



QUALIDADE DAS ÁGUAS E NÍVEL TRÓFICO DA BACIA DO RIO PACIÊNCIA NA ILHA DO MARANHÃO, BRASIL

Quality of waters and tropical level of the Patience river basin on Maranhão island, Brazil

Calidad de las aguas y nivel trófico de la bacía del rio Paciencia en la isla de Maranhão, Brasil

Elna Lucília Santos Corrêa¹

Karina Suzana F. Pinheiro²

Cláudio José da Silva de Sousa³

Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias⁴

RESUMO

O Brasil apresenta grande disponibilidade de água doce em seus mananciais. Fazendo parte desse recurso encontra-se, o rio Paciência, localizado na Ilha do Maranhão destacado pela sua importância local, principalmente por contribuir com suas águas para recarga dos mananciais subterrâneos, fonte de abastecimento público de vários bairros de São Luís, capital do estado. No entanto, este rio vem sofrendo comprometimento da qualidade de suas águas, consequência do processo de uso e ocupação dos espaços em sua bacia. Destacando-se como um dos principais problemas relacionados a qualidade de ambientes fluviais, a eutrofização, que consiste no processo em que o corpo d'água adquire elevados níveis de nutrientes (fosfatos e nitratos), é um indicador determinante da qualidade da água. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a qualidade da água e do estado trófico na bacia hidrográfica do rio Paciência através dos parâmetros físico-químico evidenciando os trechos mais comprometidos conforme os valores alcançados nas análises. Os resultados das análises foram comparados com a CONAMA Nº. 357/05 que indicaram uma situação preocupante quanto à qualidade da água no local de estudo.

Palavras-chave: Qualidade de água; Eutrofização; Ilha do Maranhão.

ABSTRACT

The Brazil has great availability of fresh water in its springs. Within these contexts, the Paciência River, located on the Island of Maranhão stands out for its local importance, mainly for contributing its waters to the recharge of the underground springs, source of public supply of several districts of São Luís, capital of the state. However, this river has been compromising the quality of its waters, a consequence of the process of use and occupation of the spaces in its basin. Highlighting as one of the main problems related to the quality of fluvial environments, eutrophication, which consists of the process in

¹ Graduada em Geografia Bacharelado, Universidade Estadual do Maranhão, e-mail: elna.correa@hotmail.com

² Prof. Me. Karina Suzana Feitosa Pinheiro; Departamento de Expressão Gráfica e Transporte, Universidade Estadual do Maranhão; e-mail: karinapinheiro@professor.uema.br

³ Prof. Me. Cláudio José da Silva de Sousa; Departamento de História e Geografia, Universidade Estadual do Maranhão; e-mail: claudiojose@professor.uema.br

⁴ Prof. Me. Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias; Departamento de História e Geografia, Universidade Estadual do Maranhão; e-mail: luizjorgedias@hotmail.com.

which the body of water acquires high levels of nutrients (phosphates and nitrates), is a determinant indicator of water quality. In this sense, the objective of this work was to characterize the water quality and trophic status in the Paciência river basin through the physico-chemical parameters, showing the most compromised stretches according to the values reached in the analyzes. The results of the analyzes were compared with CONAMA No. 357/05 which indicated a worrying situation regarding the quality of the water at the place of study.

Keywords: Water quality; Eutrophication; Island of Maranhão.

RESUMEN

Brasil tiene gran disponibilidad de agua dulce en sus manantiales. Parte de este recurso es el río Paciência, ubicado en la isla de Maranhão, que destaca por su importancia local, principalmente porque contribuye con sus aguas a recargar las fuentes subterráneas, fuente de suministro público de varios barrios de São Luís, capital del estado. Sin embargo, este río se ha visto afectado por la calidad de sus aguas, como consecuencia del proceso de uso y ocupación de los espacios en su cuenca. Destacando como uno de los principales problemas relacionados con la calidad de los ambientes fluviales, la eutrofización, que consiste en el proceso en el que el cuerpo de agua adquiere altos niveles de nutrientes (fosfatos y nitratos), es un indicador determinante de la calidad del agua. En este sentido, el objetivo de este trabajo fue caracterizar la calidad del agua y el estado trófico en la cuenca del río Paciência a través de los parámetros fisicoquímicos, mostrando las secciones más comprometidas de acuerdo con los valores alcanzados en los análisis. Los resultados de los análisis se compararon con CONAMA N°. 357/05, que indicó una situación preocupante con respecto a la calidad del agua en el sitio de estudio.

Palabras clave: Calidad del agua; Eutrofización, Isla Maranhão.

INTRODUÇÃO

Os problemas voltados à disponibilidade e demanda dos recursos hídricos são discutidos mundialmente. Essa temática trata de questões voltadas a avaliação qualitativa e quantitativa das águas acessíveis para os múltiplos usos da população.

Neste sentido, a água é o bem mais importante para manutenção da vida em geral. Cerca de 97% desse recurso existente na Terra é salgado, os 3% restantes de águas são doces que estão distribuídas em geleiras, lagos, rios e aquíferos. Destes, o percentual inferior a 1% é acessível à população.

Neste cenário, o Brasil é o país que apresenta maior quantidade de água doce no mundo armazenado em seus mananciais, sendo utilizados para as mais diversas finalidades, dentre elas: recreação pesca, irrigação, geração de energia e abastecimento público. De acordo com a Agência Nacional de Água (ANA, 2013), os rios brasileiros apresentam boa ou ótima qualidade, mas, devido à contaminação por esgotos domésticos e resíduos sólidos industriais em áreas urbanizadas os mananciais vêm sendo degradados.

