

DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS DA QUALIDADE DAS NASCENTES DA APA DO MARACANÃ

DIAGNOSIS OF THE IMPACTS OF THE QUALITY OF SPRINGS IN THE MARACANÃ APA

DOI: <https://doi.org/10.16891/2317-434X.v11.e3.a2023.pp2984-2995> Recebido em: 25.06.2023 | Aceito em: 12.07.2023

**Sandra Regina Gusmão da Hora^a; Ana Célia Ferraz^a; Augusto Hipolito Chagas Freato^a;
Laura Euzebia Pinheiro Gaspar Silva Torres^a, Ronald da Silva de Jesus^a; Eduardo Henrique
Costa Rodrigues^a, Maria Raimunda Chagas Silva^a.**

Universidade Ceuma^a
***E-mail: marirah@gmail.com**

RESUMO

No município de São Luís-MA convém destacar a bacia do Bacanga, com destaque para a sub-bacia do Maracanã, onde está inserida a Área de Proteção Ambiental (APA) do Maracanã, que está sendo bastante impactada pela ação antrópica. O objetivo foi avaliar a qualidade da água e da mata ciliar das nascentes da APA do Maracanã. A área de estudo localiza-se na Área de Proteção Ambiental (APA) do Maracanã, as amostras foram coletadas em cinco pontos da água das nascentes nos meses de maio, julho e setembro de 2021. Foram analisados os parâmetros físico-químicas das amostras, temperatura da água, turbidez, condutividade, pH, salinidade, nitrito, nitrato, sólido total dissolvido, fósforo total, dureza/CaCo₃, Mg e oxigênio dissolvido, medido no equipamento Sonda Multiparâmetro da marca HORIBA/ U50 e as análises bacteriológicas foram realizadas pelo método do COLItest. Para análise estatística foi feita a Análise de Componentes Principais (PCA) dos parâmetros físico-químicos. Os resultados dos parâmetros físico-químicos observados, mostram variações de pH encontrados na média dos seis pontos com seus desvios padrões nos três meses, o menor e maior valor encontrados foram de $3,35 \pm 0,67$ no mês de setembro e $7,97 \pm 0,14$ em maio. Os valores das análises microbiológicas da água da APA, especificamente das bactérias termotolerantes, mostram alterações nos pontos amostrados os valores foram $3,7 \times 10^5$ e $9,70 \times 10^5$ UFC/mL de mês de maio respectivamente. Entretanto os resultados obtidos para os parâmetros físicos e químicos do fósforo, magnésio, cálcio, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio permaneceram nos limites máximos permitidos pelo CONAMA nº 357/05. Estes resultados encontrados podem comprometer as nascentes e impactar o recurso natural da APA do maracanã.

Palavras-chave: Proteção; Água; Parâmetros.

ABSTRACT

In the municipality of São Luís-MA, the Bacanga river basin should be highlighted, especially the Maracanã sub-basin, where the Environmental Protection Area (APA) of Maracanã is located, which is being heavily impacted by anthropic action. The objective was to evaluate the quality of the water and the riparian forest of the springs in the Maracanã APA. The study area is located in the Maracanã Environmental Protection Area (APA). Samples were collected from five water points in the springs in the months of May, July, and September 2021. The physical-chemical parameters of the samples were analyzed: water temperature, turbidity, conductivity, pH, salinity, nitrite, nitrate, total dissolved solid, total phosphorus, hardness/CaCo₃, Mg and dissolved oxygen, measured by HORIBA/U50 Multiparameter Probe equipment and the bacteriological analysis was performed by the COLItest method. For statistical analysis the Principal Component Analysis (PCA) of the physicochemical parameters was performed. The results of the physical-chemical parameters observed, show variations of pH found in the average of the six points with their standard deviations in the three months, the lowest and highest value found were 3.35 ± 0.67 in the month of September and 7.97 ± 0.14 in May. The values of microbiological analysis of the APA water, specifically of thermotolerant bacteria, show changes in the sampled points the values were 3.7×10^5 and 9.70×10^5 CFU/mL in May, respectively. However the results obtained for the physical and chemical parameters of phosphorus, magnesium, calcium, dissolved oxygen and biochemical oxygen demand remained within the maximum limits allowed by CONAMA nº 357/05. These results found may compromise the springs and impact the natural resource of the maracanã APA.

Keywords: Protection; Water; Parameters.

INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea é caracterizada por uma série de transformações tecnológicas, socioeconômicas e culturais, que imprimem grande demanda por produtos e insumos oriundos do meio ambiente, sobretudo, os recursos hídricos. A exploração desenfreada e a má gestão dos recursos naturais resultaram em sérios problemas ambientais que por muitos anos foram negligenciados pela população e pelo Poder Público, tais como: perda da biodiversidade, desertificação, mudanças climáticas, poluição do ar e da água, disposição inadequada de resíduos etc. (GOMES, 2015).

Nas últimas décadas, essas e outras questões ambientais se intensificaram de forma global. Nesse contexto, a Educação Ambiental (EA) tornou-se uma pauta fundamental para garantir o equilíbrio entre as necessidades da população e a manutenção dos recursos naturais (SILVA; SANTOS; JESUS, 2018).

A EA tem como marco a “Conferência Intergovernamental de Tbilisi” (CIT, 1977) que centralizou a discussão das problemáticas do meio ambiente justapostas ao processo educativo e interdisciplinar como ferramenta de conscientização. Para a efetivação dos dispositivos inseridos na Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81) o governo brasileiro instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental (Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999) que tem, na EA, uma das principais ferramentas para a gestão ambiental do Brasil.

De acordo com a Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, a educação ambiental é um processo de educação, responsável por sensibilizar o indivíduo e a coletividade a construir valores sociais, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação e preservação do meio ambiente, em busca do equilíbrio socioambiental (BRASIL, 1999).

Nesse aspecto, Silva, Santos e Jesus (2018) destacam que a EA é capaz de proporcionar mudanças institucionais, tendo um papel fundamental na execução de políticas de educação que visam a sustentabilidade e a sensibilização das pessoas diante da necessidade de construir uma geração mais crítica, ativa e preocupada com a preservação e o cuidado com o meio ambiente.

