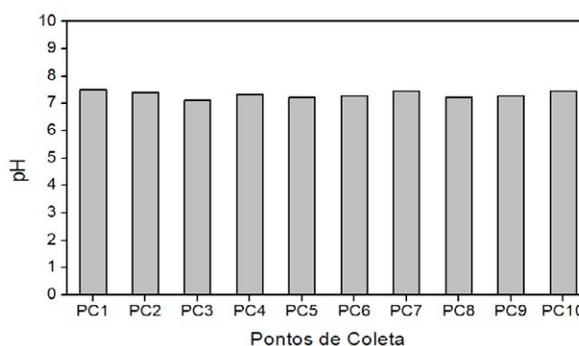
As análises parasitológicas foram realizadas por três métodos de identificação de parasitos, mediante as características dos ciclos biológicos e do maior potencial de patogenicidade, sendo necessária, dessa forma, a pesquisa de larvas, cistos, ovos e trofozoítos de protozoários e helmintos. Os métodos escolhidos foram o Método de Hoffman, Pons e Lutz, o Método de MIFC ou de Blagg e o Método de Faust, realizados em triplicata.

4 Resultados e discussão

4.1 pH

O Gráfico 1 exibe os resultados obtidos para o pH nas dez amostras analisadas.

Gráfico 1 – pH mensurado em de amostras de água da lagoa Mundaú



Fonte: Elaborado pelo autor

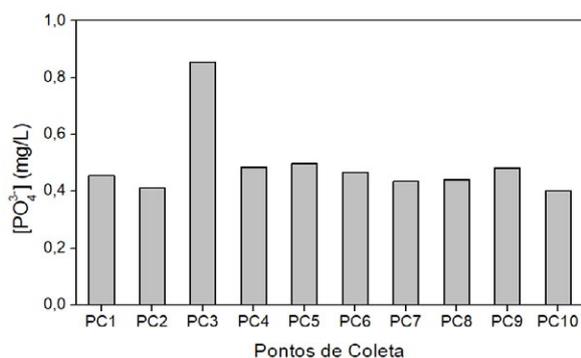
Os resultados exibidos no Gráfico 1 indicam que todas as amostras se encontravam dentro da normalidade com relação aos valores de pH, conforme parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 430 e pelo Manual de Procedimentos de Amostragem e Análise Físico-Química de Água da EMBRAPA, indicando que a variação de pH encontrada estava relacionada, principalmente, com a variação diária natural, provocada pelo equilíbrio gás carbônico/bicarbonato/carbonato em corpos hídricos. (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

Um estudo similar de Campos e Cunha (2015) apresentou variações de pH entre 4 e 7 em amostras de água de um balneário em Macapá - AP. Lopes e Bechtluft (2010) verificaram que amostras de água da lagoa da Itaúna Siderúrgica eram ligeiramente básicas, com pH mínimo de 7,06 e máximo de 8,89. Schuindt, Daco e Oliveira (2018) também encontraram valores ligeiramente alcalinos, não ultrapassando 8,3, ao avaliarem os impactos na lagoa de Araruama, em Cabo Frio - RJ. Esses resultados comprovam que o pH das amostras de água da lagoa Mundaú se encontra na mesma faixa verificada em outras lagunas brasileiras.

4.2 Fosfatos

O fósforo é um elemento fundamental, pois serve de nutriente para fitoplânctons, bactérias e plantas bentônicas e é remineralizado por atividades heterotróficas de animais e microrganismos (SANTOS *et al.*, 2007). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357, o teor de fósforo total aceitável pode variar de acordo com a classe e o ambiente em que é encontrado o corpo d'água. Para águas salobras, esse limite não deve ultrapassar 0,186 mg/L. Como pode ser visto no Gráfico 2, em todos os pontos de coleta foram observados valores acima do nível máximo permitido pela legislação, o que pode estar relacionado com uma alta carga de matéria orgânica oriunda de esgotos provenientes de residências próximas à lagoa, com baixíssimos índices de saneamento básico. Outro fator que pode estar elevando os níveis de fosfato é o intenso uso de fertilizantes no plantio de cana no entorno da lagoa, os quais são capazes de contaminar águas superficiais e subterrâneas (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

