

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ROTINA DE UM LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE ÁGUA E
SEDIMENTO LOCALIZADO NA REGIÃO OESTE DO PARANÁ

Maria Eduarda Borba

PALOTINA

2023

Resumo

O monitoramento da qualidade das águas naturais tem como finalidade acompanhar as alterações nas características físicas, químicas e biológicas da água devido a atividades humanas e fenômenos naturais. Essas análises são necessárias devido a crescente urbanização e a concentração demográfica, que aumenta a deterioração da qualidade das águas. Diante disso, este trabalho teve como objetivo acompanhar a rotina de um laboratório de análise de água e sedimento localizado na região Oeste do Paraná. O local em questão recebe amostras de diferentes origens e realiza uma série de análises conforme a solicitação dos clientes. Foram descritos relatos do dia-dia de trabalho, origem das amostras, e aprofundamento das principais análises realizadas no laboratório, suas dificuldades e interferências, a saber: Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) que determina os requisitos de oxigênio relativo dos resíduos da água; fósforo reativo, um indicador do excesso de fósforo nas águas; nitrato, a presença de seus íons são indicativos de contaminação devido a atividades humanas. Nitrito, um indicativo de contaminação recente, procedente de material orgânico vegetal ou animal; amônia aponta degradação orgânica, essencial para as normas ambientais e sanitárias; cálcio, contribui para a dureza total da água e clorofila-a, um indicador do estado fisiológico do fitoplâncton, importante na avaliação do grau de eutrofização da água. Esses parâmetros são fundamentais para analisar a potabilidade e qualidade das águas, seja de poços, piscicultura, Estação de Tratamento de Esgoto, rios e mares. A correta, constante e detalhada realização dessas análises, faz com que se tenha um resultado coerente e preciso para cada uma delas, por esse motivo é preciso seguir os preceitos do método padrão que o laboratório exige.

Palavras-chave: Equipamentos. Importância ecológica. Poluição. Potabilidade. Reações.

Abstract

The quality monitoring of natural water has the objective of keeping up with changes on physical, chemical and biological characteristics of water due to human activities and natural phenomena. These analyzes are necessary owing to the fact that growing urbanization and demographic concentration increases the deterioration of water quality. Considering this, this paper aims to keep up with the routine of a water and sediment analyzes laboratory placed on the west side of Paraná. This lab receives samples of different origins and perform a series of analyzes as requested by customers. Day-to-day reports were described so as samples origins, deepening of the main analyzes carried out in the laboratory, its difficulties and interferences, just as: Biochemical Oxygen Demand (BOD) which determines the relative oxygen requirements of waste water, reactive phosphorus, an indicator of excess phosphorus in water, Nitrate, the presence of its ions are indicative of contamination due to human activities, Nitrite an indicator of recent contamination form organic plant and animal material, Ammonia points to organic degradation, essential for environmental and health standards,

Calcium contributes to the total hardness of the water and Chlorophyll-a, an indicator of the physiological status of phytoplankton, important in assessing the degree of eutrophication of the water. These parameters are fundamental to analyze the potability and quality of water, whether from wells, pisciculture, sewage treatment plant, rivers and seas. The right, constant, detailed performance of analyses, makes it possible to have a coherent and accurate result to each of them. Being that it is necessary to follow the precepts of the standard method that the laboratory requires.

Keywords: Equipament. Ecological importance. Potability. Reactions.

1 INTRODUÇÃO

A água é considerada recurso natural renovável, é indispensável a todas as formas de vida. Tem um papel indispensável à sobrevivência e ao desenvolvimento da vida, atendendo as necessidades básicas dos ecossistemas e da agroindústria (MOREIRA, 2017). A Agência Nacional de Águas (ANA), define o monitoramento da qualidade das águas naturais como um conjunto de práticas que possuem o objetivo de acompanhar as alterações nas características físicas, químicas e biológicas da água devido a atividades humanas e fenômenos naturais. Permite que a gestão dos recursos hídricos, norteada pelo Plano Nacional de Recursos Hídricos seja mais eficiente (FLORA JUNIOR, 2020).

Alguns parâmetros são mais comumente analisados em laboratórios de análise de água e sedimento, como: Alcalinidade, amônia, cálcio, cloreto, clorofila-a, condutividade elétrica, cor verdadeira e aparente, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), dureza total, fósforo ácido hidrolisável, fósforo total dissolvido fosfato reativo (ortofosfato), fosforo total, magnésio, nitrato, nitrito, oxigênio dissolvido, pH, sólidos suspensos totais, sólidos totais, sólidos totais dissolvidos, sulfato, temperatura e turbidez.

Dentre as principais análises estão a DBO, que indica quanto maior a DBO, mais poluída por matéria orgânica está a água. (FUSATI, 2021). Fósforo Reativo – Ortofosfato que é um indicador do excesso de fósforo nas águas, ortofosfatos aplicados na agricultura e são carregados para as águas superficiais por meio de escoamento da chuva (APHA/AWWA/WEF, 2017). Nitrato e Nitrito são contaminantes ambientais nos recursos hídricos, devido ao desenvolvimento e expansão das atividades agrícolas, associadas ao uso de fertilizantes químicos (NETO et al, 2006).

A amônia está naturalmente presente em águas superficiais e residuais (APHA/AWWA/WEF, 2017). Em altas concentrações, interfere no transporte do oxigênio pela hemoglobina, entre outros efeitos tóxicos. Provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente (CETESB, 2023). O cálcio contribui para a dureza total da água, que consiste em uma água com alta presença de sais de metais alcalino terrosos, predominantemente cátions de cálcio e de magnésio (APHA/AWWA/WEF, 2017). Na água pode trazer problemas tanto para a saúde da população quanto para o uso industrial (KASVI, 2018). Por fim, a Clorofila-a que é concentração de pigmentos fotossintéticos, amplamente utilizada para estimar a biomassa do fitoplâncton e muito utilizada para separar os principais grupos algais (APHA/AWWA/WEF, 2017).

Diante disso, o objetivo desse estudo foi acompanhar a rotina de um laboratório de água e sedimento, bem como descrever a principais análises realizadas no local.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DE ÁGUA

Uma das principais questões de saúde pública é a qualidade da água potável oferecida aos consumidores. Para utilizar a água com segurança é preciso se atentar às especificações das análises físico-químicas e microbiológicas. A água contaminada, ligada à falta de saneamento básico, mata anualmente cerca de 1,6 milhões de pessoas (BIOSETA, 2021).

Conforme a Portaria de Consolidação Nº 5/2017 do Ministério da Saúde, existem padrões de exigências de qualidade da água para o consumo humano, agricultura, indústrias, recreação e vários outros setores, sendo essas análises importantes para todos. Os componentes da água, suas concentrações e outros parâmetros influenciam no tratamento abordado. Assim, os processos e análises da água devem ser adaptados de acordo com seu uso (KASVI, 2018).

