CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DE USO SUSTENTÁVEL SOB PRESSÃO ANTRÓPICA: ESTUDO DE CASO NA APA DO MARACANÃ, SÃO LUÍS – MA

Terezinha de Jesus Silva Oliveira [1]; Dandara Figueredo Lima [2]; Raissa Azevedo Mendonça [3]; Thiago de Morais Chaves[4]; Thiago Gomes Lisboa[5]; Thiago Oliveira Araújo[6]; Alamgir Khan[7] & Raquel Maria Trindade Fernandes[8].

RESUMO – O presente estudo avaliou parâmetros físico-químicos e microbiológicos de águas subterrâneas em poços localizados na Área de Proteção Ambiental do Maracanã, em São Luís – MA, considerando a influência das transformações no uso e ocupação do solo sobre os recursos hídricos. As coletas foram realizadas em outubro de 2025 em cinco poços, sendo dois destinados ao abastecimento público e três de uso particular. Foram analisados parâmetros físico-químicos in loco e em laboratório, além da investigação microbiológica pelo método COLItest®. Os resultados evidenciaram predominância de áreas urbanizadas na unidade de conservação, indicando intensa pressão antrópica. Em relação à qualidade da água, verificaram-se inconformidades nos valores de pH e turbidez em parte das amostras, além da presença de coliformes totais e *Escherichia coli* em três poços analisados, em desacordo com os padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Os dados indicam vulnerabilidade sanitária dos poços e possível influência da expansão urbana e da deficiência de infraestrutura sanitária sobre os recursos hídricos subterrâneos.

Palavras-chave: potabilidade; contaminação fecal; recursos hídricos.

ABSTRACT– This study evaluated physicochemical and microbiological parameters of groundwater from wells located in the Maracanã Environmental Protection Area, in São Luís, Maranhão, considering the influence of land use and land cover changes on water resources. Samples were collected in October 2025 from five wells, including two used for public supply and three for private use. Physicochemical parameters were analyzed both in situ and in laboratory, in addition to microbiological investigation using the COLItest® method. The results revealed a predominance of urbanized areas within the conservation unit, indicating significant anthropogenic pressure. Regarding water quality, nonconformities were observed in pH and turbidity values in part of the samples, as well as the presence of total coliforms and *Escherichia coli* in three analyzed wells, in disagreement with the standards established by GM/MS Ordinance No. 888/2021. The findings indicate sanitary vulnerability of the wells and possible influence of urban expansion and inadequate sanitation infrastructure on local groundwater resources.

Keywords: potability; fecal contamination; water resources.

[1)] Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), São Luís–MA, Brasil, terezinhaoliveira1794@gmail.com
[2)] Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), São Luís–MA, Brasil, *dandalimaf@gmail.com*
[3)] Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), São Luís–MA, Brasil, *ra4351034@gmail.com*
[4)] Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), São Luís–MA, Brasil, *thiagokairos99@gmail.com*
[5)] Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), São Luís–MA, Brasil, *thiagolisboag@gmail.com*
[6)] Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), São Luís–MA, Brasil, *thiagoaraujo012005@gmail.com*
[7)] Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), São Luís–MA, Brasil, *alamgir.uema@gmail.com*
[8)] Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), São Luís–MA, Brasil, *raquelfernandes@professor.uema.br*

INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas representam importante fonte de abastecimento para populações urbanas e rurais, especialmente em áreas com deficiência nos sistemas públicos, tornando o monitoramento da qualidade da água essencial para a segurança hídrica e a proteção da saúde pública, segundo Diniz *et al.* (2021).

Embora os aquíferos possuam mecanismos naturais de proteção proporcionados pelas características do solo e das formações geológicas, a expansão urbana, a ocupação irregular e a deficiência do saneamento básico aumentam a vulnerabilidade à contaminação, favorecendo a infiltração de poluentes e comprometendo a qualidade das águas subterrâneas, por Franco e Arcos (2020).