Gráfico 2 – Níveis de fosfato, em mg/L, em amostras de água da lagoa Mundaú

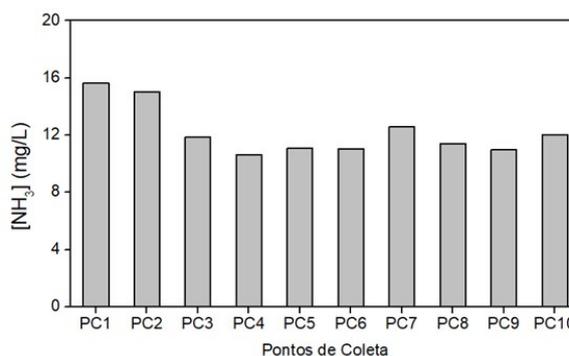


Fonte: Elaborado pelo autor

4.3 Amônia, nitrito e nitrato

Níveis elevados de amônia podem indicar decomposição de matéria orgânica proveniente de esgotos clandestinos, e como ela é a primeira etapa na oxidação dos derivados inorgânicos do nitrogênio, sua detecção pode estar relacionada a uma contaminação recente. O Gráfico 3 exibe as concentrações de amônia em amostras de água da lagoa Mundaú.

Gráfico 3 – Amônia (NH₃), em mg/L, mensurada em amostras de água da lagoa Mundaú



Fonte: Elaborado pelo autor

Todas as amostras coletadas apresentaram níveis de amônia cerca de três vezes acima do máximo permitido (3,7 mg/L) pela Resolução CONAMA nº 357/2005, com valores que variaram de 10,64 a 15,65 mg/L de Nitrogênio Amoniacal.

Reis e Mendonça (2009) apresentaram o estudo "Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água", fazendo uma avaliação do comportamento da amônia em relação à temperatura da água. Segundo os autores, os valores de referência de amônia estão situados na faixa de 0,67 a 11,79 mg/L, em águas com salinidade em torno de 30 g/kg, na temperatura entre 30 °C e 40 °C e com pH variando entre 7 e 8. Para a presente pesquisa, todas as amostras foram coletadas em temperaturas entre 30 °C e 40 °C.

As amostras desta pesquisa apresentaram variação de pH e temperatura similar à do estudo de Reis e Mendonça (2009), apontando que, mesmo com níveis maiores do que os propostos como parâmetro pelos autores, as amostras analisadas não apresentam grandes elevações e corroboram o trabalho de Reis e Mendonça (2009) quando estes apontam que a Resolução 357/2005 não incorporou a influência da temperatura e do pH sobre a distribuição e a toxicidade dos compostos de amônia em corpos d'água (REIS; MENDONÇA, 2009).

O nitrito é um estado intermediário de oxidação do nitrogênio, pois é gerado a partir da oxidação da amônia, ou também pela redução do nitrato (Equação 1).

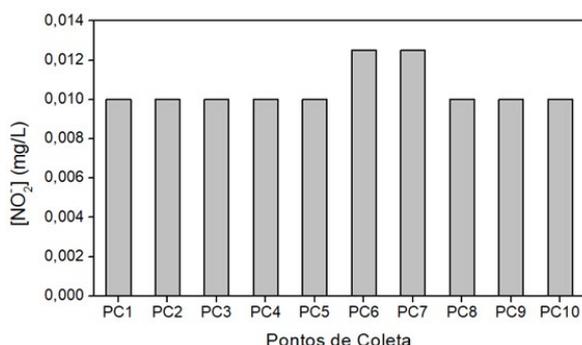


Esses processos ocorrem em estações de tratamento de esgoto, em sistemas de distribuição de água e em águas naturais. O valor máximo de nitrito permitido em água potável é de 1 mg/L, segundo a Resolução nº 357 do CONAMA.

Neste estudo, foi possível identificar os valores para o nitrito dentro dos padrões estabelecidos, apresentando variações de 0,01 mg/L a 0,0125 mg/L, como pode ser visto no Gráfico 4 (próxima página).