Tendo como base essas determinações legislativas, pretende-se desenvolver práticas de Educação Ambiental com os moradores situados próximos às nascentes da Área de Proteção Ambiental (APA) do Maracanã. Esta APA, com aproximadamente 1.831 hectares, foi criada pelo Decreto Estadual n.º 12.103, em 01 de outubro 1991, é localizada no bairro do Maracanã, a

cerca de 25 km de distância do centro de São Luís, faz limite com o Parque Estadual do Bacanga ao norte, ao sul com o rio Grande, ao leste com a BR-135 e a oeste com o Distrito Industrial de São Luís (SILVA; SILVA, 2015).

A relevância ambiental da APA supracitada, está no fato de pertencer à categoria de Unidade Conservação de Uso Sustentável, tornando-a uma área protegida por lei. Porém, esta proteção legal não impediu a ocupação e o uso do solo desse ecossistema, comprometendo, em decorrência, o seu equilíbrio ambiental (MARTINS, 2008).

Segundo Silva e Silva (2015), os principais problemas ambientais observados na APA do Maracanã incluem a retirada de recursos madeiráveis e não madeiráveis devido o potencial florestal da trilha, a ocupação desordenada por construções residenciais, pela passagem de veículos pesados a serviço do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal, pelas queimadas, pela retirada de mudas para arborização das avenidas de São Luís e pelo despejo de lixo na área da APA.

Convém destacar que a Bacia do Rio Bacanga, o qual é o principal curso hídrico da APA do Maracanã, é uma das mais impactadas pelo crescimento urbano desordenado da cidade de São Luís, pois esta cresceu sem planejamento urbano o que vem ocasionando a perda de sua qualidade ambiental (MARTINS, 2008).

Nesse sentido, este trabalho se propõe a diagnosticar os impactos causados nas nascentes da APA do Maracanã, avaliando os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos que determinam a qualidade da água das nascentes, bem como observar a interação dos moradores com o meio através da percepção do pesquisador, para obter conhecimentos dos fatores sociais e culturais da comunidade que possam influenciar na degradação do ambiente.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

APA do Maracanã

As discussões sobre a extrema exploração dos recursos naturais geradas em encontros como a Conferência da Organização das Nações Unidas - ONU sobre o meio ambiente em 1992, no Rio de Janeiro, foram o ponto de partida para o comprometimento das nações participantes em protegerem seus respectivos recursos naturais (BURSZTYN, 2018).

Conforme o modelo de desenvolvimento vigente resulta em efeitos negativos cada vez mais graves, aumenta o interesse e o envolvimento dos vários

segmentos da sociedade com as questões ambientais. Houve o reconhecimento de que a proteção do meio ambiente é necessária sob inúmeros aspectos, fato que influenciou, decisivamente, no aumento da criação das unidades de conservação por todo o mundo (CÂMARA; LIMA, 2016).

No Brasil, as Unidades de Conservação (UC's) são áreas instituídas pelo poder público para a proteção da fauna, flora, microorganismos, corpos d'água, solo, clima, paisagens e todos os processos ecológicos pertinentes aos ecossistemas naturais. Há algumas categorias de UC's que protegem também o patrimônio histórico-cultural, as práticas e o modo de vida das populações tradicionais, o que permite o uso sustentável dos recursos naturais, pois possibilitam regulação da quantidade e da qualidade de água, equilíbrio climático e manutenção da qualidade do ar, áreas verdes para lazer e atividades e educacionais, além de, ao mesmo tempo, fornecer proteção à fauna e flora (FRAZÃO, 2017).

Nesse contexto, com a necessidade de se estabelecer critérios e normas para a gestão dessas Unidades de Conservação (UC), foi sancionada no Brasil a Lei nº 9.985/2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC) a qual define UC como "superfície de terra ou mar consagrada à proteção e manutenção da diversidade biológica, assim como dos recursos naturais e dos recursos culturais associados, e manejada através de meios jurídicos e outros meios eficazes".

A Lei 9.985/2000 estabeleceu com base nas características específicas das áreas naturais protegidas dois grandes grupos de unidades de conservação:

a) Unidades de Proteção Integral, em que se inserem as áreas criadas com o objetivo de preservar a natureza e manter os ecossistemas livres de alterações causadas pela ação humana. Nessas unidades, só é permitido o uso indireto dos recursos naturais, exceto nos casos previstos em lei;

b) Unidades de Uso Sustentável, estando inseridas nesse grupo as unidades de conservação que têm como objetivo básico a utilização da natureza de maneira compatível com a sustentabilidade, sem colocar em risco sua dinâmica natural, a fim de garantir perenidade de parcela dos recursos naturais (BRASIL, 2000).

O Estado do Maranhão também aderiu à política de Conservação Ambiental, atualmente, sob responsabilidade da Secretaria do Estado de Meio Ambiente e de Recursos Naturais - SEMA (FRAZÃO, 2017). É importante ressaltar que as primeiras iniciativas políticas destinadas à proteção dos ecossistemas maranhenses ocorreram na década de 1940, quando

remanescentes do bioma amazônico localizado no território ludovicense (área da sub-bacia do Batatã) foi declarado pelo Poder Público Federal como Floresta Protetora dos Mananciais Abastecedores do município de São Luís, criada por meio do Decreto-Lei 6.883/1944 (CORREIA, 2011).

Atualmente, o Maranhão possui quinze UCs cuja gestão é de responsabilidade da SEMA e ICMBIO. De acordo com Frazão (2017), a maior parte dessas UCs está localizada no bioma cerrado, especificamente, em locais de conflitos fundiários onde a disputa por terras é contínua, ocasionando danos ambientais alarmantes e, conseqüentemente, perda de biodiversidade.

Como mencionado anteriormente, a Área de Proteção Ambiental do Maracanã está situada a sudoeste da Ilha do Maranhão, de maneira mais precisa, na zona rural do município de São Luís, distante 26 km do centro da capital maranhense. Limitando-se ao Norte com o rio Maracanã (limite Sul do parque Estadual do Bacanga), ao Leste com a BR 135, a Oeste pelo módulo 09 do Distrito Industrial de São Luís e ao Sul pelo bairro Rio Grande (FRAZÃO, 2017).

