

CAPTAÇÕES E ASPECTOS QUALITATIVOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM NA CIDADE DE APODI, SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Lucas Matheus Garcia Tôrres ¹
Filipe Peixoto da Silva ²

RESUMO

As águas subterrâneas têm sido utilizadas para o abastecimento urbano na maioria dos municípios brasileiros. Em alguns destes, esta é a única fonte disponível, como é o caso da cidade de Apodi/RN que possui uma demanda hídrica toda atendida por estas águas. Os efluentes domésticos contêm bastante quantidade de nitrato, composto que contamina as águas subterrâneas. A área urbana de Apodi está crescendo sobre a zona de recarga do Aquífero Açú, potencializando os riscos causados pela presença de fontes contaminantes relacionadas aos usos e coberturas do solo urbano, e a ausência de esgotamento sanitário. Além disso, as formas de captação das águas subterrâneas, quando não seguidas as normas, podem atuar como fontes potenciais de contaminação dos aquífero. Neste contexto, o artigo buscou identificar as principais formas de captação, situação sanitária e qualidade das águas subterrâneas na área urbana do município de Apodi, semiárido brasileiro. Para tal, o estudo se debruçou de dados secundários para identificação de poços e em seguida uma atualização do número em etapa de campo. Além disso, fez-se um campo para coleta de amostras de águas. Nesse contexto, identificou na área de estudo 70 poços, nos quais, 84% exploram águas subterrâneas via poços tubulares e outros 16% da forma via poços escavados. A classificação iônica das águas) permitiu classificá-las em três classes: águas mistas cloretadas (80,77%), magnesianas cloretadas (15,39%) e sódicas cloretadas (3,84%). E quanto aos parâmetros de potabilidade admitidos pelo Ministério da saúde, ficaram fora dos valores máximos permitido em 7,70% e 38,46% dos poços, para STD e nitrato respectivamente.

Palavras-chave: Abastecimento urbano, Poços, Aquíferos, Qualidade das águas.

ABSTRACT

Groundwater has been used for urban supply in most Brazilian municipalities. In some of these, it is the only source available, as is the case of the city of Apodi/RN, which has its entire water demand met by groundwater. Domestic effluents contain a large amount of nitrate, a compound that contaminates groundwater. The urban area of Apodi is growing over the recharge zone of the Açú Aquifer, increasing the risks caused by the presence of contaminating sources related to urban land use and cover, and the absence of sanitary sewage. In addition, the ways in which groundwater is collected, when the rules are not followed, can act as potential sources of aquifer contamination. In this context, the article sought to identify the main forms of abstraction, the health situation and the quality of groundwater in the urban area of the municipality of Apodi, in the Brazilian semi-arid region. To this end, the study used secondary data to identify wells and then updated the number in the field. In addition, water samples were collected in the field. In this context, 70 wells were identified in the study area, of which 84% exploit groundwater via tube wells and another 16% via dug wells. The ionic classification of the waters allowed them to be classified into three classes: mixed chlorinated waters (80.77%), magnesian

¹ Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Ciências Naturais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte PPGCN/UERN - RN, lucas-matheus-@hotmail.com;

² Professor do Programa de pós-graduação em Geografia e do do Programa de pós-graduação em Ciências Naturais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte PPGCN/UERN, felipepeixoto@uern.br;

chlorinated waters (15.39%) and sodium chlorinated waters (3.84%). As for the potability parameters allowed by the Ministry of Health, 7.70% and 38.46% of the wells were outside the maximum permitted values for STD and nitrate, respectively.

Keywords: Urban supply, Wells, Aquifers, Water quality.

INTRODUÇÃO

O contexto de demanda hídrica de uma cidade aumenta concomitantemente ao número de sua população. Atualmente, mais de 50% dos municípios brasileiros são abastecidos, parcialmente ou em sua totalidade, por águas subterrâneas (ANA, 2015). Hirata et al. (2019) relatam que o número de captações da água subterrânea tem crescido devido a necessidade do uso da água frente às condições de escassez. Ademais, no semiárido brasileiro tem-se notado um aumento no número de captações das águas subterrâneas.