A água de abastecimento é a água destinada para consumo humano, para fins industriais, agricultura e outras atividades. A poluição ambiental por microrganismos e por agentes tóxicos é preocupante e crescente, causada pelo desrespeito aos bens naturais, como o lançamento direto ou indireto de despejos domésticos e agropecuários sem tratamento ou

após tratamentos ineficazes e a deposição inadequada desses resíduos. Como diversas análises laboratoriais, a coleta adequada das amostras é fundamental para garantir resultados confiáveis. É preciso lembrar que devido às constantes alterações ambientais, não existem amostras iguais, o planejamento da coleta deve ser criterioso para fornecer quantidade de amostras suficiente para a realização dos testes solicitados. (CTEC, 2009).

2.2 PARÂMETROS COMUMENTE ANALISADOS PARA ÁGUA

2.2.1 Amônia

A amônia está naturalmente presente em águas superficiais e residuais. É provavelmente o parâmetro mais importante para ser monitorado em uma piscicultura (TEIXEIRA, 2023). Sua concentração é geralmente baixa em águas subterrâneas pois adsorve-se a partículas de solo e argilas e não é lixiviada facilmente nos solos. A amônia é muito produzida pela desaminação de compostos que contém nitrogênio orgânico e hidrólise de ureia (APHA/AWWA/WEF, 2017).

A amônia é facilmente biodegradável. As plantas a absorvem com muita facilidade, sendo um nutriente muito importante como fornecedor de nitrogênio para a produção de compostos orgânicos azotados. Em concentrações muito altas, pode causar danos graves, já que interfere no transporte do oxigênio pela hemoglobina, entre outros efeitos tóxicos (CETESB, 2023). É um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg L^{-1} e valores acima de $0,01 \text{ mg L}^{-1}$. A amônia provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente, DBO de segundo estágio (CETESB, 2023). Seu padrão organoléptico de potabilidade é de até $1,2 \text{ mg L}^{-1}$ (PORTARIA GM/MS N° 888, 2021).

2.2.2 Cálcio

A abundância média de cálcio na crosta terrestre é de 4,9%. É um composto muito utilizado em produtos farmacêuticos, fotográficos, pigmentos, fertilizantes e emplastos. É necessário na nutrição de plantas e animais, essencial para os ossos e conchas. Sua presença

em águas de abastecimento resulta da passagem sobre os depósitos de calcário, dolomita, gipsita e xisto. Contribui para a dureza total da água, que consiste em uma água com alta presença de sais de metais alcalino terrosos, predominantemente cátions de cálcio e de magnésio (APHA/AWWA/WEF, 2017).

Na água, em altas concentrações pode trazer diversos problemas tanto para a saúde da população quanto para o uso industrial, afeta a eficiência de limpeza dos detergentes e sabões, exigindo maior consumo nas lavagens domésticas. No abastecimento industrial, a dureza na água pode causar problemas nos sistemas de água quente como caldeiras e trocadores de calor. Existem indícios de que o consumo dessa água possa acarretar em casos de cálculo renal. As concentrações elevadas de cálcio e magnésio produzem na água um gosto salobro e efeitos biológicos adversos, não eliminam a sede e podem ter efeitos laxativos (LABORATORIOCAVALIERI, 2017). Embora a Portaria 2.914 do Ministério da Saúde sobre Potabilidade da Água admita até 500 mg L⁻¹ de CaCO₃, valores acima de 50 mg L⁻¹ já podem causar incrustação e corrosão (VIHENA, 2017).

2.2.3 Cloreto

Cloreto na forma de íon Cloreto (Cl⁻) é um dos principais ânions inorgânicos em águas e efluentes. O gosto salgado produzido por concentrações de cloretos é variável e depende da composição química da água. Sua concentração é mais elevada nas águas residuais, pois o cloreto de sódio é um componente comum na dieta e passa inalterado pelo sistema digestivo. O alto teor de cloretos pode prejudicar tubulações, estruturas metálicas e o crescimento de plantas (APHA/AWWA/WEF, 2017). Seu padrão organoléptico de potabilidade é de até 250 mg L⁻¹ (PORTARIA GM/MS Nº 888, 2021).

2.2.4 Clorofila-a

A concentração de pigmentos fotossintéticos é amplamente utilizada para estimar a biomassa do fitoplâncton. Os importantes produtos de degradação de clorofila encontrados no ambiente aquático são a clorofilida, o feoforbidone e as feofitinas. A presença ou ausência dos vários pigmentos fotossintéticos é utilizada, entre outras características, para separar os

principais grupos algais (APHA/AWWA/WEF, 2017). Não há padrão organoléptico de potabilidade para este parâmetro.

2.2.5 Condutividade Elétrica

Condutividade é a medida de habilidade de uma solução aquosa em conduzir corrente elétrica. Inversamente, moléculas de compostos inorgânicos que não se dissociam em solução aquosa conduzem pouca corrente elétrica, quando conduzem (APHA/AWWA/WEF, 2017). Não há padrão organoléptico de potabilidade para este parâmetro.

2.2.6 Cor Aparente e Verdadeira

A cor aparente inclui cor de materiais dissolvidos juntamente com cor de matéria em suspensão. A cor verdadeira é determinada por remoção dos materiais suspensos utilizando os processos de filtração ou centrifugação (APHA/AWWA/WEF, 2017). O maior problema de alteração de cor na água é o estético (CETESB, 2014), mas quando apresenta uma coloração, normalmente é devido a uma alta concentração de substâncias dissolvidas tais como compostos orgânicos (vegetais e algas) e minerais como o manganês e ferro (MICROAMBIENTAL, 2021). Seu padrão organoléptico de potabilidade é de até 15 uH (PORTARIA GM/MS N° 888, 2021).

2.2.7 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

É o parâmetro mais utilizado para medir o nível de poluição das águas (FUSATI, 2021). Teste empírico utilizado para determinar os requisitos de oxigênio relativo dos resíduos da água, efluentes e águas poluídas. Tem ampla aplicação na medição de cargas de resíduos para as estações de tratamento e avaliação da eficiência de remoção de DBO. O teste mede o oxigênio molecular utilizado durante um período de incubação especificado para a degradação bioquímica do material orgânico como sulfetos e íons ferrosos (APHA/AWWA/WEF, 2017).

A redução da taxa de oxigênio dissolvido no meio aquático indica uma atividade bacteriana decompondo matéria orgânica. Consideram-se poluídas as águas que apresentam alta DBO, sendo possível observar a mortalidade de peixes e outros organismos aquáticos, resultando no desequilíbrio do ambiente (FUSATI, 2021). Não há padrão organoléptico de potabilidade para este parâmetro.

2.2.8 Dureza Total

É definida como a soma das concentrações de cálcio e magnésio, ambos expressos como carbonato de cálcio, em miligramas por litro (APHA/AWWA/WEF, 2017). O teste é importante para a indústria porque a água dura, após aquecimento, precipita carbonato de cálcio que provoca entupimento nas tubulações (ROCHA; SOUSA, 2013). Seu padrão organoléptico de potabilidade é de até 300 mg L⁻¹ (PORTARIA GM/MS Nº 888, 2021).