Nacionalmente, o Estado do Maranhão se destaca por possuir grande potencial hídrico, representado por doze regiões hidrográficas. Fazendo parte do Estado, a Ilha do Maranhão possui uma rica rede de drenagem, na qual se encontra o rio Paciência. Ele por décadas foi considerado um dos rios mais relevantes da ilha por desempenhar grande papel local, no abastecimento, além de servir como

fonte de lazer em alguns trechos do seu curso. No entanto, a partir da década de oitenta, intensificou-se a urbanização na Ilha do Maranhão e, mais especificamente, a partir da década de 90, a ocupação dos espaços na bacia do rio Paciência por loteamentos e condomínios. Estudos realizados na bacia têm demonstrado um comprometimento de suas características naturais, entre estes, a interferência na qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

Dentro deste contexto, uma das adversidades promovidas pelo crescimento urbano que é a eutrofização artificial, a qual consiste no processo em que o corpo d'água adquire níveis altos de nutrientes, principalmente fosfatos e nitratos, provocando o posterior acúmulo de matéria orgânica em decomposição. Segundo Smith e Schindler (2009), a eutrofização pode levar à alteração no sabor, no odor, na turbidez e na cor da água, na redução do oxigênio dissolvido, provocando crescimento excessivo de plantas aquáticas, mortandade de peixes e outras espécies aquáticas, além do comprometimento das condições mínimas para o lazer na água.

Diante à deterioração dos ambientes aquáticos estimulada em grande parte por questões antrópicas, e em menor escala por fatores naturais, ocasionada pelas variações ambientais, como o transporte de sedimentos. Para sua avaliação foram desenvolvidos a avaliação dos parâmetros físico-químicos do fósforo total, oxigênio dissolvido (O.D), temperatura, pH, nitrato, nitrito, amônia e sólidos totais dissolvidos (STD). É de suma importância para a gestão dos recursos hídricos conhecer a qualidade da água disponível. Em razão disso, foram desenvolvidos para avaliação desta vários índices e indicadores ambientais, com base em suas características físico-químicas e biológicas.

Entre esses motivos e indicadores, o índice de estado trófico (IET) estabelece níveis de trofia em relação à concentração de fósforo total, clorofila e transparência das águas, possibilitando a classificação em classes tróficas. Lamparelli (2004) afirma que dentre as variáveis estabelecidas para cálculo do IET o fósforo total é a mais importante, pois este nutriente é, na maioria das vezes, o fator limitante para a produção primária.

A eutrofização, portanto, é um dos problemas que desperta mais preocupação à qualidade das águas na atualidade, pois, possui como impacto alarmante o aumento das florações de algas, em particular, das cianobactérias que são potencialmente tóxicas, que podem modificar a qualidade das águas, sobretudo nas destinadas ao abastecimento público.

POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

Ao longo do tempo de ocupação do espaço, os mananciais sempre representaram objeto de interesse do homem, pois são fontes de recursos para sua sobrevivência. Sofrendo as consequências

diretas do processo de exploração antrópica, os rios apresentam problemas causados pelos múltiplos usos das águas na sociedade refletidos na sua qualidade.

Segundo Fiorillo (2005):

O conceito de poluição previsto no art.13 § 1º, do Decreto Nº. 70.030/73, encontra-se em conformidade com o art. 3º, III, da Política Nacional do Meio ambiente, ao preceituar que poluição da água é “qualquer alteração química, física ou biológica que possa importar em prejuízo à saúde, à segurança e do bem-estar das populações, causar dano à flora e fauna, ou comprometer o seu uso para finalidades sociais e econômicas”(FIORILLO, 2005, p.131).

Dessa forma, a poluição hídrica é ocasionada pela prática indevida exercida pelos humanos, podendo alterar a qualidade da água através das suas diversas formas de atividades, sendo elas domésticas, comerciais ou industriais. Cada uma dessas ações produz poluentes específicos que possuem determinada implicação na propriedade da fonte receptora.

Mas nem toda alteração ecológica pode ser considerada poluição, visto que a mesma é classificada a partir da modificação do aspecto no sistema original de forma que interfira na vida dos seres que habitam em determinado ambiente. Por outro lado, a contaminação, distingue-se por afetar o ambiente sem alterar as características físicas das relações ecológicas ao longo do tempo (SANTOS, 2014).

Nesse contexto, contaminação defini-se como a introdução no meio de elementos em concentrações nocivas à saúde humana, tais como organismos patogênicos, substâncias tóxicas ou radioativas provocando alterações na estrutura e funcionamento do ecossistema (MMA, 2005; ANA, 2013).

Consequentemente, as causas mais relevantes da poluição é o crescimento desordenado das atividades econômicas, principalmente nas cidades, com o aumento da deposição indevida de dejetos provenientes do sistema de esgoto e saneamento. Outro precedente também destacado é o destino incorreto dos resíduos sólidos por parte da população, os quais são lançados diretamente nos cursos d'água sem nenhuma forma de tratamento.

Santos (2004), afirma que:

A poluição é essencialmente produzida pelo homem e está diretamente relacionada com os processos de industrialização e a conseqüente urbanização da humanidade. Esses são os dois fatores contemporâneos que podem explicar claramente os atuais índices de poluição, principalmente, porque o desenvolvimento vem se efetivando em detrimento ao meio ambiente, sem um planejamento adequado ou uma política de crescimento sustentável (SANTOS, 2004, p.4)

De acordo com a ANA (2013; p. 17), um amplo espectro de processos humanos e naturais afeta as características biológicas, químicas e físicas da água, impactando assim sua qualidade. A

contaminação por organismos patogênicos, metais traço e produtos químicos tóxicos de produção humana; a introdução de espécies invasoras; e as alterações de acidez, temperatura e salinidade da água podem prejudicar os ecossistemas aquáticos, tornando sua utilização inapropriada para uso humano. Diante do exposto, torna-se relevante evidenciar os tipos de poluição das águas: pontuais, difusas e mistas.