Estima-se que no Brasil, somente 12% dos poços fazem parte dos sistemas de informação oficiais, o que evidencia o grande número de poços irregulares, não outorgados e, geralmente, sem medidas de controle estruturais para prevenir a contaminação da água subterrânea (HIRATA et al., 2019). Poços construídos inadequadamente corroboram com o risco de contaminação das águas subterrâneas, uma vez que estes não seguem as normas de captação da NBR-12.212, podendo assim, atuar como fonte potencial de contaminação das águas.

As águas subterrâneas na área urbana de Apodi/RN encontram-se armazenadas no domínio geológico sedimentar, subdividido em duas unidades hidrogeológicas: Formação Açú e Depósito aluvionar. O abastecimento hídrico da cidade é advindo integralmente das águas subterrâneas, tendo, portanto, necessidade de conhecer como a sociedade cidadina apodiense se relaciona como esse recurso chave e estratégico que é a água subterrânea. Além disso, a grande quantidade de fontes multipontuais, representadas pelas fossas rudimentares e fossas sépticas que recebem todo efluente gerado pelos habitantes da cidade são importantes fatores de risco de contaminação.

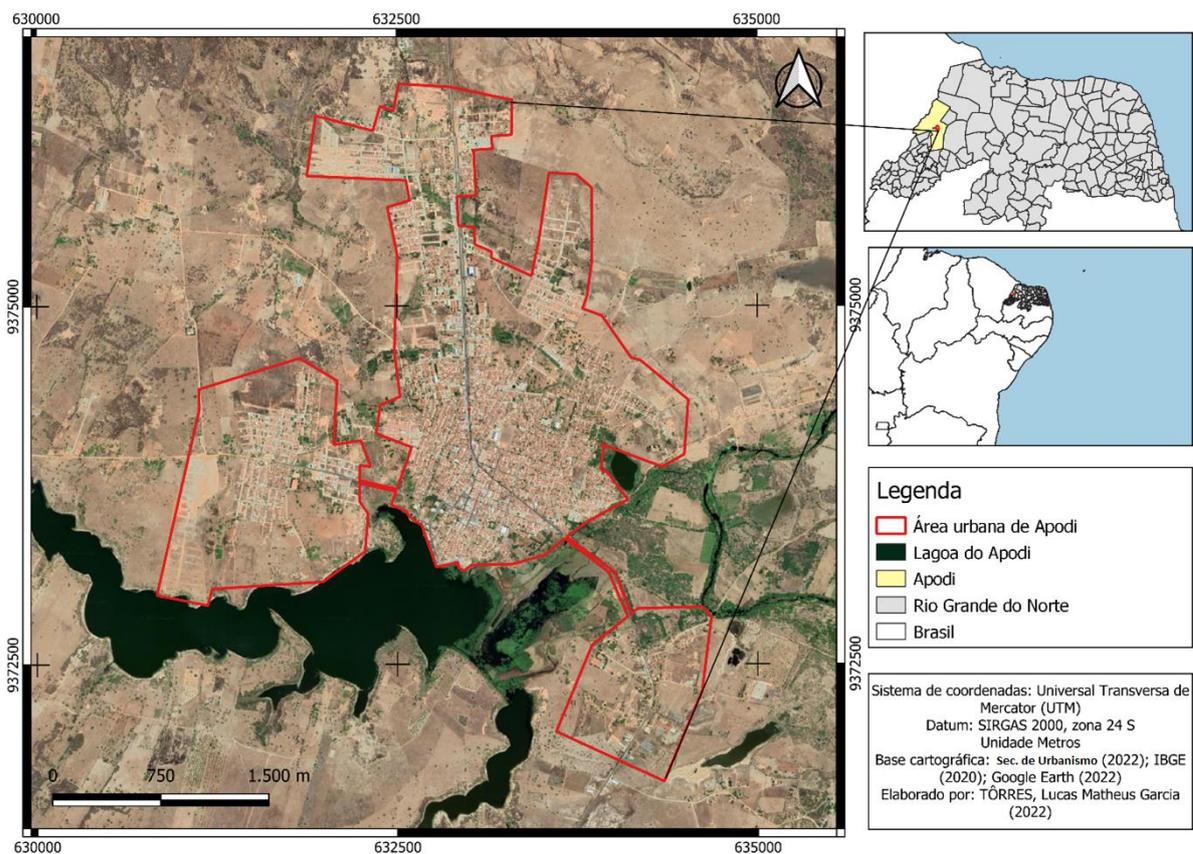
Tal abastecimento é realizado por sistema de abastecimento de água – SAA e soluções alternativas individuais – SAI e soluções alternativas coletivas - SAC de acordo com a portaria 888/2021 do Ministério da Saúde (2021). Essas soluções oriundas da ausência do sistema convencional de abastecimento podem trazer problemas de contaminação e escassez qualitativa das águas e estão associadas à captação das águas subterrâneas em um aquífero intrinsecamente vulnerável.