2.2.9 Fosfato Reativo – Ortofosfato

É um indicador do excesso de fósforo nas águas, eles são aplicados na agricultura como fertilizantes são carregados para as águas superficiais por meio de escoamento da chuva (APHA/AWWA/WE, 2017). É um nutriente essencial para as plantas e animais, mas em grandes quantidades nas águas pode causar a proliferação de algas, responsáveis por limitar e esgotar o oxigênio para os peixes e outros organismos aquáticos. Ortofosfato é a forma do fósforo que está ligada ao uso das plantas, e assim atua como fertilizante ao ser lançado em corpos hídricos (ECOREPORTCARD, 2022). Não há padrão organoléptico de potabilidade para este parâmetro.

2.2.10 Nitrito

O nitrito é a forma intermediária do ciclo do nitrogênio, podendo resultar tanto na oxidação da amônia em condições aeróbicas, como na redução do nitrato em condições anaeróbicas (APHA/AWWA/WEF, 2017). Pode ser um contaminante ambiental nos recursos hídricos, devido as atividades agrícolas, associadas ao uso de fertilizantes químicos (NETO et al,

2006). Seu padrão organoléptico de potabilidade é de até 1 mg L^{-1} (PORTARIA GM/MS Nº 888, 2021).

2.2.11 Fósforo Total

As formas de fosfatos surgem de fontes variadas, muito utilizados no tratamento de águas de caldeira. Fosfatos orgânicos são formados principalmente por processos biológicos. Eles são contribuições do esgoto doméstico e podem ser formados a partir de ortofosfatos em processos de tratamento biológico. Ele é essencial para o crescimento de organismos e pode ser considerado fator limitante para a produtividade primária de corpos aquáticos (APHA/AWWA/WEF, 2017).

Em casos em que o fosfato é nutriente limitante do crescimento, o descarte de águas de efluente bruto ou tratado, drenagem de agricultura, ou resíduos industriais podem estimular o crescimento de micro e macroorganismos aquáticos fotossintéticos em quantidades não agradáveis. Fosfatos também ocorrem em sedimentos de fundo e em lodo biológico, ambos são formas inorgânicas precipitadas e incorporadas nos compostos orgânicos (APHA/AWWA/WEF, 2017). Não há padrão organoléptico de potabilidade para este parâmetro.

2.2.12 pH

É o potencial hidrogeniônico, um dos métodos mais importantes e frequentes utilizados na química da água, está presente em praticamente todas as fases de fornecimento de água e tratamento de águas residuais. Mede a qualidade ácida, neutra ou básica da água. Se o valor do pH for igual a 7, o meio da solução será neutro, se o pH for menor que 7, será ácido, e se for maior que 7, básico (APHA/AWWA/WEF, 2017). Segundo o Ministério da Saúde, o pH deve estar mantido na faixa de 6,0 a 9,5 para ser considerada propícia ao consumo (PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011).

2.2.13 Sólidos Totais

Sólidos referem-se a matéria suspensa ou dissolvida em água ou efluente. O termo “sólidos totais” é usado para o material residual deixado no recipiente após a evaporação de uma amostra e subsequente secagem em estufa a uma temperatura pré-definida. A análise é importante para o controle físico e biológico de processos de tratamento de efluentes e para avaliar a conformidade com os limites dos efluentes de águas residuais previstas pelas agências reguladoras (APHA/AWWA/WEF, 2017). Não há padrão organoléptico de potabilidade para este parâmetro.

2.2.14 Sólidos Totais Dissolvidos

Podem afetar adversamente a qualidade da água e do efluente, é possível afirmar que águas com alto teor de sólidos dissolvidos geralmente são de qualidade inferior e podem induzir reações fisiológicas desfavoráveis. A análise é importante para o controle físico e biológico de processos de tratamento de efluentes e para avaliar a conformidade com os limites dos efluentes de águas residuais previstas pelas agências reguladoras (APHA/AWWA/WEF, 2017). Seu padrão organoléptico de potabilidade é de até 500 mg L⁻¹ (PORTARIA GM/MS N° 888, 2021).

2.2.15 Sólidos Suspensos Totais

Águas com alto teor de sólidos suspensos podem ser insatisfatórias para o banho, também é importante para o controle físico e biológico de processos de tratamento de efluentes e para avaliar a conformidade com os limites dos efluentes de águas residuais previstas pelas agências reguladoras (APHA/AWWA/WEF, 2017). Não há padrão organoléptico de potabilidade para este parâmetro.

2.2.16 Turbidez

É um parâmetro que avalia a propagação da luz no meio aquático. A correção da

turbidez é difícil porque a forma do tamanho e o índice de refração das partículas afetam as propriedades de dispersão da luz de suspensão. Quando presente em partículas significativas constituídas por materiais de absorção de luz, causam partículas de interferência negativa, que em baixas concentrações contribuem para a turbidez. A presença de substâncias dissolvidas podem causar interferência negativa (APHA/AWWA/WEF, 2017). Seu padrão organoléptico de potabilidade é de até 5 uT (PORTARIA GM/MS Nº 888, 2021).

2.2.17 Oxigênio Dissolvido

Essa análise prova que a água está poluída, é um controle do processo de tratamento de resíduos. (APHA/AWWA/WEF, 2017). Além disso, indica a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática (SPLABOR, 2010). O valor mínimo de oxigênio dissolvido (OD) para a preservação da vida aquática, estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 é de 5,0 mg L⁻¹, mas existe uma variação na tolerância entre as espécies.

2.2.18 Temperatura

Utilizado em grande parte dos processos de diferentes parâmetros, temperaturas elevadas resultantes de descargas de água aquecida podem ter um impacto ecológico significativo. As plantas industriais as vezes requerem dados da temperatura da água para o uso do processo ou cálculos de transmissão de calor (APHA/AWWA/WEF, 2017). Águas com temperaturas mais baixas têm maior capacidade de dissolver oxigênio, em maiores altitudes, o oxigênio dissolvido apresenta menor solubilidade (CETESB, 2023). Não há padrão organoléptico de potabilidade para este parâmetro.

2.2.19 Fósforo Ácido Hidrolisável

Algumas águas naturais contêm compostos orgânicos de fosfato que são hidrolisados em ortofosfato nas condições de teste. Os polifosfatos geralmente não respondem a testes reativos de fósforo, mas podem ser hidrolisados em ortofosfato por fervura com ácido (APHA/AWWA/WEF, 2017). Para a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

(USEPA), o nível crítico de fósforo total não pode exceder 0,025 mg L⁻¹ (USEPA, 1971).

2.2.20 Fósforo Total Dissolvido

A parcela de fósforo, presente em amostras após o processo de filtração é classificada como fósforo total dissolvido. Em casos em que o fosfato é nutriente limitante do crescimento, o descarte de águas de efluente bruto ou tratado, drenagem de agricultura, ou certos resíduos industriais podem estimular o crescimento de micro e macroorganismos aquáticos fotossintéticos em quantidades desagradáveis. Fosfatos também ocorrem em sedimentos de fundo e em lodo biológico, ambos são formas inorgânicas precipitadas e incorporadas nos compostos orgânicos (APHA/AWWA/WEF, 2017). Para USEPA (1971), o nível crítico de fósforo total não pode exceder 0,025 mg L⁻¹.

2.2.21 Sulfato

O sulfato é amplamente distribuído na natureza e pode estar presente em águas naturais podendo variar de baixas até milhares de miligramas por litro. Os resíduos de drenagem de minas podem contribuir com grandes quantidades de sulfato⁻ através da oxidação da pirita. (APHA/AWWA/WEF, 2017). Seu padrão organoléptico de potabilidade é de até 250 mg L⁻¹ (PORTARIA GM/MS Nº 888, 2021).