A APA possui uma riqueza ambiental incontestável e de significado singular para a Ilha do Maranhão, pois abriga resquícios do que fora anteriormente a paisagem natural da região com suas matas de galeria margeadas por vegetação de juçaraís e buritizais, caracterizando a parte alagada; babaquais, cupuaçu, abricó entre outras espécies amazônicas, caracterizando as matas de sítio, além disso, contém espécies normalmente vistas no cerrado como o bacuri, o ipê amarelo, o pau-marfim entre outras remanescentes das matas de várzea como o guanandi e a uncurana (ARAÚJO et al, 2009).

Segundo Araújo (2012), o bairro Maracanã surgiu entre os anos de 1875 e 1888, fazendo parte nesse período da Freguesia de São Joaquim do Bacanga. A população do povoado era pequena e sobrevivia da pesca e atividades agropecuárias como roças e criação de pequenos e médios animais. Nessa época, utilizavam os recursos naturais como a floresta e o rio somente para suprirem as necessidades básicas como alimentação, construção de pequenas moradias e uso medicinal. O rio Maracanã, por exemplo, era tão vivo que possibilitava a navegação por canoagem, a propósito, esse era o principal meio de transporte ligando o povoado Maracanã ao centro de São Luís durante o século XIX.

Todavia, o crescimento urbano tem ocorrido intensivamente em todo o Brasil desde os anos de 1960, e em São Luís (MA) não foi diferente. Segundo De Moraes et al. (2017), a expansão urbana da capital maranhense

aumentou consideravelmente nas últimas 3 décadas, principalmente em áreas protegidas por lei, como é o caso da APA do Maracanã.

Atualmente, a UC apresenta um quadro crítico de diminuição dos recursos naturais. Os ecossistemas estão sendo destruídos devido ao aumento da construção de conjuntos habitacionais, malhas hidroviárias entre outros, que além de acarretar a devastação da cobertura vegetal, têm intensificado os processos erosivos e o assoreamento dos rios (DE MORAIS et al., 2017).

De acordo com Frazão (2017), a construção de unidades habitacionais oriundas do Programa Minha Casa Minha Vida dentro da APA, teve como consequência uma destruição ambiental que foi visível a todos (moradores e visitantes), já que poluiu as águas do rio, desmatou áreas de matas florestais e ciliares, e resultou em consequências gravíssimas a importantes cursos de água do Maracanã, como é o caso do riacho Ambude que teve sua nascente seriamente comprometida pelo desmatamento e consequente soterramento.

As nascentes formam importantes ecossistemas hídricos e são protegidos pela Lei Federal nº 12.651 de maio 2012, o seu artigo 4º explana: “considera-se área de preservação permanente, pelo efeito da lei, as áreas situadas nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados olhos d’água, qualquer que seja sua situação topográfica, devendo ter no mínimo um raio de 50 metros de largura” (BRASIL, 2012 apud CAMPOS, 2018). Contudo, esse recurso natural encontra-se ameaçado pela atuação impactante do homem nas bacias hidrográficas, devido às cargas poluidoras lançadas na natureza e a remoção da cobertura vegetal (PINTO, 2003, p. 1 apud Gonçalves, et al., 2018).

Essa problemática põe em risco a manutenção dos brejais (as áreas alagadas que havia em abundância na APA e hoje estão sendo cada vez mais suprimidas). Além disso, a UC possui ainda outras problemáticas, como a caça ilegal e predatória, o desmatamento para retirada de madeira, a extração de minerais como laterita e areia e o assoreamento do curso do rio Maracanã (FRAZÃO, 2017).

Nesta perspectiva, observa-se que a Área de Proteção Ambiental (APA) do Maracanã é um espaço propício para desenvolver ações educativas com a comunidade local, com o intuito de contemplar a necessidade de proteção e preservação deste importante ecossistema.

Educação Ambiental: Política Nacional de Educação

A Educação Ambiental é direcionada para a formação e conscientização dos indivíduos acerca dos

problemas ambientais e a conservação dos recursos naturais. De natureza interdisciplinar, ela vem sendo pauta de discussões em esfera global desde a década de 1940, com a criação da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), um órgão da Organização das Nações Unidas (ONU), que deu início aos debates sobre EA em âmbito global mobilizando governos e entidades da sociedade civil (BARBIERI, SILVA, 2011).

Importa ressaltar que, foi a partir da década de 1960 que os problemas ambientais ganharam foco e passaram a ser discutidos mundialmente. A atenção com a construção de ferramentas e mecanismos para a conscientização da sociedade, bem como para contenção da destruição do meio natural ganharam força a partir da publicação do livro de Rachel Carson intitulado “Primavera Silenciosa” (1962), que alertava sobre o uso desmedido de pesticidas na produção agrícola. O livro de Carson contribuiu de forma significativa para o debate, levando o governo dos Estados Unidos da América a criar a Environmental Protection Agency (EPA) (SANTOS; SILVA, 2017).

Em 1966, o industrial italiano Aurélio Peccei em parceria com o cientista escocês Alexander King fundaram o “Clube de Roma”, com a finalidade de chamar a atenção da população mundial sobre os riscos oriundos do crescimento econômico capitalista, assentado na intensificação da exploração dos recursos ambientais não renováveis (MANZATTO, 2020). O clube ganhou expressão e, nos anos posteriores, tornou-se conhecido mundialmente com a publicação do relatório “Os Limites do Crescimento”, feito por um grupo de cientistas do Massachusetts Institute of Technology - MIT (LARA, 2017).

O Relatório MIT expressou a sua relevância ao despertar a consciência de muitos países sobre os impactos negativos da exploração dos recursos naturais e da degradação ambiental, contribuindo para a organização da I Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente, realizada em Estocolmo (1972), sob a coordenação da Organização das Nações Unidas - ONU (LARA, 2017). Na esteira desse processo, a ONU indicou a primeira-ministra da Noruega, Gro Halem Brundtland, para liderar uma comissão mundial para empreender estudos acerca do meio ambiente e o desenvolvimento econômico capitalista (SANTOS, 2017).

A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano (CNUMAH), também conhecida como Conferência de Estocolmo, teve como um de seus resultados a “Declaração sobre o Ambiente Humano”, que se trata de um documento composto por 26 princípios

voltados à preservação e melhoria do meio ambiente humano, com destaque ao princípio 19 (CNUMAH, 1972).