O nitrato é a última etapa de oxidação dos derivados inorgânicos do nitrogênio. Níveis elevados de nitrato em corpos hídricos podem indicar uma contaminação mais antiga, que pode ser proveniente de fertilizantes nitrogenados ou de despejo de esgotos clandestinos (VON SPERLING, 2014). O excesso de nitrato (> 10 mg/L) e de nitrito (> 1 mg/L) na água pode causar meta-hemoglobinemia em crianças, que ocorre quando o nitrato reage com o oxigênio do sangue e reduz a capacidade da hemoglobina de transportá-lo (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

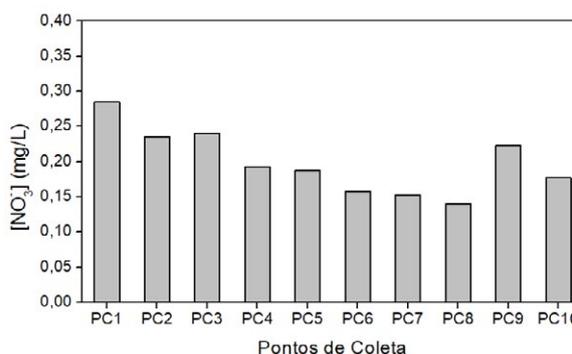
Gráfico 4 – Concentrações de nitrito, em mg/L, em amostras de água da lagoa Mundaú



Fonte: Elaborado pelo autor

O Gráfico 5 exibe os resultados para nitrato nas amostras de água coletadas. Pode-se observar que as concentrações se encontram dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação vigente. Apesar da variação amostral entre os postos de coleta, todas as amostras apresentaram valores muito inferiores ao máximo previsto em legislação e, com relação às concentrações de nitrito e nitrato, se encaixam em todas as classes de água doce estabelecidas pela Resolução nº 357 do CONAMA.

Gráfico 5 – Concentrações de nitrato, em mg/L, em amostras de água da lagoa Mundaú



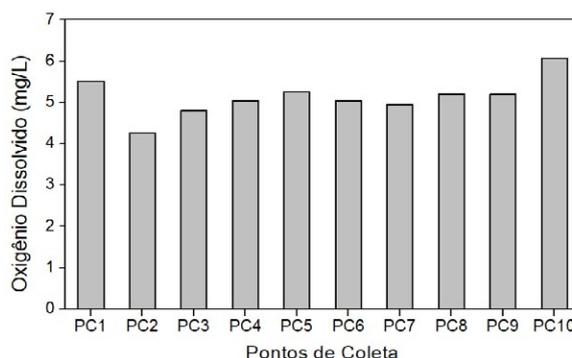
Fonte: Elaborado pelo autor

4.4 Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) presente em águas naturais é um componente essencial para o metabolismo dos microrganismos aeróbicos, para o desenvolvimento de espécies aquáticas e para o consumo humano, sendo indispensável para os seres vivos, especialmente os peixes, que não resistem a concentrações inferiores a 4 mg/L. Valores fora dos padrões podem indicar má qualidade da água utilizada, ocasionada principalmente pelo crescimento atípico de microrganismos (FIORESE *et al.*, 2019).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 prevê uma concentração de oxigênio dissolvido (OD) mínima de 5 mg/L para águas da classe 2 (utilizadas para pesca e recreação) (FONSECA; SALVADOR, 2005). Os resultados desta pesquisa demonstraram que, entre os 10 pontos de coleta, apenas o PC2, o PC3, o PC6 e o PC7 apresentaram valores inferiores a 5 mg/L (Gráfico 6).

Gráfico 6 – Oxigênio dissolvido, em mg/L, em amostras de água da lagoa Mundaú



Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados desta pesquisa nos mostram valores de OD limítrofes, com variações entre alguns pontos de coleta. Esses baixos valores de OD podem estar relacionados com a alta carga de matéria orgânica lançada na lagoa, que é verificada pelos altos valores de amônia encontrados.

4.5 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas atestaram presença de coliformes totais e termotolerantes em todas as amostras, com Número Mais Provável por 100 mL (NMP/100 mL) > 8, máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 430 (CONAMA, 2011).

No estudo realizado por Schuindt, Daco e Oliveira (2018), o qual observou os impactos ambientais na lagoa de Araruama, no estado do Rio de Janeiro, os resultados das análises microbiológicas indicaram a presença de quantidade significativa de coliformes termotolerantes e coliformes totais nas amostras analisadas (1,5 NMP/mL). Resultados semelhantes também foram descritos por Fiorese *et al.* (2019), ao avaliarem a qualidade da água do córrego Paraíso, no trecho urbano do distrito de Vieira Machado, município de Muniz Freire - ES. Possivelmente, tanto em nosso estudo quanto nos demais trabalhos citados, a contaminação está ocorrendo devido à liberação de esgoto sem o tratamento adequado, o que pode prejudicar a qualidade da água, como foi apontado nos resultados de ambas as pesquisas. Nesse sentido, de acordo com a Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), um recurso hídrico está contaminado quando há presença de bactérias do grupo Coliforme, independentemente de seu número por cada 100 mL de amostra d'água. Dessa forma, conclui-se que as águas da lagoa Mundaú estão contaminadas microbiologicamente, de acordo com as análises realizadas.