2.2.22 Nitrato

A oxidação biológica de compostos nitrogenados reduzidos é denominada nitrificação, que utiliza compostos inorgânicos reduzidos como doadores de hidrogênio e através da oxidação desses compostos, os microrganismos obtêm os equivalentes de redução para o processo de síntese (APHA/AWWA/WEF, 2017). Esse elemento quando encontrado em concentrações nos poços artesianos normalmente são resultados de uma perfuração inadequada, da localização do poço, do uso exagerado de fertilizantes na região ou da ausência de um tratamento adequado de dejetos animais, ou mesmo humanos. Pode ser perigoso para a saúde, especialmente para lactantes e mulheres grávidas (LITER, 2022),

ocasionando comprometimento do controle de pressão e fluxo sanguíneo, problemas na manutenção do tônus em vasos sanguíneos, inibição de adesão e agregação plaquetária e alterações na modulação da atividade mitocondrial (ACQUAEXPERT, 2019). Seu padrão organoléptico de potabilidade é de até 10 mg L⁻¹ (PORTARIA GM/MS Nº 888, 2021).

2.2.23 Magnésio

Magnésio pode ser estimado como a diferença entre a concentração de dureza e a concentração de cálcio como CaCO₃. Se metais interferentes estão presentes em concentrações não interferentes na titulação do cálcio, inibidores adequados são utilizados na titulação da dureza (APHA/AWWA/WEF, 2017). Seu padrão organoléptico de potabilidade é de 500 mg L⁻¹ (PORTARIA 2914/2011 DO MINISTÉRIO DA SAÚDE).

2.2.24 Alcalinidade

A alcalinidade de uma amostra é a sua capacidade em neutralizar ácidos, sendo a soma de todas as bases tituláveis, muito significativa em usos e tratamentos de águas naturais e residuais e ajuda a manter o equilíbrio do pH. É utilizada na interpretação e controle de processos de tratamento de água e esgoto (APHA/AWWA/WEF, 2017). Não há padrão organoléptico de potabilidade para este parâmetro.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O Instituto Neotropical de Pesquisas Ambientais (INEO) foi fundado em 21 de julho de 2010, por pesquisadores do Grupo do GERPEL da Universidade Estadual do Paraná (UNIOESTE) Campus de Toledo, instituição de direito privado sem fins lucrativos. A finalidade é a realização de estudos, pesquisas e desenvolvimento de tecnologias voltadas à promoção gratuita da educação, defesa, preservação, conservação do meio ambiente e do desenvolvimento sustentável, econômico, social e produção e divulgação de informações e

conhecimentos técnicos e científicos (GERPEL, 2019).

O Grupo de Pesquisas em Recursos Pesqueiros e Limnologia (GERPEL) foi constituído em abril de 2002, por professores e estudantes da Unioeste - Campus de Toledo. Tem a finalidade de desenvolver pesquisas nas áreas de Ciências Agrárias e Biológicas, englobando problemas inerentes a Avaliação de Estoques Pesqueiros de Águas Interiores, Ecologia de Ecossistemas, Fatores Abióticos de Águas Interiores (Limnologia), e Manejo e Conservação de Recursos Pesqueiros de Águas Interiores (GERPEL, 2019).

Na rotina diária do GERPEL são realizadas em média 10 análises com diversas amostras de diferentes empresas (Figura 1). Também faz parte dos processos diários: preparo de reagentes, lavagem de vidrarias, manutenção e limpeza do laboratório, levantamento e pedido dos materiais necessários para os processos.

Figura 1: Amostras de diferentes empresas quando chegam ao laboratório para realização dos parâmetros exigidos.



Fonte: A autora.

Os reagentes e soluções utilizados são armazenados em sua maioria no almoxarifado, e outra parte encontra-se resfriada em geladeiras. Quando se trata do descarte de resíduos que são utilizados nas análises, os materiais que não são nocivos ao meio ambiente são descartados na pia comum. Já os nocivos são armazenados em galões separadamente no almoxarifado (Figura 2) e, quando estão cheios, são destinados a uma empresa que fica

encarregada de descartar corretamente cada um deles garantindo que não agridam o ambiente. Além disso, algumas substâncias são postas para evaporação em capela.

Figura 2: Galões de descartes, localizados no almoxarifado.



Fonte: A autora.

Dentre as análises realizadas, a Demanda Bioquímica de Oxigênio, Fósforo Reativo, Nitrato, Nitrito, Amônia, Cálcio e Clorofila-a são as mais executadas no Laboratório, desta forma, foram selecionadas para sua descrição mais detalhada neste trabalho.

3.2 METODOLOGIA PARA A ANÁLISE DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

Para esta análise é utilizado o Método 5210B (Teste 5º dia), conforme Standard Methods (2017).

- a) Ajustar a temperatura da amostra para 20 °C;
- b) Determinar o oxigênio dissolvido (OD) inicial: Utilizar a modificação de azida do método iodométrico para determinar o OD, descrito a seguir:
 - Transferir cerca de 300 mL da amostra para 3 frascos de incubação, 1 para determinar o OD inicial dentro de 30 min e os outros 2 frascos devem ser levados para a incubadora com parâmetros previamente definidos, para determinar a OD final.

- Tanto para a determinação do OD inicial quanto para o final, deve se adicionar:
 - 1 mL da solução de sulfato manganoso ($MnSO_4$)
 - 1 mL da solução alcalina de azida sódica;
 - Fechar os frascos e homogeneizar;
 - Quando o precipitado se depositar para metade do volume da garrafa, adicionar 1,0 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4), fechar os frascos novamente e homogeneizar;
 - Pipetar 200 ml de amostra e titular com a solução de tiosulfato de sódio ($Na_2S_2O_3$) 0.025M até o ponto de uma coloração de palha clara.
 - Adicionar algumas gotas de solução de amido e continuar titulando até a amostra ficar incolor.
- c) Determinação da OD final: Após 5 dias de incubação determinar o OD final em todas as diluições da amostra, e em todos os brancos usando o método titulométrico da modificação de azida.

3.3 METODOLOGIA PARA A ANÁLISE DE FÓSFORO REATIVO (ORTOFOSFATO)

Para esta análise é utilizado o Método 4500-P E (Método do Ácido Ascórbico), conforme Standard Methods (2017).

As amostras devem ser filtradas previamente.

- a) Pipetar 25 mL da amostra em um tubo de ensaio;
- b) Adicionar 0,05 mL de indicador fenolftaleína;
- c) Adicionar 4 mL do reagente combinado e agitar;
- d) Executar juntamente com as amostras os controles mínimos de qualidade exigidos pela metodologia (Método em Branco, Branco Fortificado de Laboratório, Matriz de Laboratório Fortificada);
- e) Em um período de 10 a 30 min fazer a leitura da absorbância em cubeta de 2,5 cm;
- f) Realizar as leituras dos controles de qualidade estabelecidos pelo método e amostras no espectrofotômetro;
- g) Após a finalização das medições, descartar o resíduo em recipientes adequado e identificado;
- h) Realizar o cálculo de absorbância obtida na leitura da amostra.