O Art. 225 da Constituição Federal de 1988 (CF/1988) declara que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Nesse contexto, no Brasil, a preocupação com a legislação ambiental remete às suas origens à promulgação da Política Nacional do Meio Ambiente - Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que tem como finalidade “a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento socioeconômico aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (BRASIL, 1981).

Sendo assim, a Política Nacional de Educação Ambiental (Lei Federal nº 9.795/99) dispõe de quatro capítulos enfatizando a Educação Ambiental como um processo de construção no qual depende do indivíduo e da coletividade a formação de princípios e valores voltados para a proteção e conservação do meio ambiente, para garantia das mais variadas formas de vida na biosfera (BRASIL, 2021).

O artigo 3º (Lei Federal 9.795/99) é composto por seis parágrafos que definem a Educação Ambiental como um processo amplo, incumbindo o poder público, instituições educativas, empresas e a sociedade civil na garantia de promover a Educação Ambiental de forma integrada com todos os segmentos da sociedade.

Destaca-se a seguir as disposições mais significativas, conforme Dias (2004): Cabe ao Poder Público, nos termos dos artigos 205 e 225 da Constituição Federal, definir políticas públicas que incorporem a dimensão ambiental em todos os níveis de ensino; às instituições educativas, promover a educação ambiental de maneira integrada aos programas educacionais; aos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente, promover a educação ambiental integrada aos programas

de desenvolvimento sustentável; aos meios de comunicação, colaborar de maneira permanente na difusão de informações e práticas educativas sobre o meio ambiente; às empresas, instituições públicas e privadas, promover programas designados à capacitação dos trabalhadores, tendo por objetivo a melhoria do ambiente; à sociedade como um todo, manter atenção permanente à formação de valores, atitudes e habilidades que propiciem ao indivíduo uma formação individual e coletiva voltada para proteger e conservar o meio ambiente.

Assim, a educação ambiental é um instrumento eficaz quando se trata de sensibilizar e/ou educar a sociedade sobre as questões ambientais, independentemente do nível de escolaridade ou da idade do indivíduo (SILVA, 2018). Nesse sentido, com uma EA permanente e efetiva dentro da sociedade, a relação homem com a natureza pode começar a ser transformada.

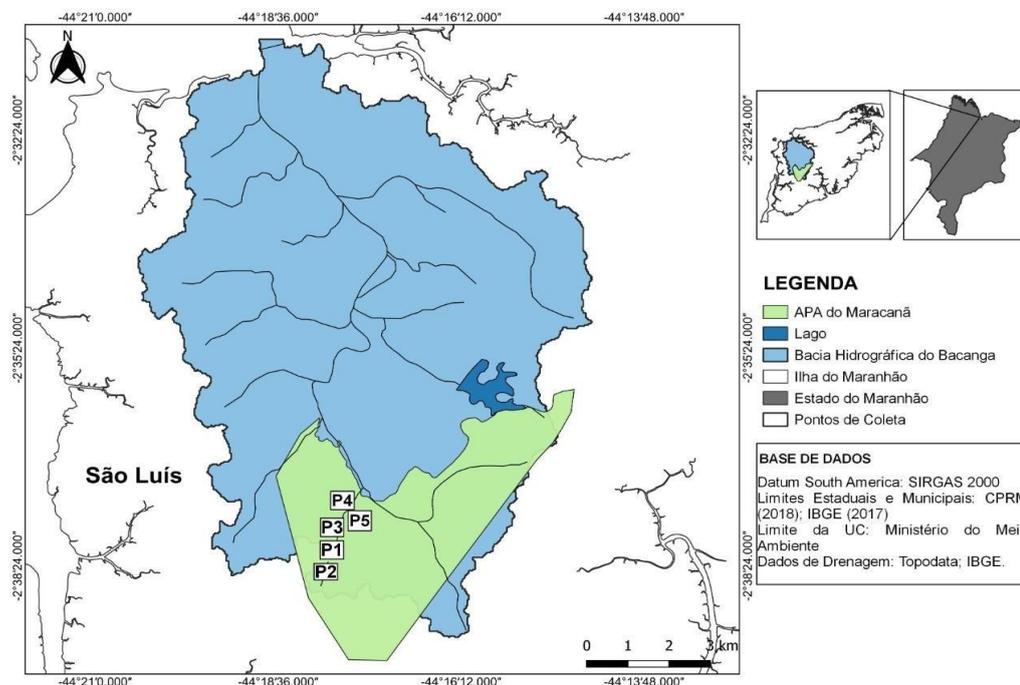
MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo localiza-se na Área de Proteção Ambiental (APA) do Maracanã, pertence ao grupo de Unidades de Conservação de uso sustentável, encontra-se a 18 km do centro de São Luís, com área total de 1.831 há (MENDONÇA, 2012). O mapa da coordenados dos pontos de coleta da nascente APA do Maracanã estão representados na Figura 1.

As coletas das amostras foram demarcadas pelas coordenadas geográficas dos cinco pontos das nascentes da APA do maracanã, as coordenadas foram obtidas utilizando o GPS Garmin marca Striker4. Os pontos de coletas denominadas por P1, P2, P3, P4 e P5, onde os pontos, correspondem respectivamente as coordenadas: S 02° 63' 068'' e W 44° 29' 678'' para P1, S 02° 30' 91'' e W 44° 29' 663'' para P2, S 02° 62' 793'' e W 44° 29' 586'' para P3, S 02° 62' 623'' e W 44° 29' 480'' para P4 e S 02° 26' 809'' e W 44° 93' 24'' para P5, coordenadas essas obtidas nos períodos de maio, julho e setembro de 2021.

Figura 1. Mapa de localização da APA. Fonte: Autora, (2021).