A Área de Proteção Ambiental do Maracanã constitui uma unidade de conservação de uso sustentável sujeita à expansão urbana e às transformações no uso do solo, fatores que aumentam a vulnerabilidade dos recursos hídricos subterrâneos. Além da relevância ecológica, a área abriga importantes recursos hídricos e expressiva diversidade sociocultural vinculada às comunidades tradicionais locais, segundo Barbosa Filho (2025).

Nesse contexto, a avaliação da qualidade da água subterrânea constitui importante ferramenta para identificar alterações decorrentes da ação antrópica. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água de poços localizados na APA do Maracanã, por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, verificando sua conformidade com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 e discutindo a influência do uso e ocupação do solo sobre esses recursos hídricos.

METODOLOGIA

Área de Estudo

A APA do Maracanã (Figura 1), foi criada pelo Decreto Estadual nº 12.103, de 1º de outubro de 1991, e localiza-se no município de São Luís, Maranhão. A unidade possui área aproximada de 1.831 hectares e integra o grupo das unidades de conservação de uso sustentável, de acordo com Barbosa Filho (2025). A APA do Maracanã apresenta elevada relevância ambiental e sociocultural, caracterizando-se pela presença do bioma amazônico e importantes recursos hídricos que contribuem para a manutenção da biodiversidade. A área também abriga comunidades tradicionais cujas práticas culturais e modos de vida estão historicamente relacionados ao uso sustentável dos recursos naturais, destacando-se manifestações culturais como a festa da juçara, e o Bumba Meu Boi, segundo Correia (2021).

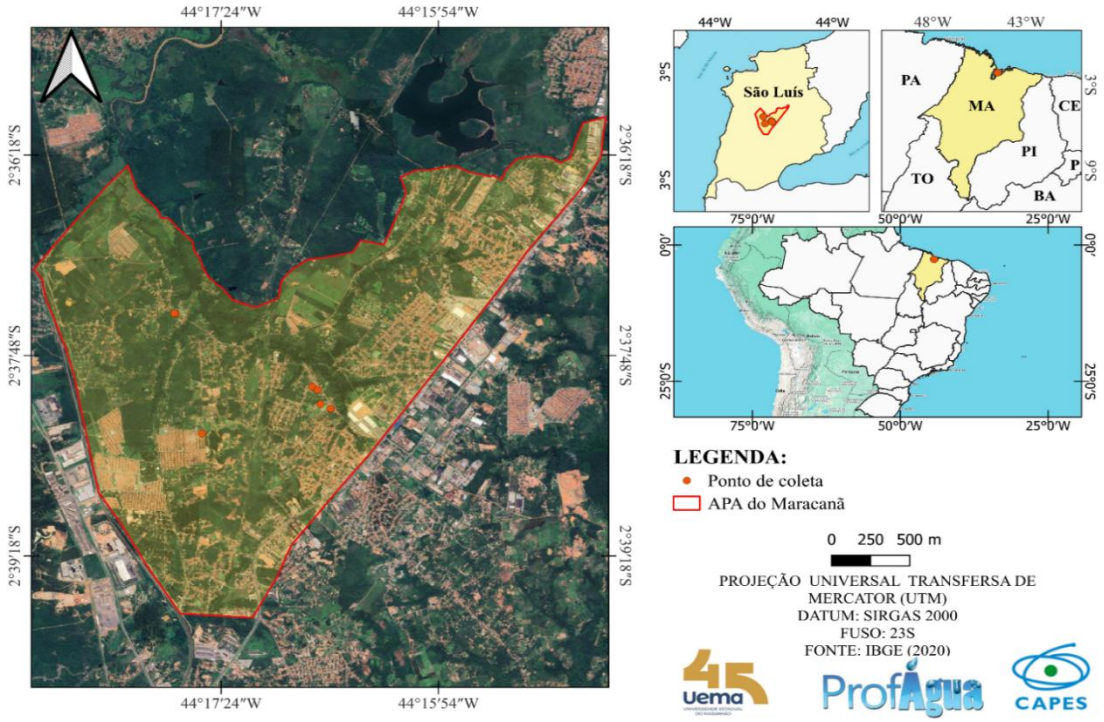


Figura 1 – Mapa de Localização da Área de Estudo
Fonte: Autores (2026)