3.4 METODOLOGIA PARA A ANÁLISE DE NITRATO

Para esta análise é utilizado o Método 8039 (Método de redução de cádmio), conforme Standard Methods (2017).

- a) Adicionar 10 mL da amostra em cubetas de 2,5 cm;
- b) Adicionar o conteúdo de um sachê reagente em pó de Nitrover 5, tampar e homogeneizar;
- c) Agitar manualmente por 1 min;
- d) Aguardar 5 min para o período de reação;
- e) Realizar as leituras do branco e amostras no espectrofotômetro;
- f) As amostras conterão cádmio e devem ser descartadas no local destinado.

3.5 METODOLOGIA PARA A ANÁLISE DE NITRITO

Para esta análise é utilizado o Método 4500-NO₂⁻ - B (Método Colorimétrico), conforme Standard Methods (2017).

Se a amostra conter sólidos em suspensão, filtrar.

- a) Se o pH da amostra não estiver entre 5 e 9, ajustar com HCL 1N ou NH₄OH;
- b) Pipetar 25 ml da amostra concentrada ou diluída, em um tubo de ensaio grande, adicionar 1mL de reagente de cor e agitar;
- c) Aguardar no mínimo 10 min e no máximo 2 h.
- d) Executar juntamente com as amostras os controles mínimos de qualidade exigidos pela metodologia (Método em Branco, Branco Fortificado de Laboratório, Matriz de Laboratório Fortificada).
- e) Realizar as leituras dos controles de qualidade estabelecidos pelo método e amostras no espectrofotômetro;
- f) Após a finalização, descartar o resíduo em recipientes adequados e identificados.

3.6 METODOLOGIA PARA A ANÁLISE DA AMÔNIA

Para esta análise é utilizado o Método 4500-NH₃ A.F. (Método Fenato), conforme Standard Methods (2017).

As amostras devem ser filtradas em campo.

O procedimento deve ser realizado na capela devido a presença de gases provenientes do fenol.

- a) Pipetar 25 mL da amostra em um tubo de ensaio;
- b) Adicionar 1 mL da solução fenol e agitar;
- c) Adicionar 1 mL da solução nitroprussiato de sódio 0,5% e agitar;
- d) Adicionar 2,5 mL da solução oxidante e agitar;
- e) Executar juntamente com as amostras os controles mínimos de qualidade exigidos pela metodologia (Método em Branco, Branco Fortificado de Laboratório, Matriz de Laboratório Fortificada).
- f) Tampar os tubos com as amostras e deixar a cor desenvolver a temperatura ambiente ao abrigo de luz, durante ao menos 1h;
- g) Realizar as leituras dos controles de qualidade estabelecidos pelo método e amostras no espectrofotômetro;
- h) Após a finalização, descartar o resíduo ainda na capela;
- i) Realizar o cálculo de absorvância obtida na leitura da amostra.

3.7 METODOLOGIA PARA A ANÁLISE DE CÁLCIO

Para esta análise é utilizado o Método 3500-Ca B (Método Titrimétrico), conforme Standard Methods (2017).

Utilizar amostras não filtradas.

- a) Devido ao alto valor de pH, titular imediatamente após a adição da solução alcalina e do indicador. Pipetar 50,0 mL de amostra;
- b) Adicionar 0,5 mL de solução de NaOH 5 N;
- c) Adicionar 1,0 a 2,0 g da mistura do indicador murexida, nesse momento a cor da solução ira ser rosa;

- d) Executar juntamente com as amostras os controles mínimos de qualidade exigidos pela metodologia (Método em Branco, Branco Fortificado de Laboratório, Matriz de Laboratório Fortificada).
- e) Titular lentamente com a solução titulante de EDTA 0,01 M, com agitação contínua para o ponto adequado, sendo a coloração lilás.
- f) Realizar o cálculo de dureza do cálcio mg L^{-1} .

3.8 METODOLOGIA PARA A ANÁLISE DE CLOROFILA-A

Para esta análise é utilizado o Método 10200-H, conforme Standard Methods (2017). As amostras devem ter o mínimo possível e exposição a luz.

- a) Filtragem da amostra: Com o auxílio da bomba de vácuo e o kit de filtração, filtrar em duplicata em filtros de fibra de vidro 500 mL da amostra, os filtros de água com pH acima de 6 podem ser embalados em papel alumínio e armazenadas congeladas durante 28 dias. Processar amostras de água ácida para evitar a degradação da clorofila da água ácida residual no filtro, adicional 2 mL da solução saturada de carbonato de magnésio a amostra antes de terminar o processo de filtração, ela funciona como um tampão de pH e evita a degradação da clorofila;
- b) Extração: Colocar os filtros individualmente em um almofariz, com 3 ml de solução de acetona 90%. Com o auxílio de um pistilo, macerar o filtro para obter a extração dos pigmentos;
- c) Transferir o volume obtido para um tubo de centrifugação, deve conter 10 mL, completar com acetona 90% se preciso;
- d) Os tubos devem ser armazenados em abrigo de luz a 4 °C por no mínimo 2 h.
- e) Após o período de reação, os tubos devem ser centrifugados por 20min a 3000 RPM, separando o sobrenadante (extrato) do corpo de fundo, transferir o sobrenadante para outro tubo de centrifugação de 15 mL e medir o volume do extrato;
- f) Determinação espectrofotométrica: Zerar o equipamento com acetona 90%, transferir 3 mL do sobrenadante para uma cubeta de 1cm, e fazer a leitura, anotar os valores de absorbância de 750 e 664 nm;

- g) Acidificar a amostra com 0,1 mL de solução de ácido clorídrico 0,1 N, agitar a cubeta e aguardar 90 segundos, realizar a leitura novamente, agora para a absorvância de 750 e 655 nm;
- h) Utilizando os valores corrigidos, calcular a clorofila-a e feofetina a por metro cubico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido a privacidade das empresas e clientes que realizam testes com o GERPEL, não há permissão para divulgação dos resultados das análises. Desta forma, serão apresentadas fotos dos procedimentos, relatos do dia-dia de trabalho, origem das amostras, e aprofundamento das principais análises realizadas no laboratório.

4.1 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

O teste mede o oxigênio molecular utilizado durante um período de incubação específico para as degradações bioquímicas do material orgânico e o oxigênio utilizado para oxidar o material inorgânico, como sulfetos e ferro ferroso. Esta análise é aplicada na medição de cargas de resíduos para as estações de tratamento e na avaliação da eficiência de remoção de DBO de tais sistemas de tratamento (APHA/AWWA/WEF, 2017).