O presente trabalho se debruça em caracterizar esse tipo de abastecimento, invisível às autoridades por falta de dados e informações. A pesquisa buscou reconhecer as formas de captação, classificação iônica e concentrações de nitrato nas águas subterrâneas. Os resultados são imprescindíveis a gestão hídrica que vise preservar a principal fonte de abastecimento aos habitantes deste município.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado na área urbana da cidade de Apodi/RN (Figura 1), inserido na região imediata de Mossoró (IBGE, 2018). Apodi possui 34.763 habitantes, sendo estes dividido em 50% residindo em áreas rurais e 50% na área urbana, local de realização deste estudo (IBGE, 2022).

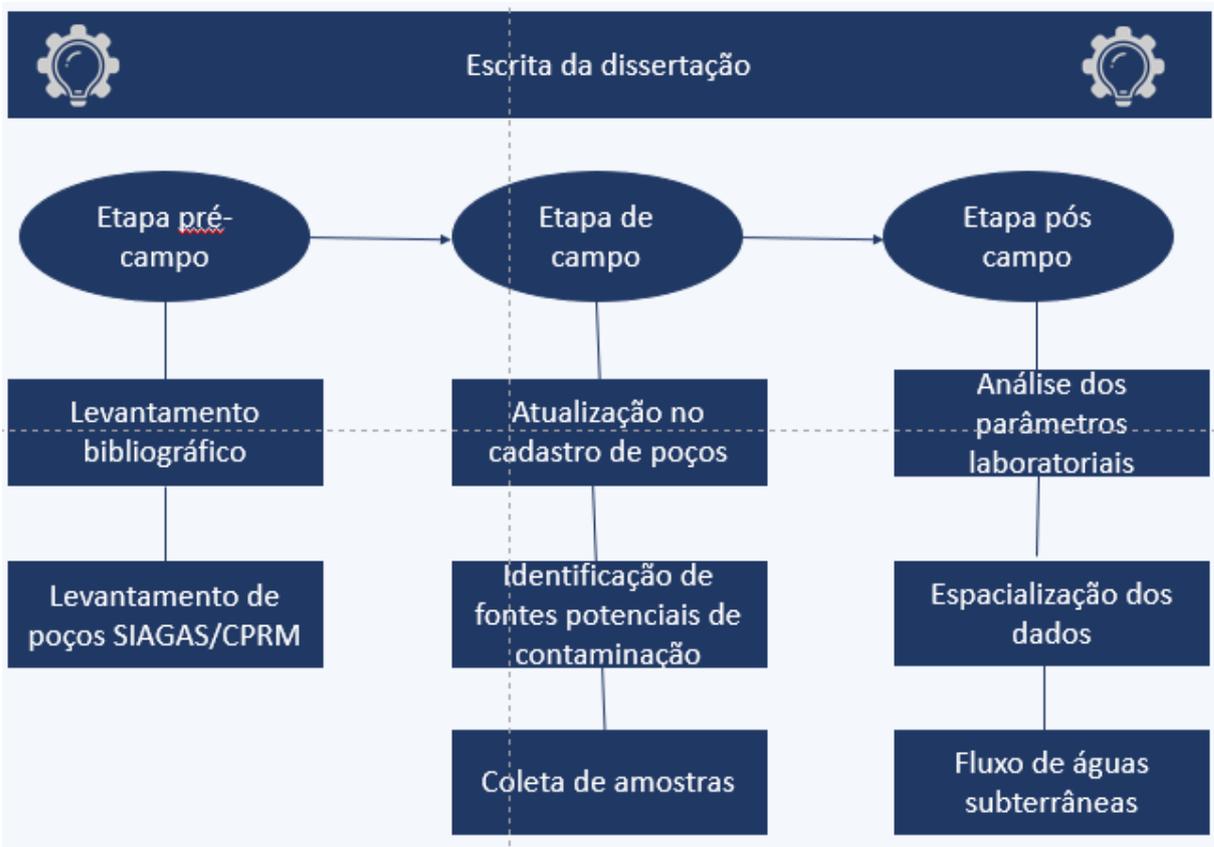
Figura 1: Localização da área de estudo



Fonte: Autores (2023)

A metodologia foi dividida em etapa pré-campo, de campo e pós campo (Figura 2).

Figura 2: Procedimentos metodológicos



Fonte: Autores (2023)

A etapa pré-campo foi subdividida em duas, o estudo das referências teóricas e levantamento de dados secundários. Tais dados secundários tratam-se de um levantamento de dados oriundos do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (SIAGAS/CPRM), sendo obtido o cadastro de 48 poços. A partir desses dados elaborou-se uma indexação espacial juntos as coordenadas geográficas com a finalidade de construir mapas de localização dos poços pré-existent, auxiliando na atualização e na composição de cadastro de poços na etapa seguinte.