As análises parasitológicas não revelaram presença de parasitos intestinais pelos métodos utilizados neste estudo. Nos trabalhos publicados por Dellamatrice e Monteiro (2014), Piccoli *et al.* (2016) e Costa *et al.* (2018), discute-se que o elevado crescimento populacional faz com que ocorra a necessidade de mais fontes de água doce, seja na configuração de poços, rios, riachos ou lagos. Por outro lado, observa-se um contínuo e crescente processo de degradação em função do despejo de esgotos *in natura* ou tratados, de fezes de animais, além de efluentes resultantes das atividades industriais. De tal modo, as doenças de veiculação hídrica, especialmente aquelas

causadas pelos protozoários intestinais, emergiram como um dos principais problemas de saúde pública nos últimos 25 anos. Estudos publicados demonstram que os enteroprotzoários *Cryptosporidium spp.* e *Giardia spp.* são indicados como os principais agentes parasitários vinculados à ingestão de água contaminada (EFSTRATIOU; ONGERTH; KARANIS, 2017).

Este trabalho alerta para a degradação ambiental e serve de orientação para a realização de ações de redução do impacto ocasionado pelo despejo de efluentes nas águas da lagoa em estudo. A interrupção do despejo de esgoto doméstico e a conscientização da população para não despejar lixo na lagoa são medidas relevantes e necessárias.

5 Conclusão/Considerações

Por meio dos resultados obtidos neste estudo, foi possível demonstrar que as análises físico-químicas de amostras de água captadas na lagoa Mundaú revelaram que o corpo de água apresenta elementos que podem levar a um processo de eutrofização devido à presença de alta carga de matéria orgânica, indicada pelos altos níveis de amônia e fosfatos.

As determinações de amônia e fosfatos revelaram valores acima do permitido em 100% dos pontos de coleta, enquanto os valores de oxigênio dissolvido se apresentaram inferiores ao recomendado em 30% das amostras. As análises de nitrito e nitrato estavam em conformidade com a legislação em todas as amostras de água coletadas. Contudo, a elevada presença de coliformes nos pontos avaliados sugere contaminação fecal das águas da lagoa Mundaú. As análises parasitológicas não revelaram a presença de nenhum parasito de importância médica, com os métodos empregados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. D.; CAVENDISH, T. A.; BUENO, P. C.; ERVILHA, I. C.; GREGÓRIO, L. S.; KANASHIRO, N. B. O.; ROHLFS, D. B.; CARMO, T. F. M. A flexibilização da legislação brasileira de agrotóxicos e os riscos à saúde humana: análise do Projeto de Lei nº 3.200/2015. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 33, n. 7, p. 1-11, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311x00181016>.
- ANJOS, F. R.; LUZZI, L.; STORTE, F. Estudo da viabilidade da descontaminação do rio Tietê na zona metropolitana de São Paulo. **Inovae – Journal of Engineering, Architecture and Technology**

Innovation, v. 7, n. 1, p. 60-78, 2019. Disponível em: <http://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/view/1885/1443>. Acesso em: 3 jun. 2020.

ARAUJO, M. P.; COSTA, T. L. F.; CARREIRA, R. S. Esteróis como indicadores do acúmulo de esgotos domésticos em sedimentos de um sistema estuarino-lagunar tropical (Mundaú-Manguaba, AL). **Química Nova**, v. 34, n. 1, p. 64-70, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000100013>.

BARBOSA, A. S.; UCHÔA, C. M. A.; SILVA, V. L.; DUARTE, A. N.; CONCEIÇÃO, N. F.; VIANNA, M. B.; FONSECA, A. B. M.; RIBEIRO, M. V. M.; BASTOS, O. M. P. Avaliação parasitológica da água de abastecimento e do solo peridomiciliar de Aldeias Guarani. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 72, n. 1, p. 72-80, 2013. DOI: <https://doi.org/10.18241/0073-98552013721545>.

BERTUCCI, T. C. P.; SILVA, E. P.; MARQUES JR., A. N.; MONTEIRO NETO, C. Turismo e urbanização: os problemas ambientais da Lagoa de Araruama - Rio de Janeiro. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 4, p. 43-64, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc137111v1942016>.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2011. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 5 abr. 2020.