Como interferentes nesta análise pode-se citar segundo o Standard Methods (2017):

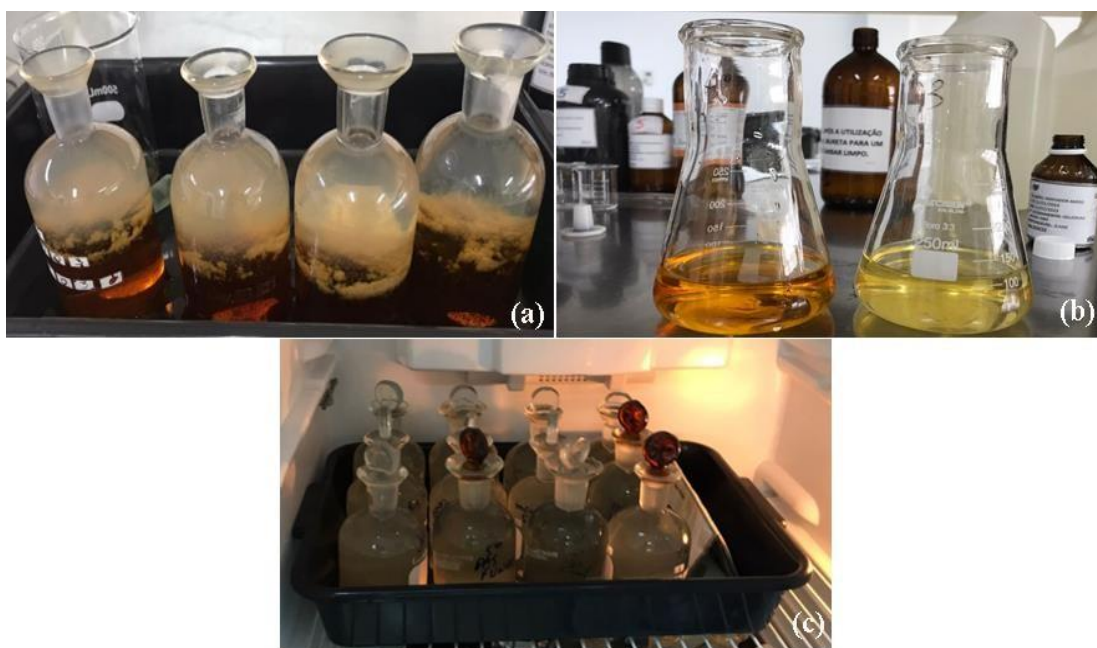
- Padronização da temperatura: a água precisa estar livre de metais pesados, compostos nitrogenados, cobre específico, e substâncias tóxicas que podem interferir na mensuração da DBO;
- Padronização do pH: pois interfere no comportamento dos microrganismos;
- Tempo de incubação: interfere na quantidade e no tipo de matéria orgânica oxidada, sendo assim, ele é padronizado em 5 dias;
- Presença de luz: estimula a produção de oxigênio pelas algas presentes na amostra, a incubação é feita no escuro;
- Presença de cloro na amostra: interfere no desenvolvimento dos microrganismos.

Além disso, há fatores incontroláveis como a duração da fase lag dos microrganismos

e a velocidade de utilização do oxigênio por eles.

Dentre as dificuldades encontradas na execução da análise pode-se citar o manuseio das vidrarias. Como é um processo em que os reagentes devem ser agitados diversas vezes, há grandes chances de algum frasco quebrar e a amostra ser perdida, sendo preciso realizar o processo novamente. Também é uma análise com diversos processos e preparações, exigindo extrema atenção para seguir todos os pontos corretamente. Na Figura 3 é possível visualizar algumas etapas da análise.

Figura 3: (a) Amostra após adicionar 1 mL da solução de sulfato manganoso (MnSO_4) e 1 mL da solução alcalina de azida sódica, o precipitado se depositou na metade do volume do frasco. (b) Fase de titulação com a solução de tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0.025M até o ponto de uma coloração de palha clara. (c) Incubação da análise para a realização da determinação do OD no quinto dia.



Fonte: A autora.

4.2 FÓSFORO REATIVO

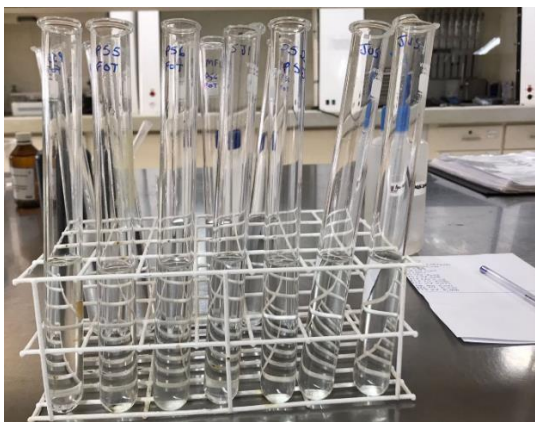
Molibdato de amônio e tartarato de antimônio e potássio reagem em meio ácido com o ortofosfato, formando um ácido heteropólio que é reduzido com ácido ascórbico formando uma coloração azul devido ao molibdênio. É adequado para a faixa de 0,01 a 6,00 mg L⁻¹. A etapa da extração é recomendada para os níveis mais baixos da faixa citada acima e quando os interferentes devem ser superados (APHA/AWWA/WEF, 2017).

Como interferentes nesta análise pode-se citar segundo o Standard Methods (2017):

- Arsenatos reagem com o molibdato, formando um composto azul, similar ao formado com o fosfato;
- Concentrações tão baixas quanto 0,1 mg As /L;
- Cromo hexavalente e nitrito interferem dando resultados 3% mais baixos de fósforo, em concentração de 1 mg L⁻¹; e 10 a 15% em 10 mg L⁻¹;
- Sulfito de sódio e silicatos não interferem em concentrações de 1 e 10 mg L⁻¹.

Dentre as dificuldades encontradas, o tempo de espera para a leitura da amostra no espectrofotômetro é a etapa com maior variação, os funcionários do laboratório estavam fazendo testes para observar qual tempo de espera menos influenciava na reação. Na Figura 4 é possível visualizar uma etapa da análise.

Figura 4: Material aguardando um período de 10 a 30 minutos para fazer a leitura da absorbância.



Fonte: A autora.

4.3 NITRATO

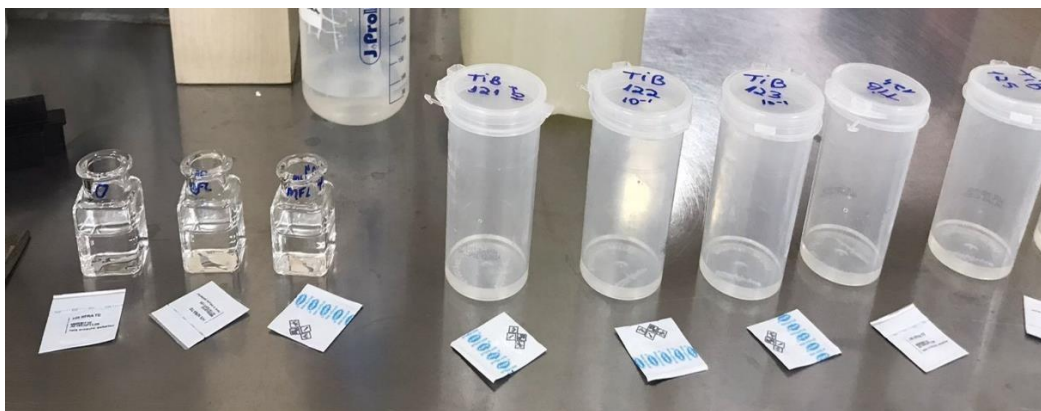
O metal cádmio reduz os nitratos na amostra para nitrito. O íon de nitrito reage em meio ácido com cálcio sulfanílico para formar um sal de diazônio intermediário. O sal acopla com o ácido gentísico para formar uma solução de coloração âmbar. O método de redução de cádmio é utilizado para água, água residual e água do mar, adequado para a faixa de 0,3 a 300 mg L⁻¹ NO₃⁻-N (APHA/AWWA/WEF, 2017).