Procedimento Experimental: Análises físico-químicas e microbiológicas

As medidas das amostras foram realizadas no Laboratório de Ciências Ambientais da Universidade Ceuma-LACAM. As variáveis dos parâmetros foram: turbidez (NTU), condutividade (CE), potencial hidrogeniônico (pH), salinidade (SAL), (nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), sólido total dissolvido (TDS), fosforo total (PT), dureza/ CaCO_3/Mg (mg/L) e dureza/ CaCO_3/Ca (mg/L), oxigênio dissolvido (OD), foi feito pelo equipamento Sonda Multiparâmetro da marca HORIBA/U50 e as bacteriológicas pelo método do COLItest®, todas as medidas foram feitas com base nos Métodos para as Análises de Águas, Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

Para o procedimento de determinação do NO_2^- , NO_3^- , PT, Ca^{+2} e dureza/ $\text{CaCO}_3 / \text{Mg}^{+2}$ adicionou-se 5 mL da amostra e 5 mL do reagente A, tampando o frasco e agitando-o por 5 segundos. Em seguida, foi adicionada 0,01mg do reagente C com auxílio de uma espátula, homogeneizando por 1 min. Após todos esses procedimentos, a mistura foi mantida em repouso por 9 min e fez-se a leitura no comprimento de onda 220 nm, leitura feita através do espectrofotômetro marca Hanna instrumets HI83200 Multiparameter Photometer. Os mesmos procedimentos foram adotados para análise do

NO_3^- , adicionando-se somente o reagente B. Após isso, foi feita a leitura no comprimento de onda 220nm, espectro instrumento Hanna instrumets HI83200 (SILVA et al.,2012 APHA, 2017).

Para a análise microbiológica foi utilizado o Kit Colitest. Adicionou-se o meio de cultura COLItest® e foram homogeneizadas as amostras, incubando-as em estufas a 37°C. A prova de Indol foi realizada para confirmação de presença de *Escherichia coli*, portanto foi utilizada 20 mL da amostra em um tubo de ensaio, em seguida, a amostra foi levada para revelação em luz UV após adição de 3 gotas do revelador de Indol. O teste acusou resultado positivo, mediante a formação de um anel vermelho. Após a verificação, semeou o mesmo na superfície do meio de cultura Agar EMB (Eosin Methylene Blue Agar), para obtenção e identificação da colônia da bactéria *E-coli* (SILVA et al., 2018; MUNIZ et al.,2020).

Após incubação, fez-se a leitura das colônias típicas de bactérias do grupo coliformes termotolerantes. Após a obtenção dos resultados, são comparados com os parâmetros determinados pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Análise Estatística

O método de análise multivariada é amplamente aplicado para classificação, modelagem e interpretação de grandes conjuntos de dados, e para reduzir o complexo conjunto de dados com a perda mínima da informação original. Análise de Componentes Principais (PCA) é uma técnica de reconhecimento de padrões que agrupa os elementos em classes (clusters), com base em suas semelhanças em uma classe e em diferenças entre classes diferentes. Os dados resultantes do PCA ajudam a interpretar os resultados e indicar padrões (MUNIZ et al., 2020).

RESULTADOS E DISCURSÃO

Avaliação dos parâmetros físico-químicos das amostras da água das nascentes

Os resultados dos parâmetros físico-químicos e os nutrientes (pH, turbidez, condutividade, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, salinidade, nitrato, nitrito, fósforo total, dureza de cálcio e magnésio) da água das nascentes do Maracanã nos três meses maio, julho e setembro de 2021 estão apresentados em médias e desvio padrões nos cinco pontos na Tabela 1 e na Figura 2, com apoio da microbiologia.

Tabela 1. Avaliação dos parâmetros físico-químicos: valores médios dos cinco pontos de amostragem analisados em 2021.

Parâmetros	CONAMA 357/05	Maio	Julho	Setembro
pH	6 a 9	7,97±0,14	4,27±0,47	3,35±0,67
Turbidez	≤100UNIT	28,34±6,63	49,2±31,2	15,36±3,32
CE (μS/cm)	1-100 μS/cm	91,8±37,6	104±35,8	70,4±16,9
OD	5 mg/L	10,9±0,7	8,8±2,7	8,47±3,10
TDS	1000 mg/L	27,5±22,3	67,6±23,4	45,8±11
Salinidade	0,5%	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0
Nitrato	10 mg/L	2,6±1,7	2,7±2,1	15,1±3,41
Nitrito	≤1,0 mg/L	0,04±0,02	0,04±0,03	0,17±0,08
Fosforo Total	1,0 mg/L	1,3±1	4,9±3,7	3,12±1,97
Dureza CaCO ₃ /Ca	40 a 170 mg L ⁻¹	66±42,7	63,6±64,1	75,6±43,2
Dureza CaCO ₃ /Mg	40 a 170 mg L ⁻¹	25±5,5	43,2±36	81±37

CE- condutividade elétrica; OD-oxigênio dissolvido; TDS- sólidos totais dissolvidos; Dureza CaCO₃ - dureza de cálcio; Dureza Mg- dureza de magnésio.

Fonte: Autora, (2021).

De acordo com os resultados observados, houve variações de pH considerando-se os valores encontrados na média dos seis pontos com seus desvios-padrões nos três meses, o menor e maior valor encontrados foram de 3,35±0,67 no mês de setembro e 7,97±0,14 emespectivamente. Observam-se as oscilações das variáveis da média e desvio-padrão de turbidez (15,36±3,32 a 49,2±31,2); para condutividade elétrica (μS/cm) (70,4±16,9 a 104±35,8); para oxigênio dissolvido (8,47±3,10 a 10,9±0,7); para salinidade todas as médias e desvios padrões foram 0,0±0,0, já para TDS (mg/L) (27,5±22,3 a 67,6±23,4). Quanto aos nutrientes das amostras, os valores de NO₂- (mg/L) foram de 0,04±0,02 a 0,17±0,08, para NO₃- (mg/L), (2,6±1,7 a 15,1±3,41); para fósforo total (mg/L) (1,3±1 a 4,9±3,7); dureza de cálcio (63,6±64,1 a 75,6±43,2) e dureza de magnésio (25±5,5 a 81±37).

Os valores de pH encontrados nas amostras analisadas foram predominantemente ácidos em todas as nascentes (maio e julho), resultados estes, em desacordo

com o nível permitido pela CONAMA 357/05 que é de 6 a 9, com exceção ao mês de setembro em que a média dos pontos do pH esteve básica. Os valores encontrados de pH nos meses de maio e julho podem ser justificados pela grande quantidade de chorumes de resíduo de lixo residenciais, localizados nos quintais próximos às nascentes. A variação do pH pode ser explicada pelo aumento de íons quando o nível da água é diminuído, sendo geralmente ocasionada por causas naturais ou ações antrópicas, verificação ocorrida também em um estudo realizado por Belluta et al. (2016).