A etapa de campo ocorrida entre agosto e novembro de 2022, possibilitou encontrar somente 8 poços do cadastro do SIAGAS e a identificação de 62 novos poços que captam águas dos aquíferos presentes no meio urbano estudado, além da situação sanitária, seus usos e suas formas de captação. Ainda nesta etapa, para analisar alguns parâmetros físico-químicos realizados, captou-se água em apenas 26 poços, seguindo as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 9898 e do Standard Methods for the Examination of

Water and Wastewater (ABNT, 1987; APHA; AWWA; WEF, 2005) para aferição dos parâmetros.

Foi realizado a escolha dos poços amostrados de acordo com os seguintes critérios: 1º. Existência de perfil técnico-constructivo e litológico; 2º. Poços em situação de funcionamento; 3º. Distribuição espacial favorável à representatividade da área de estudo; 4º. Acesso ao poço em termos de segurança física e 5º Poços voltados para o autoabastecimento urbano.

Após a coleta, a terceira etapa, pós campo, fez-se no Laboratório de Eletroquímica e Química Analítica – LEQA da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Essa foi feita para identificar parâmetros de qualidade como, sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloreto, bicarbonato, sulfato e condutividade elétrica.

Para a modelagem da qualidade da água, foi utilizado o Diagrama de Piper, classificando o tipo químico da água de acordo com o conteúdo iônico dominante. Para a classificação iônica das águas subterrâneas utilizando esse diagrama é feito três campos onde são impressos os valores percentuais das concentrações dos principais constituintes iônicos para os cátions e os ânions. Para tanto, utilizou-se o software Qualigraf desenvolvido por Mobus (2003).