A classificação dos tipos de poluição hídrica dependem das origens, causas e consequências, contudo, as fontes de contaminação atmosférica são denominadas como fixas e móveis.

Santos (2002) explicita que:

Os fatores que causam a contaminação dividem-se em: naturais que são aqueles que têm causas nas forças da natureza, como tempestades de areia, queimadas provocadas por raios e as atividades vulcânicas; e artificiais que são causados pela atividade do homem, como a emissão de gases de automóveis, queima de combustíveis fósseis em geral, materiais radioativos, queimadas, etc. (SANTOS, 2002, p.01)

Diante do quadro de poluição resultante das principais fontes de contaminação dos corpos hídricos, salienta-se que a problemática mais preocupante é o surgimento de doenças provenientes da água, as quais originam - se de microorganismos e agentes infecciosos que proporcionam sérios danos à saúde humana.

Índices de Qualidade das Águas

A água é a substância mais abundante no planeta Terra, apresentando-se, na natureza, em três estados físicos distintos: sólido, líquido e gasoso. Portanto, trata-se de um recurso natural renovável devido ao seu ciclo que segue um sistema fechado, porém limitado em consequência de sua distribuição desigual no planeta e pelas constantes alterações de sua qualidade.

No entanto, durante um longo período foi acreditado que a água era um recurso infinito, contudo, perante o avanço de estudos hídricos e diante das demandas atuais e pretéritas essa avaliação entrou em desuso, caracterizando uma falácia, visto que mesmo abundante, sua disponibilidade no globo terrestre é desigual, como a muitos locais onde geralmente coexistem condições mais áridas e tecnologia inacessível à potabilização e captação hídrica, chegando a ser um fator limitante às necessidades humanas. Mesmo o Brasil contando com aproximadamente 35 mil m³ per capita de água, se constatam sérios problemas relacionados à disponibilidade equinânimes à população e o acesso à água de qualidade para consumo (PRANI – ROSA E FARACHE – FILHO, 2002).

Para Rocha et al. (2004), a avaliação da disponibilidade qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos tornam-se a cada dia mais importante, buscando saber a situação das águas para os diversos

usos. Essas avaliações podem ter como base os parâmetros legais que classificam os rios em diversas classes de uso, ou ainda, podem utilizar índices de qualidade de água (utilizado pela Cetesb), que de modo geral, retratam as atuais condições de um recurso hídrico, classificando - o de excelente a muito ruim.

Em 1970 foi criado o Índice de Qualidade das Águas (IQA) nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation (NSF)*, porém, no Brasil a utilização desse recurso designou-se somente a partir de 1975 sendo utilizada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Nas décadas posteriores, outros estados brasileiros aderiram o IQA, o qual atualmente é o índice primordial de qualidade da água utilizado no país. Devido a tais circunstâncias a CETESB e o IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas) introduziram 9 indicadores estabelecendo seus respectivos pesos, que foram estipulados mediante sua importância para a avaliação e cálculo de qualidade das águas.

Nesse sentido a ANA (2015), relata que o IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público após tratamento, no entanto, os parâmetros usados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos. Todavia, com a necessidade de examinar outras fontes de poluentes, a Cetesb incluiu novos indicadores específicos para definir com mais precisão os valores que designam a qualidade da água, como por exemplo: o Índice de Qualidade de Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público (IAP), o Índice de Preservação da Vida Aquática (IVA), e o Índice do Estado Trófico (IET).

Nessa conjuntura, diante do quadro de poluição que afeta o sistema hídrico em especial os rios, cabe ressaltar a importância de avalia-los para mensurar o grau de trofia e impactos ambientais existentes no meio aquático, sendo estes estabelecidos através dos parâmetros de qualidade da água utilizado pelo IET.

Frente o exposto a Cetesb (2004), relata que o Índice do Estado Trófico, tem por finalidade classificar os corpos d' água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo de algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas.

Na prática a caracterização do estado trófico é quantificada através de variáveis que se relacionam diretamente com o processo de eutrofização, em geral, clorofila "a", transparência das águas e as concentrações de nutrientes e oxigênio dissolvido (TOLEDO et al., 1984; HAYDÉE, 1997).

No entanto, evidencia-se que atualmente a eutrofização é reconhecida como um dos problemas mais importantes concernentes à qualidade da água. Dentre os fatores que influenciam a eutrofização, além das concentrações de fósforo e nitrogênio, podem ser citados a velocidade da Contudo, a

eutrofização é um processo que ocorre de forma natural nos ambientes aquáticos (lênticos e lóticos), porém, nos dias atuais devido ao excessivo lançamento de resíduos procedentes de atividades antrópicas nos corpos d' água vem acelerando-se de maneira gradativa modificando a dinâmica desse ecossistema. Holmes (1996) e Varis (1996), afirmam que a poluição das águas origina-se de efluentes domésticos, industriais e da exploração agrícola, associada, principalmente, ao tipo de uso e ocupação do solo.

Entende-se por ecossistema lêntico ambientes aquáticos de água parada, como por exemplo, lagoas, lagos, pântano, etc. É classificado como um importante distribuidor de biodiversidade por apresentar ecótonos bem definidos (ANA, 2013).

O ambiente lótico distingue-se por apresentar ecossistema aquático de água corrente, como por exemplo: rios, nascentes, ribeiras e riachos. Têm como principal característica o fluxo hídrico, que influencia diretamente as variáveis físico-químicas da água e as comunidades biológicas presentes (ANA, 2013).