Coleta e análise de dados

A coleta das amostras foi realizada em 23 de outubro de 2025, em cinco poços de captação de água subterrânea, sendo dois poços tubulares operados pela Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA) para abastecimento público e três poços artesianos de uso particular. As amostras foram coletadas em triplicata, acondicionadas em frascos de polietileno de 500 mL previamente esterilizados e identificados, adotando-se procedimentos para evitar contaminações externas e garantir a integridade das amostras. Posteriormente, foram armazenadas em caixa térmica com gelo até a realização das análises laboratoriais no Laboratório Paracelso de Análises Químicas da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) – Campus Paulo VI. Os procedimentos adotados garantiram maior confiabilidade dos resultados e possibilitaram avaliação detalhada da qualidade da água e dos possíveis impactos das atividades antrópicas sobre os recursos hídricos.

Tabela 1: Resultados das análises de parâmetros físico-químicos, in-loco e microbiológico.

PARAMETRO	P1	P2	P3	P4	P5	Valor Máximo
Temperatura °C	28,8	27,2	28,2	27,8	31,4	NE
pH	4,72	5,48	5,32	3,84	6,27	6,0 a 9,5*
Condutividade Elétrica (µS/cm)	243	115,5	208	154,8	57,8	NE
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,8	7,8	7,4	6,9	11,5	NE
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	120	57,5	102	77,2	29	≤1000*
Salinidade (ppt)	0,12	0,06	0,10	0,07	0,03	NE
Gás Carbônico Livre (mg/L)	3,3	6,3	4,6	6,3	2	NE
Dureza Total (mg/L CaCO3)	19,4	34,6	44,6	38	23,4	300

Alcalinidade (mg/L)	35,4	38	34,0	32,6	29,4	NE
Cloretos (mg/L)	0,05	0,03	0,04	0,03	0,01	≤250*
Turbidez (uT)	3,7	5,92	19,02	1,59	2,33	≤ 5,0*
Coliformes Totais	A	P	P	P	A	Ausência em 100 mL*
Escherichia coli (E. coli)	A	P	P	P	A	Ausência em 100 mL*

NE: Não Especificado; **(*):** Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021.

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

Foram analisados parâmetros físico-químicos e microbiológicos para avaliação da qualidade da água, conforme os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 (Tabela 01). As variáveis temperatura (°C), pH, condutividade elétrica (µS/cm), oxigênio dissolvido (mg/L), sólidos totais dissolvidos (mg/L) e salinidade (ppt) foram determinadas in loco.

As análises microbiológicas foram realizadas pelo método COLItest®, utilizando kits comerciais com substratos cromogênicos e fluorogênicos específicos para detecção simultânea de coliformes totais e *E. coli*. As amostras foram incubadas a 37°C por período de 18 a 48 horas, sendo a presença de coliformes identificada pela alteração de coloração do meio e a confirmação de *E. coli* realizada sob luz ultravioleta e teste de indol. O método empregado é validado pela American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF), sendo amplamente utilizado em análises microbiológicas de água; Rompré *et al*. (2002). Os parâmetros físico-químicos foram determinados conforme APHA (2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dinâmica de uso e ocupação do solo na APA do Maracanã

A dinâmica de uso e ocupação do solo da APA do Maracanã é apresentada na Figura 2. A distribuição espacial das classes de uso e cobertura do solo demonstra que a APA do Maracanã apresenta significativa ocupação humana. De acordo com Lemos *et al.* (2025), a intensificação da urbanização e a ampliação de áreas sem cobertura vegetal promovem mudanças significativas na configuração ambiental da unidade de conservação, favorecendo processos como impermeabilização do terreno, diminuição da vegetação nativa e maior suscetibilidade dos recursos hídricos subterrâneos à degradação ambiental.