A análise do Nitrato foi feita pelo laboratório mencionado anteriormente e após isso, tabelou-se os dados a partir da elaboração de uma planilha compondo o teor da concentração e as coordenadas geográficas, e associado a ela, utilizou-se o software QGis versão 3.4. com o método da Krigagem ordinária, na qual a interpolação geoestatística estima valores em posições não-amostradas, utilizando a dependência espacial entre amostras vizinhas (VIEIRA, 2000).

REFERENCIAL TEÓRICO

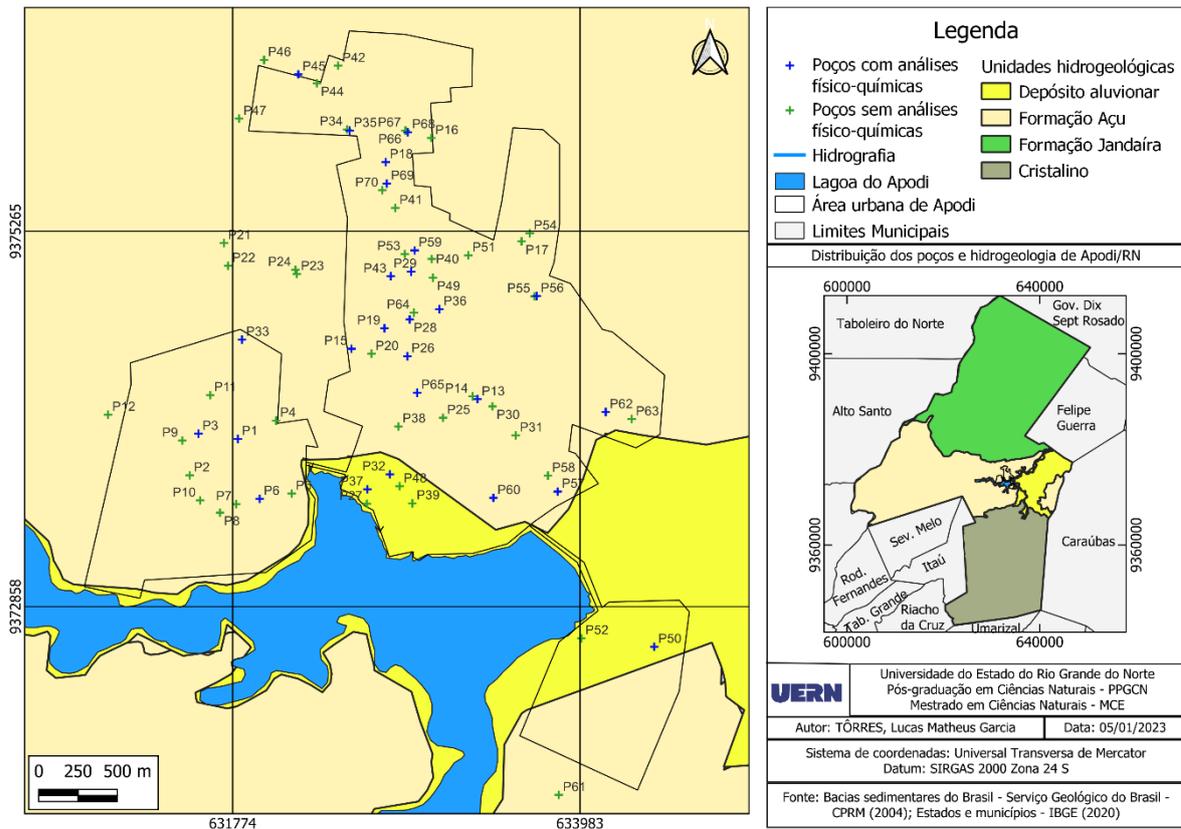
O referencial teórico da pesquisa contém as principais discussões teóricas e a trajetória da mesma ao longo do recorte do tema estudado. Ele serve para situar o leitor quanto à linha de raciocínio que o autor seguiu na construção de seu artigo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente identificou-se 8 poços a partir do SIAGAS/CPRM e depois foram identificados mais 62, totalizando 70 poços (Figura 3).