Nestes ambientes, segundo a Cetesb (2017), a eutrofização proporciona vários efeitos indesejáveis, entre eles: maus odores e mortandade de peixes, mudanças na biodiversidade aquática, redução na navegação e capacidade de transporte, modificações na qualidade e quantidade de peixes de valor comercial, contaminação da água destinada ao abastecimento público, entre outros. O IET classifica os corpos d' água mediante suas respectivas características água, vazão, turbidez, a profundidade do curso de água, a temperatura entre outros (LAMPARELLI, 2004). Incluindo - as na classe do estado trófico apresentado no (Quadro 1).

Quadro 1: Quadro de Classe de Estado Trófico dos Cursos d' água

Estado trófico	Características dos corpos de água
Ultraoligotrófico	Corpos de água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
Oligotrófico	Limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, pela presença de nutrientes.
Mesotrófico	Com produtividade intermediária e possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
Eutrófico	Com alta produtividade e redução da transparência, afetados por atividades antrópicas, ocorrendo alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
Supereutrófico	Corpos de água com alta produtividade, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, com freqüentes alterações indesejáveis na qualidade da água, como florações de algas e interferências nos seus múltiplos usos.

Hipereutrófico	Corpos de água afetados pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a aflorações de algas ou mortandade de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.
-----------------------	--

Fonte: Adaptado de CETESB (2009)

METODOLOGIA

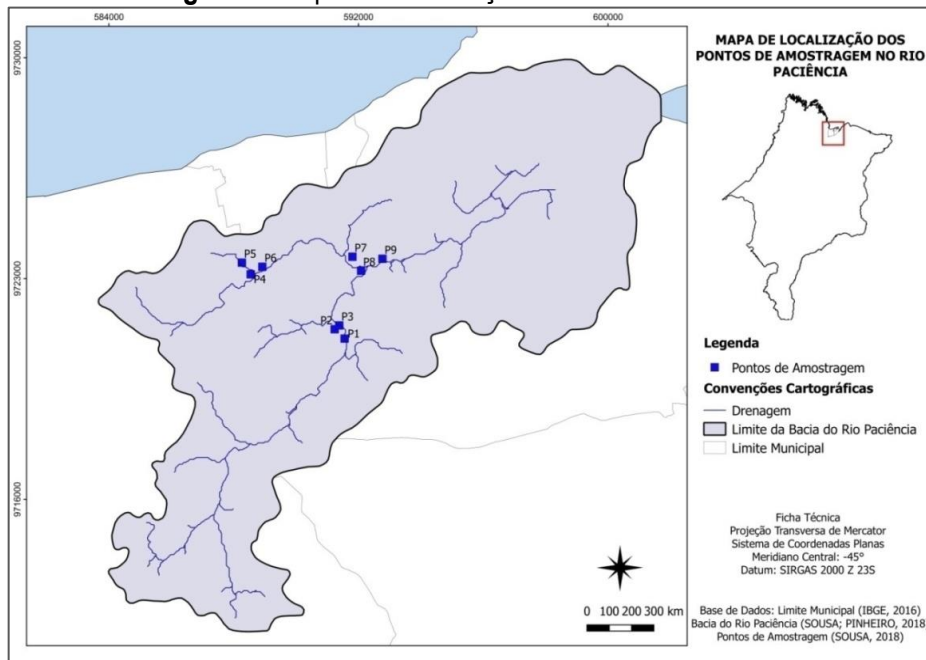
O estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Paciência situado na porção Nordeste da ilha do Maranhão, a qual está compreendida entre as coordenadas geográficas 02° 25' 30" a 02° 37' 30" de Latitude Sul e 44° 07' 30" a 44° 16' 30" de Longitude Oeste. Esta bacia é considerada uma das maiores bacias da localidade por abranger os municípios de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar, e Raposa.

Primeiramente foi realizada a coleta de amostras que é uma das etapas mais relevante para a avaliação da qualidade das águas. No entanto, para a realização dessa fase é necessário técnica e cautela para que não haja alterações no material coletado de forma a interferir nos resultados. Para tanto, estas foram realizadas em conformidade ao Guia Nacional de Coleta e Preservação das Amostras (CETESB, 2011) e Norma Técnica da ABNT Nº 9898 (1997).

O material foi coletado em frascos de plástico estéreis, com todos os cuidados de assepsia, sendo o volume de 500 ml por ponto amostral. O período, entre a coleta e, o início da análise, não foi superior a 24 horas para os parâmetros (SDT, nitrito, nitrato, amônia e fósforo), sendo os parâmetros temperatura, pH e O.D determinados *in loco*.

As coletas foram realizadas no período da manhã, entre 8h e 11h, e no final do dia procedeu-se a determinação dos parâmetros. Estas foram realizadas no mês de dezembro, no dia 22/12/2017, em nove pontos previamente selecionados, no *Google Earth*, sendo estes, posteriormente confirmados em campo, considerando-se a facilidade de acesso e sua posição no exutório de cada curso e após confluência. Estes pontos foram georreferenciados com auxílio de GPS (*Global Positioning System*), modelo Garmim, além de serem registradas as características naturais de cada ponto por meio de fotografias (Figura 1).

Figura 1: Mapa de Localização dos Pontos de Coleta



Fonte: Pinheiro e Sousa, 2018.

Neste estudo, conforme registrado anteriormente, foram determinados parâmetros físico-químicos: temperatura, pH, oxigênio dissolvido (O.D), sólidos totais dissolvidos (STD), fósforo total, nitrito, nitrato e amônia. A análise destes permitiram identificar a qualidade das águas na bacia do rio Paciência, ao mesmo tempo, corroborando para as discussões sobre o nível trófico.