Os valores de pH entre 6,4 a 6,7 semelhantes encontrados por Silva et al. (2017) em um estudo da qualidade da água da Bacia do Rio Pindaré no município de Tufilândia, onde a predominância de pH ácido no período seco foi relacionada à ausência de vegetação nas margens e à grande quantidade de banhistas no local.

A condutividade elétrica (CE) apresentou uma leve alteração com 104 μS/cm, apenas no mês de julho, mas levando em consideração a relação dos sólidos totais

dissolvidos (TDS) e a condutividade elétrica (CE), é possível afirmar que esses parâmetros estão em acordo com os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 357 de 2005 para águas de classe 3, que é de até 1000 mg/L (TDS) e 100 μ S/cm (CE). Apesar das nascentes serem expostas à comunidade que habita na APA do Maracanã, esses parâmetros são favoráveis. Em estudo de Marmontel e Rodrigues (2015), em quatro nascentes na sub-bacia do Córrego Pimenta, demonstrou que a cobertura do solo (vegetação) e a conservação da vegetação das nascentes têm influência nos valores da CE e TDS.

A turbidez e a salinidade presentes nas amostras apresentaram média e desvio padrões dentro dos limites preconizados pela CONAMA 357/05, a turbidez é diretamente proporcional à presença de materiais em suspensão, e os valores dependem da vazão, da perturbação e da estabilidade do corpo hídrico que se estuda. Valores semelhantes foram encontrados por Soares et al., (2020), em um estudo na sub-bacia do Maracanã, que teve valores baixos de turbidez, com média anual de 27,94 UNT e a máxima de 150 UNT. Pode-se, assim, observar que a turbidez desse corpo hídrico não foi alterada no decorrer dos anos.

O oxigênio dissolvido variou de $8,47 \pm 3,10$ mg/L a $10,9 \pm 0,7$ mg/L. Assim, todos os pontos estão dentro dos valores estabelecidos pela CONAMA 357/05 que estabelece o mínimo 5,0 mg/L de oxigênio dissolvido em corpos hídricos de classe 3. O oxigênio dissolvido (OD) é um parâmetro essencial em um estudo, uma boa quantidade de OD é necessária para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático.

Através dos ensaios de nitrato e nitrito, constatou-se que, em relação a esses nutrientes, todas as nascentes nos meses de maio e julho obedeceram ao que preconiza a resolução citada acima. No entanto, no mês de setembro obteve-se como média e desvio $15,1 \pm 3,41$ mg/L de nitrato, estando em desacordo com a CONAMA 357/05 que atribui 10,00 mg/L como valor máximo de nitrato. De acordo com Silva et al., (2019), geralmente, as concentrações de nitrato em águas com presença de vegetação ciliar são muito baixas, por este ser utilizado em mecanismos bioquímicos de solos e plantas e em processos de desnitrificação.

Quanto à concentração de fósforo nas amostras, todos os pontos estão com valores superiores a 1,0 mg/L da CONAMA,357/05. Este nutriente é um dos

responsáveis pela eutrofização artificial de corpos hídricos, pois o fósforo disponível nas nascentes pode ser de origem natural proveniente de decomposição de organismos orgânicos presentes ou acarretados pelas chuvas no leito do rio ou de origem antrópica com o lançamento de esgotos domésticos, além do desmatamento das matas ciliares, provocando, assim, um impacto muito grande na biota aquática. O trabalho de Donadio, Galbiatti e Paula (2005) e Muniz et al. (2020) em águas de nascentes com diferentes tipos de ocupação de solo, ficou evidente a influência da concentração de fósforo na deterioração da qualidade da água, sendo o uso agrícola o principal causador.

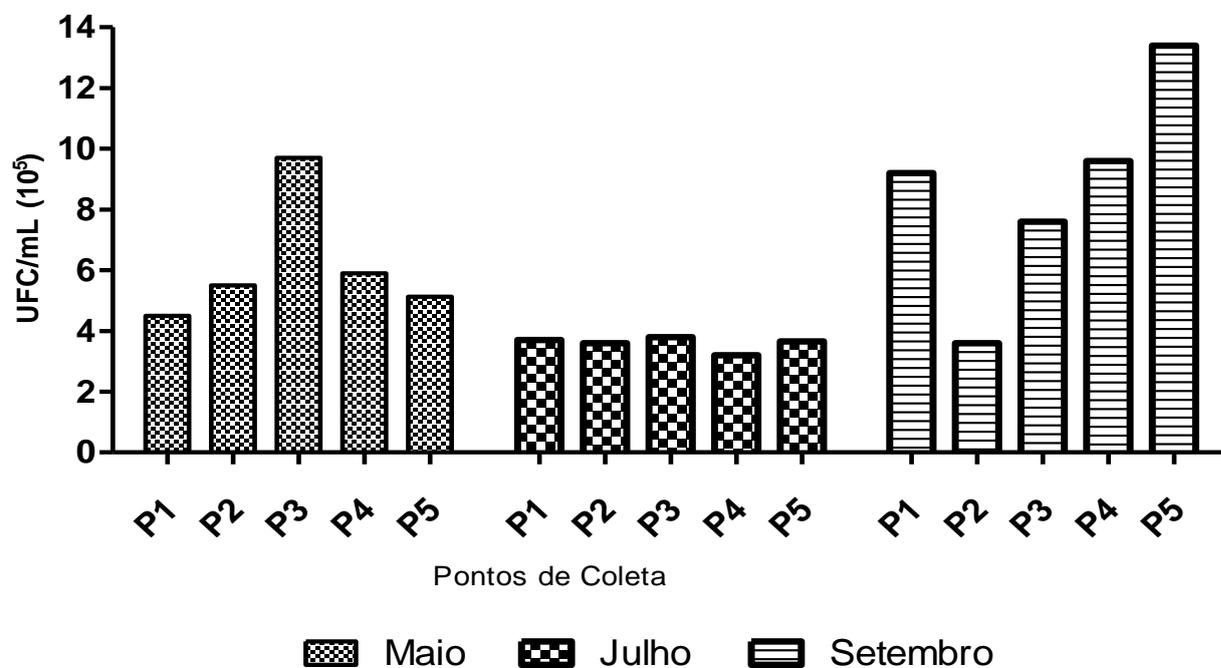
Em contraste com esses dados, todos os resultados de dureza de cálcio e magnésio foram satisfatórios, com valores inferiores a 170 mg L⁻¹. A origem da dureza das águas (cálcio e magnésio) pode ser natural, através da dissolução de rochas calcárias, ricas em cálcio e magnésio. Em corpos d'água de reduzida dureza, a biota é mais sensível à presença de substâncias tóxicas, já que a toxicidade é inversamente proporcional ao grau de dureza da água (BRASIL, 2006).