BURNET, J. B.; PENNY, C.; OGORZALY, L.; CAUCHIE, H. M. Spatial and temporal distribution of *Cryptosporidium* and *Giardia* in a drinking water resource: Implications for monitoring and risk assessment. **Science of the Total Environment**, v. 472, p. 1023-1035, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.083>.

CAMPOS, J. S.; CUNHA, H. F. A. Análise Comparativa de Parâmetros de Balneabilidade em Fazendinha, Macapá-AP. **Biota Amazônia**, v. 5, n. 4, p. 110-118, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n4p110-118>.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF: CONAMA, 2005. Disponível em:

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 18 maio 2020.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, DF: CONAMA, 2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 14 fev. 2020.

COSTA, Y. A.; MACIEL, J. B.; COSTA, D. R.; SANTOS, B. S.; SAMPAIO, M. G. V. Enteroparasitoses provocadas por protozoários veiculados através da água contaminada. **Revista Expressão Católica: Saúde**, v. 3, n. 2, p. 1-7, 2018. DOI: <https://doi.org/10.25191/recs.v3i2.2079>. Disponível em: <http://publicacoesacademicas.unicatolicaquixada.edu.br/index.php/recsaude/article/view/2079/pdf1>. Acesso em: 18 mar. 2020.

CRUZ, P. F. F.; RESENDE, D. V.; PENATTI, M. P. A.; GUIMARÃES, E. C.; PEDROSO, R. S.; LIMA, S. C. Ações educativas com ênfase à prevenção de parasitoses intestinais em uma localidade rural no município de Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Educação em Saúde**, v. 4, n. 2, p. 8-15, 2014. Disponível em <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/REBES/article/view/2932>. Acesso em: 3 jun. 2020.

DELLAMATRICE, P. M.; MONTEIRO, R. T. R. Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1296-1301, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1296-1301>.

DUARTE-DOS-SANTOS, A. K.; CUTRIM, M. V. J.; FERREIRA, F. S.; LUVIZOTTO-SANTOS, R.; AZEVEDO-CUTRIM, A. C. G.; ARAÚJO, B. O.; OLIVEIRA, A. L. L.; FURTADO, J. A.; DINIZ, S. C. D. Aquatic life protection index of an urban river Bacanga basin in northern Brazil, São Luís - MA. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 3, p. 602-615, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.01016>.

EFSTRATIOU, A.; ONGERTH, J. E.; KARANIS, P. Waterborne transmission of protozoan parasites: Review of worldwide outbreaks – An update 2011-2016. **Water Research**, v. 114, p. 14-22, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.01.036>.

FIORESE, C. H. U.; ANDRADE, D.; AGRIZZI, E. M.; TORRES, H. Análise preliminar dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas do

Córrego Paraíso – trecho urbano do distrito de Vieira Machado, em Muniz Freire-ES. **Agrarian Academy**, v. 6, n. 11, p. 22-34, 2019. DOI: https://doi.org/10.18677/Agrarian_Academy_2019a3.

FONSECA, H. S.; SALVADOR, N. N. B. Estudo integrado da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Bonito em Descalvado – SP. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 64, n. 2, p. 179-185, 2005. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/ses-6070>. Acesso em: 3 jun. 2020.

LESSA, R.; RODRIGUES, M. M.; BATISTA, E.; SANTOS, A. K.; DINIZ, F. Qualidade das águas no complexo estuarino lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM). In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA QUÍMICA, 6., 2013, Maceió. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Química, 2013. p. 1-2.

LIMA, A. C. C. **Condições hidrodinâmicas e estimativa do tempo de residência no complexo estuarino lagunar Mundaú/Manguaba (AL) através de modelagem computacional**. 2017. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.

LOPES, A. M. M. B.; GOMES, L. N. L.; MARTINS, F. C.; CERQUEIRA, D. A.; MOTA FILHO, C. R.; VON SPERLING, E.; PÁDUA, V. L. Dinâmica de protozoários patogênicos e cianobactérias em um reservatório de abastecimento público de água no sudeste do Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 25-43, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522016143529>.

LOPES, R. C. M. S.; BECHTLUFFT, M. P. Caracterização físico-química e microbiológica da água da lagoa da Itaúna Siderúrgica Ltda, do município de Itaúna-MG. **Revista Digital FAPAM**, v. 2, n. 2, p. 181-199, 2010. Disponível em: <https://periodicos.fapam.edu.br/index.php/synthesis/article/view/44/41>. Acesso em: 3 jun. 2020.