Os resultados foram comparados com as condições e padrões de qualidade das águas doces estabelecidos na Resolução CONAMA N°. 357 de 17 de março de 2005 para as Classes 1, 2 e 3.

Descreve-se a seguir os métodos utilizados na determinação dos parâmetros estudados, sendo, a determinação destes em triplicata para a obtenção de valor médio.

Para determinação dos parâmetros temperatura, pH e O.D utilizou-se a Sonda Multiparâmetro da AKSO, modelo AK87. E posteriormente para determinação dos STD, utilizou-se um medidor portátil da *Water Quality*, modelo Meter 3. No Laboratório de Geociências, do Prédio da Geografia (CECEN/UEMA), com 200 ml da amostra disposto em *becker*, realizou-se a leitura do STD.

Para a determinação dos parâmetros nitrato, nitrito e amônia utilizou-se Fotocolorímetro Multiparâmetro, equipamento de bancada, da Alfakit, modelo AT10P. No Laboratório de Geociências, no Prédio da Geografia, seguindo os procedimentos estabelecidos no manual do fabricante realizou-se a leitura dos parâmetros, conforme: organização das amostras na sequência para determinação dos parâmetros; transferência de 200 ml da amostra para um *becker*; transferência da amostra para tubos de ensaio; calibração do equipamento com realização de amostra em branco (com água destilada).

O fósforo total foi determinado através de colorimetria realizada pelo Método do Vanodomolibdico, conforme indicação do *Spectrokit da Alfacit*, adquirido para este trabalho, com auxílio de espectrofotômetro UV/VIS modelo DR 200 da marca HACH no Laboratório de Análise de Água e Alimentos no Prédio da Veterinária (CCA/UEMA). O comprimento de onda selecionado foi de 415nm (nanômetro). Este método está descrito no *Standard Methods for the Examination of Water and Waste water*; 21ª ed, 2005.

Nesse método, para determinação de fósforo total, o fosfato reage com o molibdato de amônia, em meio acidificado, na presença de vanádio para formar um produto de cor amarela com intensidade de cor proporcional a concentração de fósforo na amostra, que é determinada no espectrofotômetro.

As amostras foram preparadas obedecendo as seguintes etapas: organização do Spectrokit Fósforo em bancada; mediu-se 5 ml de água destilada e adicionou-se ao tubo de ensaio do Espectrofotômetro; realizou-se a calibragem do equipamento, zerando-o através de uma prova em branco com a água destilada; adicionou-se 12 gotas do reagente (Fósforo vanodomolibdica) em cada amostra.

Leitura do Fósforo no Espectrofotômetro: agitou-se a amostra, em seguida aguardou-se 10 min antes da leitura; fez-se a leitura das amostras no Espectrofotômetro. Os resultados foram apresentados em mg/L de concentração de fósforo (P).

O Índice de Estado Trófico - IET da bacia foi determinado por modelos matemáticos paramétricos de acordo com os autores apresentados na Carson (1977), Toledo et al (1983, 1984, 1990), Yoshimi (1987), Lamparelli (2004), Sorrel (2006). Estes foram comparados, e desta forma, verificou-se o que melhor traduz o estado de trofia das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paciência. O cálculo foi realizado por ponto de amostragem.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Considerando o processo de uso e ocupação na bacia, assim como o comportamento das chuvas, mais especificamente no mês de dezembro, e outros trabalhos desta mesma natureza realizada na área, e ainda, em observação a Resolução CONAMA N°. 357/2005 discute-se os resultados do comportamento dos parâmetros físico químico.

A (Tabela 1) apresenta os valores médios por ponto, sendo resultante da triplicada das análises, e a média por parâmetro. Nesta, encontra-se também, o valor de referência estabelecido na Resolução CONAMA supracitada, nas Classes 1, 2 e 3, que embasaram as discussões no que diz respeito em conformidade a legislação vigente.

Tabela 1: Valores dos resultados dos parâmetros físico-químicos CONAMA 357/05.

Parâmetros	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	Média	Resolução Conama No 357/2005. (Classe 1)	Resolução Conama No 357/2005. (Classe 2)	Resolução Conama No 357/2005. (Classe 3)
Temperatura (oC)	26,90	27,50	26,50	26,80	27,30	26,80	26,70	27,40	26,70	26,96	-	-	-
Ph	7,37	6,64	7,32	7,32	7,38	7,43	7,25	7,26	7,34	7,26	Entre 6,0 e 9,0.	Entre 6,0 e 9,0.	Entre 6,0 e 9,0.
OD (mg/l)	0,19	0,23	0,28	0,14	0,18	0,16	0,28	0,31	0,24	0,22	não inferior a 6 mg/L O2	não inferior a 5 mg/L O2	não inferior a 4 mg/L O3
STD (mg/l)	345,00	74,00	333,00	367,00	375,00	364,00	292,00	297,00	330,00	308,56	500 mg/l	500 mg/l	501 mg/l
Amônia (mg/l)	0,06	0,02	0,01	0,08	0,08	0,10	0,02	0,01	0,01	0,04	3,5 mg/l	3,5 mg/l	13,3 mg/l
Nitrato (mg/l)	0,39	0,09	0,09	0,38	0,49	0,43	0,08	0,03	0,06	0,23	10,0 mg/L N	10,0 mg/L N	10,0 mg/L N
Nitrito (mg/l)	0,03	0,01	0,01	0,03	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,02	1,0 mg/L N	1,0 mg/L N	1,0 mg/L N
Fósforo (mg/l)	0,42	1,11	0,79	1,22	1,92	1,25	0,79	0,97	0,82	1,03	0,1 mg/L P	0,1 mg/L P	0,15 mg/L P

Fonte: Pinheiro, 2018.