Figura 3: Mapa de distribuição dos poços e hidrogeologia.



Fonte: Autores (2023)

Na área de estudo, 84% dos poços que exploram águas subterrâneas são poços tubulares. Por outro lado, 16% da forma de captação das águas subterrâneas são via poços escavados, também conhecidos como cacimbas, cacimbão ou poço amazonas são aqueles construídos, em geral manualmente, em solos, ou sedimentos pouco resistentes, além de possuírem grandes diâmetros (KOLLER, 2013).

A construção e alocação de um poço, quando mal realizadas, pode tornar o poço um elemento condutor de águas poluídas para níveis mais profundos (GOMES, 2013). Além disso, os poços devem atender as normas de construção NBR-12.212 e NBR-12.244 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, para evitar a contaminação por dejetos domésticos, industriais, fertilizantes, dentre outros problemas. Nos poços investigados, destaca-se a ausência da proteção sanitária adequada em 77,14% deles

Com relação ao perímetro de proteção, 78% poços não atendem a norma 6.11.3 da NBR 12.212, que estabelece a necessidade de um abrigo de proteção para o poço (Figura 4). Tal legislação relata a importância de uma área protegida no entorno da obra de captação com a

finalidade de evitar o contato de animais com a obra, que poderia acarretar danos físicos que poderiam prejudicar a obra ou qualidade da água.

Figura 4: Poços com ausência de laje de proteção sanitária

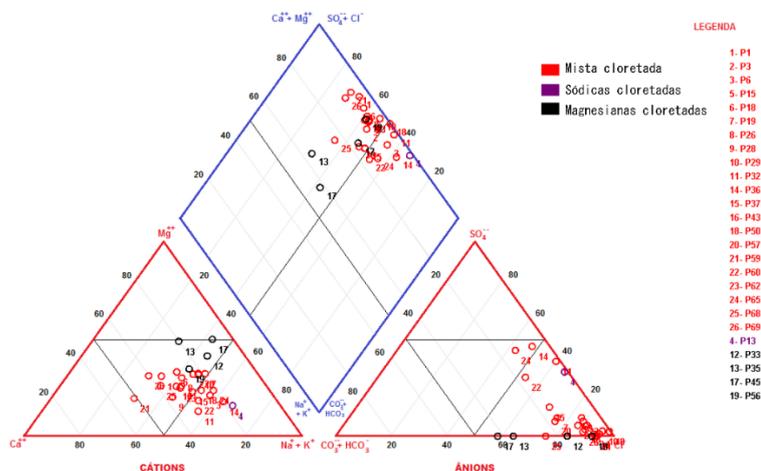


Fonte: Autores (2023)

Na área estudada, mais de 90% dos poços cadastrados não possuem outorga, proporcionando uma falta de controle e de informações das captações. Ademais, não tem sido respeitada a NBR-12.212, que estabelece a distância mínima de 30 m entre o poço e a fossa, mostrando uma distância insegura entre uma cacimba e a fossa da residência, além disso, da presença de resíduos sólidos ao redor da obra de captação.

A classificação iônica das águas por meio do Diagrama de Piper (Figura5) permitiu classificá-las em três classes: águas mistas cloretadas (80,77%), magnesianas cloretadas (15,39%) e sódicas cloretadas (3,84%).

Figura 5: Classificação iônica das águas.