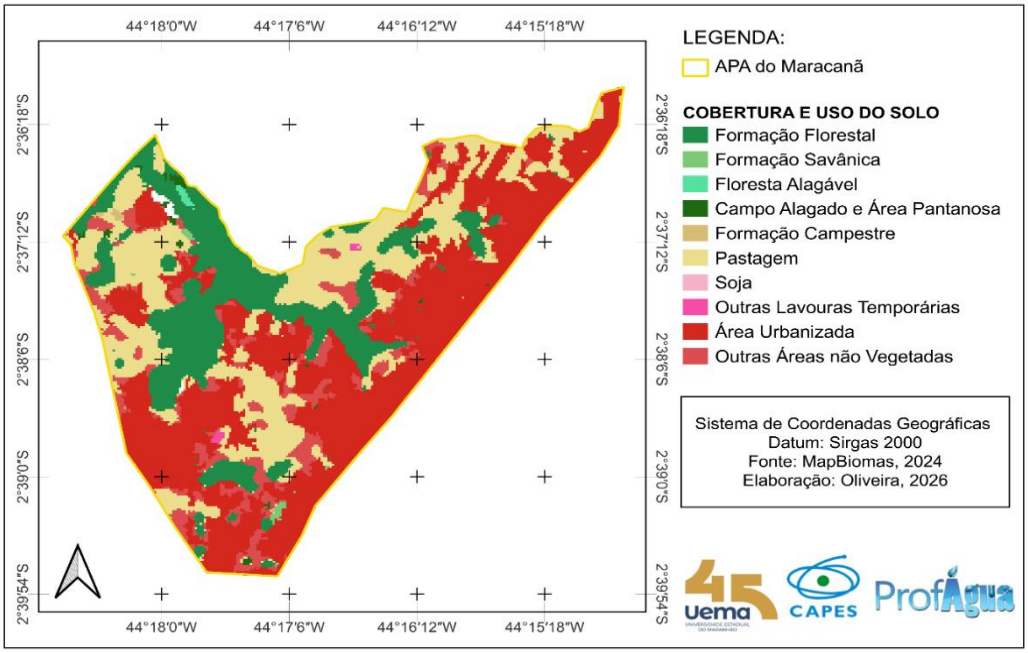


Figura 2 – Mapa de Uso e Ocupação de Solo
Fonte: Autores (2026)

A quantificação das classes de cobertura e uso do solo identificadas na área de estudo encontra-se apresentada na Tabela 2.

Tabela 2: Área ocupada por classe de cobertura e uso do solo

COBERTURA E USO DO SOLO	ÁREA EM KM²
Soja	0.000889
Floresta Alagável	0.032004
Outras Lavouras Temporárias	0.032894
Formação Campestre	0.049785
Formação Savânica	0.057786
Campo Alagado e Área Pantanosa	0.095124
Outras Áreas não vegetadas	2.078,514
Formação Florestal	4.421,065
Pastagem	5.496,772
Área Urbanizada	9.554,231

Fonte: Map Biomas (2024)

Os resultados evidenciaram predominância da classe área urbanizada, correspondendo a aproximadamente 9.554,231 km² da área analisada, seguida pelas classes pastagem (5.496,772 km²) e formação florestal (4.421,065 km²). Segundo Azevedo *et al.* (2020), o avanço da área urbanizadas na APA do Maracanã evidencia a intensa pressão antrópica, promovendo alterações significativas na dinâmica de uso e cobertura do solo. Tal cenário reforça a vulnerabilidade ambiental da área, especialmente em relação à conservação dos recursos naturais e à manutenção das funções ecológicas desempenhadas pela APA do Maracanã. De acordo com Morais e Moreira (2026), a expansão urbana desordenada e a deficiência de infraestrutura sanitária favorecem o lançamento de efluentes e a

infiltração de contaminantes no solo, comprometendo a qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

De acordo com Morais e Moreira (2026), a expansão urbana desordenada e a deficiência de infraestrutura sanitária favorecem o lançamento de efluentes e a infiltração de contaminantes no solo, comprometendo a qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

Em áreas desprovidas de sistemas públicos de coleta e tratamento de esgoto, como na APA do Maracanã, a utilização de fossas sépticas e, principalmente, de fossas rudimentares representa uma importante fonte potencial de contaminação dos aquíferos. Segundo Albuquerque e Silva (2024), a falta de manutenção desses sistemas favorece a infiltração de efluentes domésticos no solo, permitindo o transporte de microrganismos patogênicos e nutrientes, como compostos nitrogenados e fosfatados, até as águas subterrâneas.