A temperatura na bacia variou de 26,5 °C a 27,5 °C, sendo esta mais elevada nos pontos P2, P6 e P8. A média para a bacia foi de 27,5 °C e, a variação da temperatura entre os pontos foi de aproximadamente 1 °C, sendo, no ponto P3 a mais baixa temperatura, com valor de 26,5 °C.

Observa-se que, as temperaturas predominantes estão abaixo de 27 °C, com exceção, dos pontos P2 (no riacho Itapiracó), P5 (riacho Turu) e P8 (rio Paciência/Maioba). Este comportamento, provavelmente está relacionado a exposição maior desses pontos a incidência de raios solares, no dia da coleta, pois, não há lançamento de águas aquecidas nas proximidades destes, e ainda, em comparação com o comportamento dos demais pontos, a diferença de aproximadamente de 1 °C é mínima para indicar um comportamento anômalo nestes pontos.

Compreende-se que, a variação da temperatura da água vai influenciar no comportamento da vida aquática e de outros parâmetros físicos e químicos. A água fria, por exemplo, contém mais oxigênio dissolvido do que a água quente. Por outro lado, alguns compostos são mais tóxicos para a vida aquática nas temperaturas mais elevadas.

Diante do exposto, compreende-se que, a temperatura deve ser analisada conjuntamente com demais parâmetros, sabendo que esta pode vir a influenciar no comportamento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas. Neste sentido, a princípio, analisou-se o oxigênio dissolvido (O.D) nesta perspectiva.

Verifica-se ainda que, os pontos onde a concentração de O.D foram mais baixas: P4, P5 e P6. Correlacionando o comportamento do O.D com a temperatura nestes pontos, o único que enquadra-se na situação de “elevação de temperatura e diminuição de O.D” foi o ponto P5. No entanto, conforme descrito anteriormente, como não houve grande variação da temperatura entre os pontos, o O.D não retratou de forma significativa, a influência da temperatura, e desta forma, a análise deste foi conduzida em observância à Resolução CONAMA Nº. 357/2005, assim como ao uso e ocupação do solo na área.

Em todos os pontos, a concentração de O.D encontra-se fora do padrão estabelecido pela legislação para a Classe 1 (não inferior a 6 mg. L⁻¹), Classe 2 (não inferior a 5 mg. L⁻¹) e Classe 3 (não inferior a 4 mg. L⁻¹), como apresentado anteriormente na Tabela 10.

Neste sentido, salienta-se que, os pontos P4, P5 e P6, em que a concentração de O.D encontra-se mais baixa, entende-se que seja prela presença do lançamento de efluentes domésticos proveniente de condomínios construídos na área de bairros como Novo Cohatrac, por exemplo, e do lançamento de resíduos sólidos acumulados em alguns pontos ao longo do rio Paciência, mais especificamente no ponto P6. Os pontos P3 e P8, encontram-se com maior concentração de O.D, mas, ainda assim fora do padrão estabelecido na legislação.

O pH é a medida do balanço ácido de uma solução, definida como o logaritmo negativo da concentração de íons de hidrogênio. A escala de pH varia de 0 a 14, sendo que os valores abaixo de 7 e próximos de zero indicam aumento de acidez, enquanto os valores de 7 a 14 indicam aumento da alcalinidade (CHAPMAN & KIMSTACH, 1996). Os valores de pH estão relacionados a fatores naturais, como dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, e a fatores antropogênicos pelo despejo de esgotos domésticos e industriais, devido à oxidação da matéria orgânica e à lavagem ácida de tanques, respectivamente (VON SPERLING, 2005).

Na bacia, o pH variou entre 6,64 (P2) a 7,73 (P6) e, conforme Resolução CONAMA Nº 357/2005, para as Classes 1, 2 e 3, todos os pontos encontram-se em conformidade (Tabela 10) e na condição de alcalinidade na sua maioria, com exceção, do ponto P2, que se apresentou levemente ácido.

Diante do exposto, entendemos que a diminuição da concentração do O.D nas águas está diretamente relacionado ao lançamento de esgotos domésticos, assim como a elevação do pH está relacionado provalmente ao crescimento de macrófitas nas águas, que realizam a fotossíntese que, por conseguinte elevam o pH das águas, assim como, pela presença de sedimentos dissolvidos e efluentes domésticos. Neste sentido, analisou-se o comportamento dos sólidos totais dissolvidos (STD). Ao analisar-se o comportamento do STD, verificou-se que houve uma variação entre 74 mg.L⁻¹ (P2) e 375 mg.L⁻¹(P5).

Com relação aos STD, os pontos estudados encontram-se em conformidade com a resolução CONAMA Nº. 357, para as Classes 1, 2 e 3, que é no máximo 500 mg. L⁻¹, ou seja, todos estão abaixo desse valor. Ainda assim, quando se analisa o comportamento conjuntamente com outros parâmetros de qualidade, ou seja, com os resultados de O.D e pH, verifica-se que os pontos P4, P5 e P6 estão em situação de maior comprometimento no que diz respeito ao comportamento destes parâmetros.

No resultado alcançado para o parâmetro Fósforo, todos os pontos se mostraram fora dos padrões segundo a resolução CONAMA Nº 357/2005, já que a mesma estabelece valores inferiores a 0,15mg. L⁻¹. Em sequência registrou-se valor máximo no P5, com 1,92mg. L⁻¹. Este parâmetro, a exemplo dos anteriormente analisados, é devido a fontes de contaminação, principalmente por esgotos domésticos, agravando a situação no local. Ressalta-se que a alteração gradativa no corpo d'água dos nutrientes como o fósforo e/ou nitrogênio total ou nas formas de nitrito e nitrato podem causar a redução do oxigênio dissolvido propiciando o surgimento da eutrofização.