Como interferentes nesta análise pode-se citar segundo o Standard Methods (2017):

- Substâncias que podem interferir nas reações: Cloreto, Ferro Férrico, Nitrito, pH;
- Tempo de espera para leitura no espectrofotômetro.

Essa análise não há muitas dificuldades para a aplicação, apenas ficar atento ao tempo de agitação e espera. Na Figura 5 é possível visualizar uma etapa da análise.

Figura 5: Frascos com 10 mL de amostra, com os sachês reagente em pó de Nitraver 5 para ser adicionado.



Fonte: A autora.

4.3 NITRITO

O nitrito é determinado através da formação de um composto cor púrpura avermelhado produzido em pH 2,0 a 2,5 por acoplamento diazotado de Sulfanilamida e Dicloridrato de N – (1-naftil) Etilenodiamina. É adequado para análise em amostras de água com concentrações de 10 a 1000 µg NO₂-N/L (APHA/AWWA/WEF, 2017).

Como interferente nesta análise pode-se citar que a incompatibilidade química torna improvável a coexistência de nitrito (NO_2^-), cloro livre e tricloreto de nitrogênio (NCl_3), que transmite uma falsa coloração vermelha quando o reagente de cor é adicionado (APHA/AWWA/WEF, 2017).

Nesta análise não há muitas dificuldades para a aplicação, tendo um reagente de qualidade, as chances da análise não ser bem sucedida são pequenas. Na Figura 6 é possível visualizar uma etapa da análise.

Figura 6: Tubos de ensaio com amostra, após adicionar 1mL de reagente de cor e serem agitados.



Fonte: A autora.

4.4 AMÔNIA

Um composto intensamente azul, indofenol, é formado pela reação de amônia, hipoclorito e fenol catalisada por nitroprussiato de sódio. É utilizado tanto para água doce tanto para água salgada e é linear até 0,6 mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$ (APHA/AWWA/WEF, 2017).

Como interferente nesta análise pode-se citar segundo o Standard Methods (2017):

- A complexação de cálcio e magnésio com citrato, elimina a interferência produzida pela precipitação destes íons a pH elevado;
- Não há nenhuma interferência de outras formas de nitrogênio trivalente;
- A interferência de turbidez pode ser removida por destilação ou filtração;

- Se houver presença de sulfeto de hidrogênio, a remoção pode ser feita por acidificação das amostras a pH 3,00 com HCl diluído e submeter a aeração até que o odor de sulfeto já não possa ser detectado.

A dificuldade encontrada é realizar todos os processos com um maior cuidado dentro da capela, devido aos gases provenientes do fenol. Na Figura 7 é possível visualizar uma etapa da análise.

Figura 7: Tubos com as amostras com a cor desenvolvida a temperatura ambiente ao abrigo de luz, após 1 h.



Fonte: A autora.

4.5 CÁLCIO

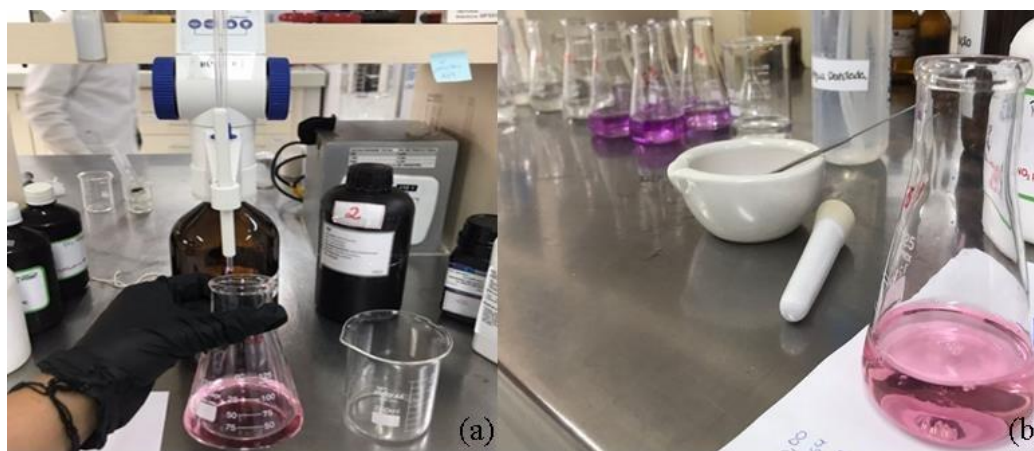
Quando o EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) é adicionado à água contendo cálcio e magnésio ele combina primeiro com o cálcio. Ele pode ser determinado diretamente, com EDTA, quando o pH é suficientemente elevado para que o magnésio seja largamente precipitado como o hidróxido e um indicador dá uma mudança de cor quando todo o cálcio for complexado pelo EDTA a um pH de 12 a 13. O método de titulação com EDTA proporciona bons resultados para aplicação de controle e rotina, em amostras com concentrações $\leq 50 \text{ mg L}^{-1}$ (APHA/AWWA/WEF, 2017).

Como interferentes nesta análise pode-se citar segundo o Standard Methods (2017):

- Estrôncio e bário podem causar interferência positiva;
- Excesso de alcalinidade pode causar um ponto final indistinto em águas duras.

Como dificuldade encontrada é preciso prestar muita atenção no momento de viragem na titulação, pois as colorações são um pouco semelhantes, colocar uma folha branca embaixo do erlenmeyer ajuda na visualização. Na Figura 8 é possível visualizar algumas etapas da análise.

Figura 8: (a) Titulação da amostra. (b) Amostra antes da viragem (coloração rosa) e depois (coloração lilás).



Fonte: Aautora.

4.6 CLOROFILA-A

Os pigmentos são extraídos do concentrado de plâncton com a solução de acetona e a densidade óptica do extrato é determinada com um espectrofotômetro. A facilidade com que a clorofila é removida das células varia consideravelmente com diferentes algas. O parâmetro é aplicável para águas doces e salgadas. E nesse método a clorofila-a é extraída com solução de acetona 90%, sendo preciso conduzir o procedimento da extração ao abrigo de luz para evitar a degradação (APHA/AWWA/WEF, 2017).

Como interferentes pode-se citar que o feofórmino-a e a feofitina-a podem afetar a determinação da Clorofila-a porque absorvem a luz e fluorescem na mesma região do espectro que a Clorofila-a (APHA/AWWA/WEF, 2017).

A dificuldade dessa análise pode ser no momento de maceração do filtro, não podendo

deixar pedaços visíveis, também é preciso sempre estar atento para realizar os procedimentos no abrigo de luz. Na Figura 9 é possível visualizar algumas etapas da análise.

Figura 9: (a) Equipamentos para o processo de filtragem das amostras. (b) Momento de maceração dos filtros. (c) Armazenamento das amostras em um frasco com abrigo de luz.