Segundo Matos (2013), o uso de fertilizantes e outros insumos agrícolas favorece a lixiviação de nutrientes, especialmente nitrato e fosfato, comprometendo a qualidade das águas subterrâneas. Na APA do Maracanã, onde existem áreas de pastagem e pequenas atividades agrícolas, esse processo representa uma potencial fonte de contaminação dos aquíferos.

Caracterização Físico-química da Água Subterrânea

Os resultados das análises físico-químicas das águas subterrâneas coletadas na APA do Maracanã encontram-se apresentados na Tabela 1. De modo geral, observou-se baixa variabilidade entre os parâmetros relacionados à mineralização da água, como sólidos totais dissolvidos, salinidade, dureza, alcalinidade e cloretos, os quais permaneceram dentro de faixas normalmente observadas para águas subterrâneas de baixa mineralização.

Em relação aos parâmetros de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, os resultados de pH e turbidez apresentaram inconformidades em parte dos poços analisados. Os valores de pH variaram entre 3,84 e 6,27, sendo que os pontos P1, P2, P4 e P5 apresentaram valores inferiores ao intervalo recomendado para consumo humano (6,0 a 9,5), evidenciando predominância de águas ácidas na área de estudo. De acordo com Soares *et al.* (2023), os valores ácidos identificados nas amostras de água subterrânea podem estar relacionados tanto às características naturais do meio, quanto às influências antrópicas presentes nas áreas urbanizadas. Os autores destacam que fatores como a presença de substâncias dissolvidas, o lançamento inadequado de resíduos domésticos e a infiltração de matéria orgânica no solo podem contribuir para alterações no pH da água, favorecendo condições de maior acidez.

Os valores de turbidez variaram entre 1,59 e 19,02 NTU, com os pontos P2 e P4 apresentando concentrações superiores ao limite máximo permitido pela legislação vigente (5,0 NTU). Segundo

Rebouças *et al.* (2024), valores elevados de turbidez em águas subterrâneas podem estar associados à maior presença de partículas suspensas, matéria orgânica e sedimentos na água, refletindo possíveis deficiências na proteção dos poços e maior suscetibilidade à contaminação. Os autores destacam que altos níveis de turbidez dificultam o processo de desinfecção, uma vez que as partículas em suspensão podem atuar como barreira de proteção para microrganismos patogênicos, reduzindo a eficiência do tratamento e comprometendo a qualidade da água destinada ao consumo humano.

Os parâmetros condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e carbono livre não possuem limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, porém, segundo Brito *et al.* (2021) são importantes para a caracterização hidroquímica das águas subterrâneas, auxiliando na compreensão das interações entre água, solo e rocha, além da identificação de possíveis influências antrópicas sobre os aquíferos.

Caracterização microbiológica da água subterrânea

Os resultados das análises microbiológicas evidenciaram a presença de coliformes totais e *E. coli* em parte dos poços analisados na APA do Maracanã. De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, águas destinadas ao consumo humano devem apresentar ausência desses microrganismos em 100 ml de amostra. Nesse contexto, os pontos P2, P3 e P4 apresentaram resultados positivos para coliformes totais e *E. coli,* configurando inconformidade com os padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente.

De acordo com Rebouças *et al.* (2024), a presença de coliformes totais em águas subterrâneas evidencia condições de vulnerabilidade sanitária e possível contato da água com fontes de contaminação ambiental. Os autores destacam ainda que a detecção de coliformes termotolerantes e *E. coli* está associada à infiltração de esgoto doméstico, proximidade de fossas sépticas, lançamento inadequado de resíduos e deficiência das condições sanitárias no entorno dos poços, indicando contaminação fecal recente e comprometimento da potabilidade da água.