Para tanto, no que tange ao comportamento dos compostos de nitrogênio, segundo Ribeiro (2014), o fluxo pode, em geral, ser ocasionado de precipitação, tal como o acarretamento de matéria orgânica e inorgânica de origem aloctone e também ser fixada na atmosfera perto do meio líquido. Tais compostos podem ter várias formas químicas, como a oxidação, o nitrato (NO₃⁻ (aq)) e nitrito (NO₂⁻ (aq)).

Neste trabalho os teores médios de nitrato mais relevantes foram 0,49 mg. L⁻¹ encontrados no P5, o qual, não atingiu o limite estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 de 10 mg. L⁻¹. Nesse sentido, cabe ressaltar que o nitrato é geralmente presente em concentrações em corpos d'água como um componente natural do processo de nitrificação, e valores elevados podem levar ao aumento gradativo de fitoplâncton e macrófitas no ambiente aquático.

Dessa forma o nitrato e nitrito são considerados contaminantes ambientais de grande escala nos recursos hídricos, contudo, nas coletas realizadas para este trabalho foram verificados a maior concentração de nitrito no ponto P5 com 0,04mg. L⁻¹, e menor representatividade nos pontos P2, P3 e P7 com 0,01 mg. L⁻¹, sendo zero nos pontos P8 e P9. Apesar do registro de nitrito nos pontos estudados, evidencia-se, conforme Resolução CONAMA Nº 357/2005 para as classes em estudo que, todos encontram-se dentro do padrão permitido, ou seja, ≤ 1 mg. L⁻¹.

Ressalta-se que as principais fontes de entrada dos componentes nitrato e nitrito nos corpos d'água são através de fertilizantes utilizados na agricultura, efluentes domésticos e industriais, assim como excrementos de animais. Porém, nesta pesquisa identificou-se que a principal causa da inclusão

desde componente foi por meio do esgoto doméstico proveniente dos bairros adjacentes aos pontos como descrito anteriormente.

Na pesquisa em questão, a amônia foi verificada com maior concentração no ponto P6 com 0,10 mg. L⁻¹, nos pontos P4 e P5 identificou-se adiminuição com valores de 0,08 mg. L⁻¹. No ponto P1 houve uma redução gradativa apresentando valor de 0,06 mg. L⁻¹ e de 0,01 mg/L nos pontos P3, P8, P9. Entende-se que a variação no comportamento da amônia e principalmente a elevação no P6 é devido o lançamento de esgoto sanitário, resultado direto de descargas de efluentes domésticos, da reação química da ureia e da degradação biológica de aminoácidos presentes nestes e, outros constituintes orgânicos nitrogenados presentes em esgotos domésticos lançados, assim como, a presença de resíduos sólidos acumulados às margens do manancial que, após uma chuva, o escoamento superficial os direciona-se para dentro do leito, ou mesmo, o escoamento de chorumes proveniente destes.

Dessa forma, salienta-se que, a amônia quando em quantidade excessiva é considerada um elemento tóxico para os seres aquáticos, pois provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente.

Nesse contexto podemos observar que, todas essas variáveis correlacionadas corroboram para o entendimento de que, o lançamento de esgoto domésticos e acúmulo de resíduos sólidos, quer seja pelo lançado *in natura* no manancial, ou o escoamento do chorume devido o acúmulo deste nas margens, interferem na qualidade das águas.

A construção de residenciais como Pinheiros II, Novo Horizonte II, Carolina dentre outros contribuíram para o lançamento de sedimentos principalmente no riacho Turu. Como resultado disso, os pontos P4, P5 e P6 são os mais comprometidos.

De acordo com Carso (1977), Toledo et. al (1983,1984,1990), Yoshimi (1987) e Sorrel (2006), o Índice de Estado Trófico dos pontos de estudo classificam-se no estado Ultraligotrófico, ou seja, corpos de água afetados pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a aflorações de algas ou mortandade de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas. Porém, na classificação de Lamparelli (2004) a área de estudo encontra – se em estado oligotrófico no P1 e mesotrófico nos demais pontos, ou seja, indicando a bacia, no que diz respeito aos pontos estudados com produtividade intermediária e possíveis implicações sobre a qualidade da água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados alcançados nas análises realizadas nos nove pontos da bacia hidrográfica do rio Paciência indicam uma situação preocupante quanto a qualidade das suas águas superficiais. Conforme o estudo desenvolvido por Silva (2014) utilizando o IET as águas da bacia possuem classificação predominantemente Hipereutrófica.

Essa classificação é confirmada pelos parâmetros oxigênio dissolvido (O.D) e Fósforo estarem em todos os pontos de coleta acima dos limites permitidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005, considerando-se as Classes 1, 2 e 3. O manancial encontra-se numa situação de vulnerabilidade em termos ambientais, diante de forte influência antrópica, que é ocasionada principalmente, pelas fontes de poluição pontuais: lançamento de efluentes domésticos, despejo de resíduos sólidos residenciais e de construção civil.

Porém, na metodologia proposta por Carson (1977), Toledo (1983, 1984, 1990), Yoshimi (1987) e Sorrel (2006) a área de estudo encontra-se em estado ultraoligotrófico. No entanto, apesar desse corpo hídrico receber grande quantidade de efluentes ao longo do seu curso, verifica-se uma condição ainda de estado trófico: Oligotrófico e Mesotrófico segundo Lamparelli (2004), a qual melhor representa a atual situação das águas da bacia. Fato que nos chama atenção, principalmente quanto ao registro de alevinos e leve transparência das águas em alguns pontos, como exemplo o ponto P1, indicando autodepuração deste manancial quando não submetido a fortes influências antrópicas.