Os efluentes difusos e pontuais presentes na APA, a alteração nas características naturais no entorno das nascentes, a variação espacial e temporal nos pontos de coleta, corroboraram para a variação das variáveis limnológicas da água em estudo. De modo geral, as variáveis de pH, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, nitrato e fósforo, tiveram maiores alterações dos seus valores médios nos meses de junho e setembro, meses correspondentes ao período transitório e seco, respectivamente. A pouca chuva e a baixa vazão do corpo hídrico nesses períodos pode favorecer nessas alterações presentes no rio, e por se tratar dos meses, quando moradores e visitantes costumam realizar atividades recreativas na área, são alguns dos fatores que podem ter influenciado no aumento do TDS, na diminuição do oxigênio dissolvido, na acidificação do afluente (pH) e nas concentrações de nitrato e fósforo.

Avaliação microbiológica da qualidade da água das nascentes

Os resultados das análises microbiológicas dos pontos amostrais da APA do Maracanã, está apresentado na Figura 2.

Figura 2. Resultados das análises de Coliformes Termotolerantes dos pontos amostrais.



Fonte: Autora, (2021).

Para os resultados das análises microbiológicas da água da APA, especificamente das bactérias termotolerantes, houve importantes alterações entre os pontos, variando de $3,7 \times 10^5$ UFC/mL (P1) a $9,70 \times 10^5$ (P3) no mês de maio, de $3,2 \times 10^5$ (P4) a $3,80 \times 10^5$ (P3); e para o mês setembro oscilou de $1,34 \times 10^5$ (P5) a $9,60 \times 10^5$ (P4), logo, todos os pontos estão em desacordo com o limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/05, ou seja, ≤ 1000 NMP/100mL (UFC/100mL). Constata-se dessa forma um aumento microbiológico no corpo d'água desfavorável ao seu uso para consumo humano.

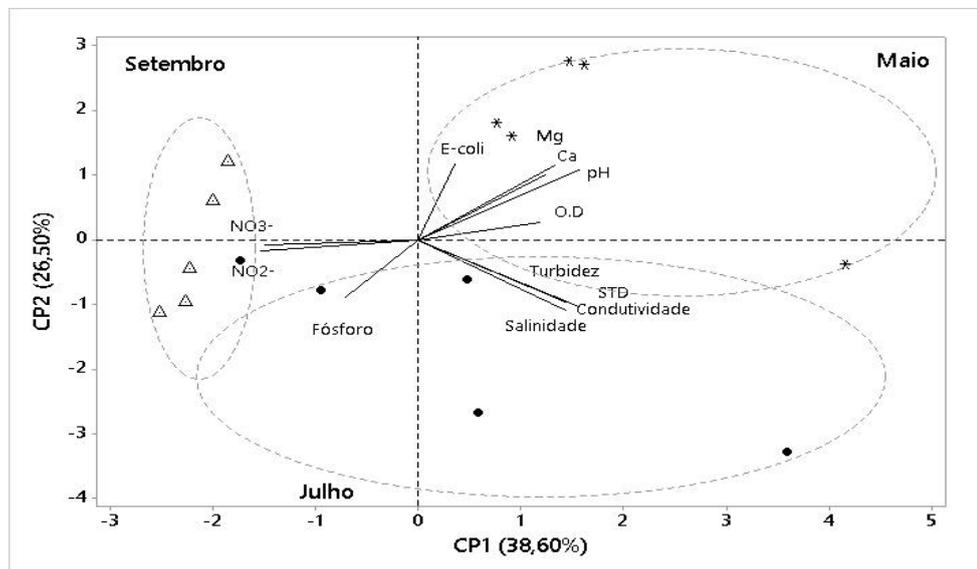
A ocorrência de bactéria *Escherichia coli* (bactéria termotolerante) em grandes quantidades, demonstram que o corpo hídrico se encontra contaminado e inapropriado para atividade de recreação, presume-se que esta contaminação seja proveniente da ação antrópica pela

ação antrópica, principalmente com o lançamento de efluentes domésticos pelos moradores da APA.

Análises Estatística

Com os resultados obtidos verificou-se que as variáveis pH, turbidez, condutividade, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, salinidade, nitrato, nitrito, fosforo total, dureza de cálcio e magnésio e bacteriológicos, foram tratadas mediante a análise estatística de Cluster e na Análise dos Componentes Principais (ACP) a fim de verificar a associação entre as variáveis dos parâmetros relativos aos componentes físico-químicos da água das nascentes analisados e as influências nessa variações do período analisado, de maio a setembro, como mostra a Figura 3.

Figura 3. Análise de componentes principais. Avaliação físico-química da água nos meses estudados. Fonte: Autora, (2021).



Fonte: Autora, (2021).

Foi possível determinar a heterogeneidade espacial e temporal usando análise de componentes principais (PCA) que, claramente, separa as variáveis físico-químicas reunidas em três meses de amostragem. Ainda segundo a PCA, houve diferenciação entre as variáveis nos meses de maio e julho, cujos resultados são considerados similares entre si, isso pode ser explicado através da proximidade com a época de amostragem. O quadrante 1 explica 38,60% das variações de e-coli, pH, dureza (cálcio e magnésio), turbidez, salinidade, condutividade, STD e oxigênio dissolvido no mês de maio, enquanto o quadrante 2 explica 26,50% das variações de nitrito, nitrato e fósforo total nos períodos do mês de julho e setembro.