Embora este estudo tenha priorizado parâmetros físico-químicos básicos e indicadores microbiológicos de contaminação fecal, a presença de *E. coli* sugere que outras substâncias associadas ao esgoto doméstico também possam estar presentes nas águas subterrâneas. Segundo a Organização Mundial da Saúde (2022), essa condição indica a necessidade de investigar possíveis fontes de poluição, pois águas sujeitas à contaminação fecal podem veicular microrganismos patogênicos e, em áreas influenciadas por saneamento inadequado, fossas sépticas, disposição de efluentes domésticos e atividades agrícolas, favorecer a ocorrência de nitrato e nitrito nos aquíferos, comprometendo a qualidade da água destinada ao consumo humano.

Os resultados obtidos indicam que a ocorrência de baixos valores de pH, alterações na turbidez e presença de *E. coli* nos poços P2, P3 e P4 é compatível com a influência das transformações no uso

e ocupação do solo sobre as águas subterrâneas da APA do Maracanã. A predominância de áreas urbanizadas, a deficiência de infraestrutura sanitária e a presença de pastagens sugerem a contribuição de fossas sépticas, lançamento de efluentes domésticos e lixiviação de nutrientes para a degradação da qualidade da água. Esse cenário corrobora o observado por Barbosa Filho (2025), que relaciona o crescimento habitacional desordenado na APA do Maracanã ao aumento das pressões ambientais. De forma semelhante, Campos *et al.* (2025) destacam que a ocorrência simultânea de elevada turbidez e *E. coli* evidencia maior vulnerabilidade dos sistemas de captação à infiltração de contaminantes provenientes de atividades antrópicas, favorecida pela deficiência de infraestrutura sanitária, percolação de efluentes domésticos e ausência de proteção adequada das áreas de captação. Esses resultados reforçam a necessidade de estudos futuros envolvendo parâmetros como nitrato, nitrito, amônia e fosfato, a fim de ampliar a compreensão das fontes de contaminação dos aquíferos.

Embora a APA do Maracanã seja uma unidade de conservação de uso sustentável, os resultados demonstram que a proteção legal da área não elimina os impactos associados à ocupação humana. Dessa forma, os dados obtidos evidenciam a necessidade de ações voltadas ao monitoramento contínuo da qualidade da água subterrânea, ampliação da infraestrutura sanitária e fortalecimento das estratégias de gestão ambiental na unidade de conservação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises evidenciaram inconformidades nos padrões de potabilidade da água subterrânea da APA do Maracanã, especialmente em relação aos parâmetros de pH, turbidez e à presença de coliformes totais e *E. coli*, indicando vulnerabilidade sanitária dos poços e possível influência das transformações no uso e ocupação do solo. A predominância de áreas urbanizadas, associada à deficiência de infraestrutura sanitária, à utilização de fossas sépticas e rudimentares e à presença de áreas de pastagem, configura um cenário favorável à infiltração de contaminantes e à degradação da qualidade das águas subterrâneas.

Dessa forma, o estudo reforça a importância do monitoramento contínuo da qualidade das águas subterrâneas e do fortalecimento das ações de gestão territorial e ambiental na unidade de conservação, incluindo a ampliação da infraestrutura de saneamento básico, o controle da ocupação irregular e a implementação efetiva dos instrumentos previstos no Plano de Manejo e no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), visando à proteção dos aquíferos e à segurança hídrica da população local.

Recomenda-se que estudos futuros ampliem o conjunto de parâmetros analisados, incluindo nutrientes como nitrato, nitrito, amônia e fosfato, além de indicadores de matéria orgânica, metais potencialmente tóxicos, pesticidas e contaminantes emergentes. A investigação integrada desses

parâmetros permitirá identificar com maior precisão as fontes e os mecanismos de contaminação associados ao uso e ocupação do solo, fornecendo subsídios para o planejamento territorial, a gestão ambiental e a conservação dos recursos hídricos subterrâneos da APA do Maracanã.