Esse quadro de poluição do rio pode ser revertido se forem adotadas sucessivas medidas para diferentes fatores como tratamento de efluentes domésticos e destinação adequada dos resíduos sólidos, assim como a conservação das matas ciliares. Sugere-se a realização de trabalho voltado para educação ambiental com a população objetivando despertar a sobre os impactos produzidos pelos sedimentos lançados indevidamente nas ruas e nos canais comprometendo a qualidade das águas dos rios.

Conclui-se que a caracterização das águas por parâmetros físico e químicos é de extrema importância como indicador de sua qualidade, e que reflete o uso e ocupação do solo na bacia, e o nível de consciência da população e atuação efetiva do poder público na região.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Jaqueline Colvara de. **Avaliação de Qualidade da Água na Lagoa dos Patos**. 2013. 52f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, 2004. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/esa/files/2013/10/TCC-JAQUELINE-ALMEIDA.pdf>>. Acessado em: 02 de abr. 2018.

Alvarado JJ, Aguilar JF. **Batimetria, salinidade, temperatura y oxigeno disuelto em aguas del Parque Nacional Marino Ballena**, Pacífico, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 2009; 57(1): 19-29.



ANA- Unidade 2 bases conceituais para monitoramento de águas.2013.Disponível em: <https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/76/4/Unidade_2.pdf>. Acessado em: 04 de junh. 2018.

ANA- Cuidando das Águas: Soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2013/CuidandoDasAguas-Solucao2aEd.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2018.

ANA- Conjuntura Recursos Hídricos Brasil 2017. Disponível em:<<http://www.conjuntura.ana.gov.br/>>. Acesso em: 21 de abri. 2018.

ANA – Agência Nacional de Águas: Conjuntura. 2010. Disponível em:<conjuntura.ana.gov.br/>. Acessado em: 05 de jun. 2018.

ANA – Agência Nacional de Águas:Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil.Disponível em:<arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20DisponibilidadeDemanda.pdf>. 2005 . Acesso em: 21 de abri. 2018.

ANBR- Associação Brasileira de Normas Técnicas 6502:1995 – Caracterização Física e Classificação dos Solos. Disponível em: <ufrj.br/institutos/it/deng/rosane/downloads/.../APOSTILA_SOLOS.pdf>.Acessado em: 14 de mai. 2018.

ANBR- Associação Brasileira de Normas Técnicas – Poluição das águas: Terminologia – NBR 9896. Rio de Janeiro, 1987. Disponível em: <<https://docslide.com.br/.../nbr-9896-1993-tb-145-glossario-de-poluicao-das-aguas.ht>>. Acessado em: 03 de mar. 2018.

ARCOVA, F.C.S. & CICCIO, V. Qualidade da água de microbaciascom diferentes usos da terra na região de Cunha, Estado de São Paulo.**Pesquisa em Foco**, São Paulo,v. 5, n. 6p.125-34.1999.

BANDEIRA, Iris Celeste Nascimento. Geodiversidade do estado do Maranhão. Teresina: CPRM, p. 294, 2013.

CETESB- “Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem”. In: Série Relatórios/CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo 2009. 2ª edição. Apêndice A. São Paulo/SP, Brasil. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2010.

CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V.Selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. (Ed.). **Walter quality assessments – a guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring.** 2. Ed. London: UNESCO/WHO/UNEP, 1996. P.74-133.

FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. **Curso de direito ambiental. 2ed.** São Paulo: Saraiva, 2005. Acesso: 12 mar. 2018.

HOLMES, P.R., 1996. **Measuring success in water pollution control.**Vol. 34. p: 155-164.

HAYDÉE, T.O. Aplicação de índices de estado trófico e de qualidade da água na avaliação da qualidade ambiental de um reservatório artificial (Reservatório de Barra Bonita, estado de São Paulo, Brasil), 1997.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d’água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento.** Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/.../TeseLamparelli2004.pdf>. Acesso em: 05 de jan. 2018.

Ministério das Relações Exteriores– Recursos Hídricos. Disponível em:<www.itamaraty.gov.br/pt-BR/politica-externa/...sustentavel.../176-recursos-hidricos>.Acessado em: 06 de jun. 2017.

PRANDI-ROSA, Gema Aparecida.; FARACHE-FILHO, Adalberto. Avaliação de Parâmetros de Águas Superficiais em Mananciais do Município de Jales – SP.**Pesquisa em Foco**, São Paulo, v. 2, n. 1; 2002, p. 36-51. Disponível em:



<<https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/view/1611/1372>>. Acessado em: 05 de abr. 2018.

ROCHA, Julio Cesar.; ROSA, André Henrique.; CARDOSO, Arnaldo Alves. **Introdução à Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

SANTOS, Fabiano Pereira dos. Meio ambiente e poluição. Jus Navigandi, Teresina, ano 9, n. 201, 23 jan. 2004 . **Pesquisa em Foco**, Brasil. Disponível em: <www.ecolnews.com.br/artigo_01.htm>. Acessado em: 8 mar. 2018.

SANTOS, Helaine Christina. **Poluição Hídrica. 2014**. UNOPAR - Universidade Norte do Paraná, Palmas. Disponível em: <www.trabalhosfeitos.com/topicos/diferença-poluição-e-contaminação/0>. Acessado em: 12 de mai. 2018.

TOLEDO, A. P.; AGUDO, E. G.; TOLARICO, M.; CHINEZ, S. J. **A Aplicação de Modelos Simplificados para a Avaliação do Processo de Eutrofização em Lagos e Reservatórios Tropicais**; XIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental – AIDIS, Santiago do Chile, 1984. Anais. Santiago do Chile, 1984.

VARIS, Olli. 1996; **Water quality models: typologies for environmental impact assessment**; Vol. 34. Pág.109 -117.