Assim, observou-se que a variação temporal dos parâmetros estudados pode ser confirmada através da separação dos meses e agrupamentos dos pontos de amostragem. Corroborando Silva et al. (2017) estes tipos de estatística de variação são bem semelhantes, avaliando a influência das variáveis condicionantes: condutividade, pH e sólidos, turbidez, salinidade em suspensão através do PCA, observou que as características do rio Pindaré são diferentes em período seco e cheio, possivelmente influenciado pelas precipitações que parecem interferir na dinâmica físico-química dos pontos.

CONCLUSÃO

Os resultados do diagnóstico da água da APA do Maracanã, quanto aos parâmetros físicos e químicos de fósforo, pH e CE encontram-se fora dos valores permitidos pela CONAMA 357/05, e apenas os parâmetros relativos a nitrito, turbidez, oxigênio dissolvido, salinidade, dureza de cálcio e magnésio permaneceram dentro dos padrões estabelecidos pela mesma norma, resultados esses revelando um desequilíbrio no corpo hídrico analisado.

A análise dos componentes principais revelou que alguns parâmetros como os do pH, CE, nitrato e fósforo são os mais sensíveis à sazonalidade, quanto aos níveis de *E coli*, pois mostram-se diretamente proporcional aos meses da estação chuvosa, indicando um elevado nível de contaminação das nascentes por coliformes fecais. No seu conjunto, a combinação de análise dos componentes físico-químicos e microbiológicos do corpo d'água, forneceu uma base consistente para a formulação de estratégias de gestão das nascentes da APA e de Educação Ambiental das comunidades que habitam essa região.

O corpo hídrico analisado deteriorou-se devido aos vários impactos ambientais presentes na APA, tais como, desmatamento, queimadas, assoreamento das nascentes, lançamento de esgoto *in natura*, dentre outros. Portanto, a percepção ambiental e a consequente educação ambiental são importantes ferramentas de sensibilização e mobilização da comunidade no sentido de articular juntamente aos órgãos governamentais e políticas públicas

apoio orçamentário para o desenvolvimento e execução de projetos

AGRADECIMENTOS

Agradecimento a Universidade Ceuma, pela pesquisa no laboratório de Ciência do Ambiente (LACAM).

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006a. 252 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

BRASIL. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF: Presidência da República, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 21 abr. 2021.

BRASIL. Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a Educação Ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília, DF: Presidência da República/Casa Civil, 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm>. Acesso em: 22 abr. 2021.

CONFERÊNCIA INTERGOVERNAMENTAL DE TBILISI (CIT). Declaração da Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental. Geórgia, União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), 14-26 out. 1977. Acesso em: 20 mar. 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução n°357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>.

DONADIO, Nicole MM; GALBIATTI, João A.; PAULA, Rinaldo C. de. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. Engenharia Agrícola, v. 25, p. 115-125, 2005.

FRAZÃO, Ana Claudia dos Santos. DIVERSIDADE FLORÍSTICA DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO MARACANÃ EM SÃO LUÍS/MA: Implicações para o manejo e conservação. 2017.

GOMES, E. Diagnóstico e Avaliação Ambiental das Nascentes da Serra dos Matões, Município de Pedro II Piauí. Tese (Doutorado em Geografia) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, p.17.2015.

MARTINS, A. L. P. Avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Bacanga (São Luís - MA) com base em variáveis físico-químicas, biológicas e populacionais: subsídios para um manejo sustentável. 2008. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas), Universidade Federal do Maranhão. 2008.

MUNIZ, J. N. ; D., K. ; BRAGA, F. H. Ramos ; LIMA, Neuriane S. ; SILVA, DARLAN F. ; FIRMO, WELLYSON C. A. ; BATISTA, Márcia R. V. ; SILVA, Flor

M. A. M. ; Miranda, rita de c. M. ; SILVA, M. R. C. . Limnological Quality: Seasonality Assessment and Potential for Contamination of the Pindaré River Watershed, Pre-Amazon Region, Brazil. Water , v. 12, p. 851, 2020.

SILVA , T. G. N.; SILVA, M. R. Ch. Avaliação das Concentrações de Metais Pesados no Sedimento das Nascentes da APA do Maracanã, São Luís- MA. Quim.nova, vol- 2015.

SILVA, A. dos S. Percepção ambiental dos frequentadores e estudo dos impactos do Parque Ecológico Laguna da Jansen. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental; 2012.

SILVA, M.R.C.; SANTOS, C.M.C. Gestão de qualidade da água nas nascentes da APA do Maracanã, São Luís – MA, 2015.

SILVA, M. W. X. da; SANTOS, E. A. dos; JESUS, Cristina Viana de. Avanços e Desafios na Educação Ambiental. Após a conferência Rio+20: uma revisão da literatura XX ENGEMA DEZ 2018.

SOARES, Leonardo Silva et al. ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS: ESTUDO DE CASO DAS SUB-BACIAS DO BATATÃ E MARACANÃ, SÃO LUÍS/MA. Planeta Amazônia: **Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 11, p. 93-105, 2020.

MENDONÇA, D. J. FERNANDES; CÂMARA, R. J. B. Educação ambiental em unidades de conservação: um estudo sobre projetos desenvolvidos na APA do Maracanã. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia-SEGET**, 2012.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de balneabilidade das praias paulistas**. São Paulo: CETESB, 2010.

BELLUTA, Ivalde et al. Qualidade da Água, Carga Orgânica e de Nutrientes na Foz do Córrego da Cascata: Contribuição da Sub-Bacia para a Represa de Barra Bonita, Rio Tietê (SP) (WaterQuality, OrganicLoadingandNutrientLoading in theMouthof Cascata Brook: The Subbasin...). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 1, p. 305-318, 2016.

SILVA, M. R. C., da Silva, L. V., Barreto, L. N., Rodrigues, E. H. C., de Miranda, R. D. C. M., Bezerra, D. S., & Pereira, D. C. A. (2017). Qualidade da água da bacia do rio Pindaré, nos trechos correspondentes aos municípios de Pindaré-Mirim, Tufilândia e Alto Alegre no estado do Maranhão. **Águas Subterrâneas**, 31(4), 347-354.