REFERÊNCIA

ALBUQUERQUE, José Gicelmo Melo; SILVA, Francisco Augusto. Contribuição da fossa séptica para o descarte do esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem (REBENA)**, v. 8, p. 458–466, 2024. Disponível em: https://rebena.emnuvens.com.br/revista/index. Acesso em: 28 jul. 2026

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 23. ed. Washington, DC: APHA; AWWA; WEF, 2017.

AZEVEDO, B.R.M. *et al.* (2020). "Análise temporal da cobertura da terra em unidades de conservação do município de São Luís, Maranhão, Brasil". **Revista Formação** (Online) 27(51), pp. 209-230.

BARBOSA FILHO, W. (2025). "A questão habitacional na Área de Proteção Ambiental do Maracanã, São Luís do Maranhão, e suas implicações socioculturais e ambientais". **Ciência Geográfica** 29(4), pp. 1760-1772.

BORGES, P.G.; GUILHERME, F.A.G. (2020). "Educação ambiental: a chave da mitigação de conflitos e proteção de unidades de conservação no Cerrado**". GeoAmbiente On-line** 37, pp. 126-145.

BRASIL. (2000). Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União, Brasília** – DF, 19 jul. 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. (2021). Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. "Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017. **Diário Oficial da União, Brasília – DF**, 7 maio 2021.

BRITO, A.P. *et al.* (2021). "Estudo hidroquímico comparativo da água subterrânea entre área de floresta primária e área urbana na região de Manaus" in Anais do **XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte, 2021, pp. 1-9.

CAMPOS, R.F.F. *et al.* (2025). "Avaliação físico-química e biológica da qualidade da água de nascente localizada no bairro Gioppo, Caçador – SC". **Geoambiente** On-line 53, pp. 89-105.

CORREIA, F.P. (2021). "Patrimônio ambiental enquanto sentido de lugar: potencialidades na gestão participativa da Área de Proteção Ambiental de Maracanã, São Luís - MA, Brasil". **Ciência Geográfica 2**5(4), pp. 1281-1289.

DINIZ, J.A.O. *et al.* (2021). Crise hídrica no Brasil: o uso das águas subterrâneas como reforço no abastecimento público**. CPRM**, Rio de Janeiro – RJ.

FRANCO, A.O.; ARCOS, F.O. (2020). "Vulnerabilidade natural de aquíferos e a potencial contaminação dos recursos hídricos subterrâneos no Estado do Acre". **Águas Subterrâneas** 34(1).

LEMOS, R.S.; FIRMIANO, K.R.; MAGALHÃES, D.M.; GARCIA, P.B. (2025). "Dinâmica territorial metropolitana e unidades de conservação: mudanças no uso e cobertura da terra e fragmentação florestal na Região Metropolitana de Belo Horizonte". **Caminhos de Geografia 26**(108), pp. 166-184.

MATOS, Antonio Teixeira de. *Poluição ambiental: impactos no meio físico*. Viçosa, MG**: Editora UFV**, 2013.

MORAIS, A.A.; MOREIRA, P.S. (2026). "Avaliação da qualidade da água e influência do uso e ocupação do solo na sub-bacia hidrográfica do rio do Peixe nos municípios de Itabira e Nova Era - MG". **Revista Mineira de Recursos Hídricos 7**, e0260003.

REBOUÇAS, R.S. *et al*. (2024). "Qualidade da água para consumo humano em poços semiartesianos na cidade de Lábrea/AM". **Contribuciones a las Ciencias Sociales 17**(1), pp. 5302-5321.

ROMPRÉ, Annie et al. Detection and enumeration of coliforms in drinking water. **Journal of Microbiological Methods,** v. 49, n. 1, p. 31–54, 2002. DOI: https://doi.org/10.1016/S0167-7012(01)00351-7

SOARES, M.D.R. *et al.* (2023). "Determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água de abastecimento público na cidade de Humaitá-AM" in Anais do **XIV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Natal, 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda. Geneva: **World Health Organization,** 2022. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064. Acesso em: 28 jul. 2026