MELO, J. G. S.; SILVA, E. R. A. C.; ASSIS, D. R. S. Avaliação dos impactos ambientais na Lagoa do Araçá, Recife, Pernambuco, Brasil. **Acta Brasiliensis**, v. 2, n. 1, p. 6-10, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22571/2526-433863>.

MELO, M. T.; QUEIROZ, T. M.; VINAGA, L.; FERREIRA, J. R. S.; MARCHETTO, M. Variabilidade das classes de água e índice de estado trófico do riacho Queima Pé. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 1, p. 68-79, 2019. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v27i1.845>.

MONIZ, A. C.; NASCIMENTO, A. C.; PAIVA NETTO, J. D. Mobilidade dos constituintes de rochas básicas de

São Paulo durante o intemperismo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 3, n. 3, p. 201-213, 1973. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/12488/12048>. Acesso em: 3 jun. 2020.

OLIVEIRA, A. J.; SANTOS, M. C. H. G.; ITAYA, N. M.; CALIL, R. M. Coliformes termotolerantes: bioindicadores da qualidade da água destinada ao consumo humano. **Atas de Saúde Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 24-29, 2015. Disponível em: <http://www.revistaseletronicas.fmu.br/index.php/ASA/article/view/949/880>. Acesso em: 3 jun. 2020.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2011.

PICCOLI, A. S.; KLIGERMAN, D. C.; COHEN, S. C.; ASSUMPÇÃO, R. F. A Educação Ambiental como estratégia de mobilização social para o enfrentamento da escassez de água. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, n. 3, p. 797-808, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232015213.26852015>.

QUEVEDO, C. M. G.; PAGANINI, W. S. A disponibilização de fósforo nas águas pelo uso de detergentes em pó: aspectos ambientais e de Saúde Pública. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 23, n. 11, p. 3891-3902, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-812320182311.27062016>.

REIS, J. A. T.; MENDONÇA, A. S. F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 353-362, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522009000300009>.

SANTOS, M. L. S.; MUNIZ, K.; FEITOSA, F. A. N.; BARROS NETO, B. Estudo das diferentes formas de fósforo nas águas da plataforma continental do Amazonas. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 569-573, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000300012>.

SCHUINDT, R. M. A.; DACO, R. S.; OLIVEIRA, M. M. Impactos na lagoa de Araruama e percepção ambiental da comunidade da praia do Siqueira, Cabo Frio (RJ). **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 299-321, 2018. Disponível em: <http://revbea.emnuvens.com.br/revbea/article/view/5199/3417>. Acesso em: 3 jun. 2020.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; GOMES, R. A. R.; OKAZAKI, M. M. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2017.

TAMANO, L. T. O.; ARAÚJO, D. M.; LIMA, B. B. C.; SILVA, F. N. F.; SILVA, J. Socioeconomia e saúde dos pescadores de *Mytella falcata* da Lagoa Mundaú, Maceió-AL. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 10, n. 3, p. 699-710, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-81222015000300011>.

VALVERDE, A. V.; FRAGA, S. A. P. M.; FERREIRA, J. A. B.; COSTA, J. A. Produtos da Agrobiodiversidade: uma análise da qualidade dos sabonetes líquidos de plantas medicinais produzidos por agricultores familiares da Zona Oeste do Rio de Janeiro. **Revista Fitos**, v. 12, n. 1, p. 54-67, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5935/2446-4775.20180006>.

VIEIRA, J. S.; HENKES, J. A. Uma análise nos impactos ambientais causados na Lagoa da Conceição pelo despejo de efluentes. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 309-337, 2013. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v2e22013309-337>.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

WISTUBA, I. B.; GARCIA, V. L. S.; BARBOSA, M. A.; FERRAZ, M. A.; MOTTA, C. C.; CAVALI, M.; WOSCH, T. I.; SILVA, D. V. G.; GONÇALVES, D. Monitoramento das águas de lagos de parques públicos de Curitiba-PR. **Revista Eletrônica da Faculdade Evangélica do Paraná**, v. 1, n. 2, p. 69-75, 2011. Disponível em: <http://www.fepar.edu.br/revistaeletronica/index.php/revfepar/article/download/27/27>. Acesso em: 3 jun. 2020.