Fonte: Aautora.

5. CONCLUSÃO

Levando-se em consideração essa experiência no laboratório de análise de água e sedimento, foi possível absorver muito conhecimento a partir da rotina de trabalho, não somente aprender sobre as análises realizadas, mas também como deve-se portar em um laboratório. A limpeza e manutenção do mesmo é necessária para manter a organização do ambiente, consequentemente proporcionando uma maior eficácia nos resultados das análises solicitadas. Foi possível observar a atuação do profissional na área, uma experiência positiva

27

e de muito êxito, além de contatos e amizades importantes para essa nova fase no mercado de trabalho.

REFERÊNCIAS

ACQUA EXPERT. **Os perigos da alta concentração de nitrato (NO₃-) na água para a saúde humana**. 2019. Disponível em: <https://acquaexpert.com.br/alta-concentracao-de-nitrato-na-agua-para-a-saude-humana/>. Acesso em: 01 fev. 2023.

APHA- American Public Health Association. **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**. Washington. 23th edition, 2017.

BIOSETA. **A importância da análise de água**. 2021. Disponível em: <https://www.bioseta.com.br/a-importancia-da-analise-de-agua/>. Acesso em: 08 dez. 2022.

CETESB. **Mortandade de Peixes: amônia**. 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/contaminantes/amonia/#:~:text=A%20am%C3%B4nia%20C%C3%A9%20um%20t%C3%B3xico,podem%20ser%20t%C3%B3xicos%20aos%20peixes..> Acesso em: 09 jan. 2023.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (São Paulo). **Mortandade de Peixes - 2022**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/contaminantes/amonia/>. Acesso em: 09 dez. 2022.

CTEC. **Manual Técnico para Coleta de Amostras de Água**. 2009. 37 f. UFAL, Florianópolis, 2009.

ECOREPORTCARD (Piracicaba). **Ortofosfato**. Disponível em: <https://ecoreportcard.org/pt/cartoes-relatorios/baia-de-guanabara/indicadores/ortofosfato/>. Acesso em: 03 jan. 2023.

FLORA JUNIOR (Rio de Janeiro). **A Importância do Monitoramento das Águas**. 2020. Disponível em: <https://www.florajunior.com/post/a-import%C3%A2ncia-do-monitoramento-das-%C3%A1guas>. Acesso em: 23 dez. 2022.

FUSATI (Piracicaba). **O Que é Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)?** 2021. Disponível em: <https://www.fusati.com.br/o-que-e-demanda-bioquimica-de-oxigenio-dbo/>. Acesso em: 01 fev. 2023.

GERPEL, I. **Estudos Ambientais**. 2019. Disponível em: <https://ineogerpel.com.br/>. Acesso em: 09 dez. 2022.

KASVI. **Análise de água e monitoramento da qualidade**. 2018. Disponível em: <https://kasvi.com.br/analise-de-agua-monitoramento-qualidade/>. Acesso em: 8 dez. 2022.

LABORATORIOCAVALIERI (Juiz de Fora). **Os riscos da água dura**. 2017. Disponível em: <https://laboratoriocavaliere.com.br/2017/05/16/os-riscos-da-agua-dura/#:~:text=As%20concentra%C3%A7%C3%B5es%20elevadas%20de%20c%C3%A1lcio,podem%20sofrer%20dist%C3%BArbios%20intestinais%20tempor%C3%A1rios..> Acesso em: 08 jan. 2023.

LIMA, B. L. F. de; MIRANDA, J. A. de; MOREIRA, P.; KLUG JÚNIOR, N. **Avaliação de parâmetros de potabilidade da água e de consumo do Instituto Federal Catarinense-Campus Araquari**. Araquari/Sc: Instituto Federal Catarinense – Campus Araquari, 2019.

LITER. **O que é o Nitrato?** 2022. Disponível em: <https://liter.com.br/o-que-e-o-nitrato/>. Acesso em: 23 jan. 2023.

MICROAMBIENTAL (São Paulo). **Como resolver problemas relacionados à presença de cor na água?** 2021. Disponível em: <https://microambiental.com.br/monitoramento/como-resolver-problemas-relacionados-a-presenca-de-cor-na-agua/>. Acesso em: 24 dez. 2022.

Ministério da Saúde, Gabinete do Ministro. **Portaria 888 de 4 de maio de 2021**. Brasília 2021. Disponível em https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_24_05_2021_rep.html#:~:text=consumo%20de%20SAC.-,Art.,e%20demais%20disposi%C3%A7%C3%B5es%20deste%20Anexo.&text=II%20%2D%20as%20concentra%C3%A7%C3%B5es%20de%20ferro,4%20mg%2FL%2C%20respectivamente.

Ministério da Saúde, Gabinete do Ministro. **Portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011**. Brasília 2011. Disponível em https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html.

MOREIRA, L. **Importância do uso e da preservação da água**. 2017. Disponível em: <https://www.to.gov.br/noticias/importancia-do-uso-e-da-preservacao-da-agua/596h9eyjbwnp>. Acesso em: 10 jan. 2023.

NETO, A. R. P.; KORN, M. G. **Os nutrientes nitrato e nitrito como contaminantes ambientais e alternativas de determinação**. Revista virt Candombá, v. 2, n. 2, p. 90–97, 2006.

ROCHA, L. L.; SOUSA, S. R. A. de. **Aulas práticas de Química Ambiental: Alguns Experimentos para a Determinação da Qualidade de Águas Superficiais**. 2013. 18 f. Tese (Doutorado) - Curso de Departamento de Química, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

SPLABOR. **Dicas sobre medidor de Oxigênio Dissolvido na água: Um indicador de Vida**. 2010. Disponível em: <https://www.splabor.com.br/blog/medidores-de-oxigenio-dissolvido/oxigenio-dissolvido-na-agua-um-indicador-de-vida/#:~:text=Ao%20determinarmos%20qual%20a%20quantidade,natural%20manter%20a%20vida%20aqu%C3%A1tica..> Acesso em: 09 dez. 2022.

STRACI, L. **Água dura e seus riscos**. 2012. Para Ag Solve. Disponível em: <https://www.agsolve.com.br/noticias/agua-dura-e-seus-riscos/#:~:text=Em%20rela%C3%A7%C3%A3o%20ao%20padr%C3%A3o%20de,apenas%20at%C3%A9%2050%20mg%2Fl>. Acesso em: 10 jan. 2023.

TEIXEIRA, S. **Quanto mais amônia na água, pior para os peixes!** 2023. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/cursos-criacaodepeixes/artigos/quanto-mais-amonia-na-agua-pior-para-os-peixes>. Acesso em: 20 jan. 2023.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Methods of chemical analysis for water and water**. Cincinnati: USEPA, 1971.

VILHENA, J. L. **Dureza da água: o que é e como ela influencia na qualidade**. 2017. Disponível em: <https://grupohidrica.com.br/dureza-da-agua/#:~:text=Em%20rela%C3%A7%C3%A3o%20ao%20teor%20de,inconvenientes%2C%20como%20incrusta%C3%A7%C3%A3o%20e%20corros%C3%A3o>. Acesso em: 26 dez. 2022.