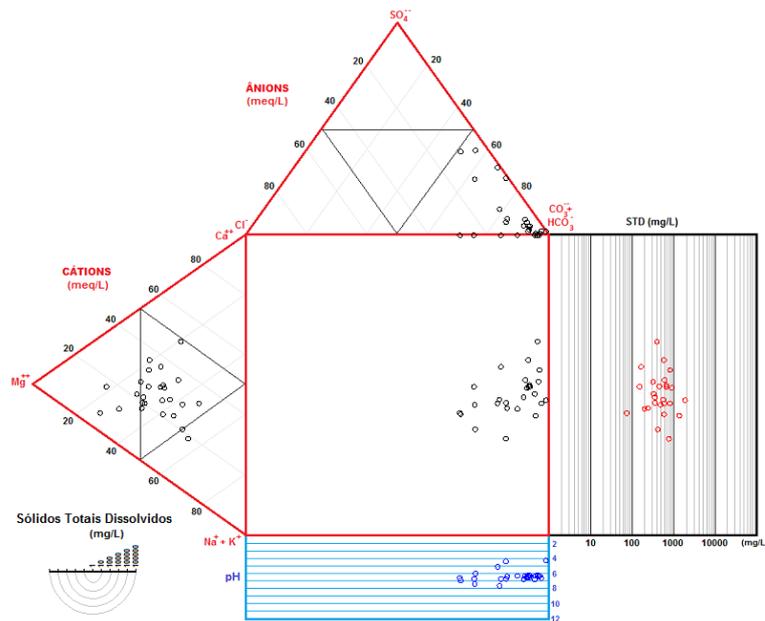


Fonte: Autores (2023)



Com o diagrama de Durov, podem ser observados dois poços com valores de pH e STD (Figura 6). Este com 7,70% com valores acima de 1.000 mg/L, podendo ser explicada pela condição rasa que a zona saturada se encontra em ambos associadas à proximidade com os sistemas fluviais e sendo base de nível de erosão local.

Figura 6: Diagrama de Durov.

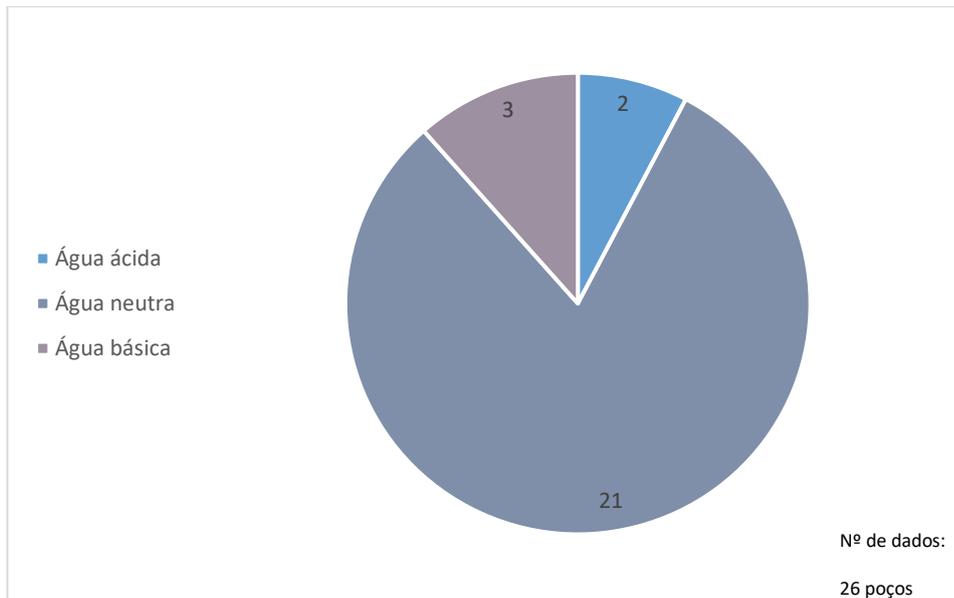


Fonte: Autores (2023)

Os valores de pH obtidos mostraram que as águas subterrâneas na área urbana de Apodi possuem um caráter neutro, tanto na percentagem, 80,76% do total, quanto no valor médio do pH em 6,35 (Figura 7). Por outro lado, 11,56% das águas estudadas possuem um caráter de levemente ácido 7,70% das águas estudadas apresentaram valores de um caráter levemente alcalino.



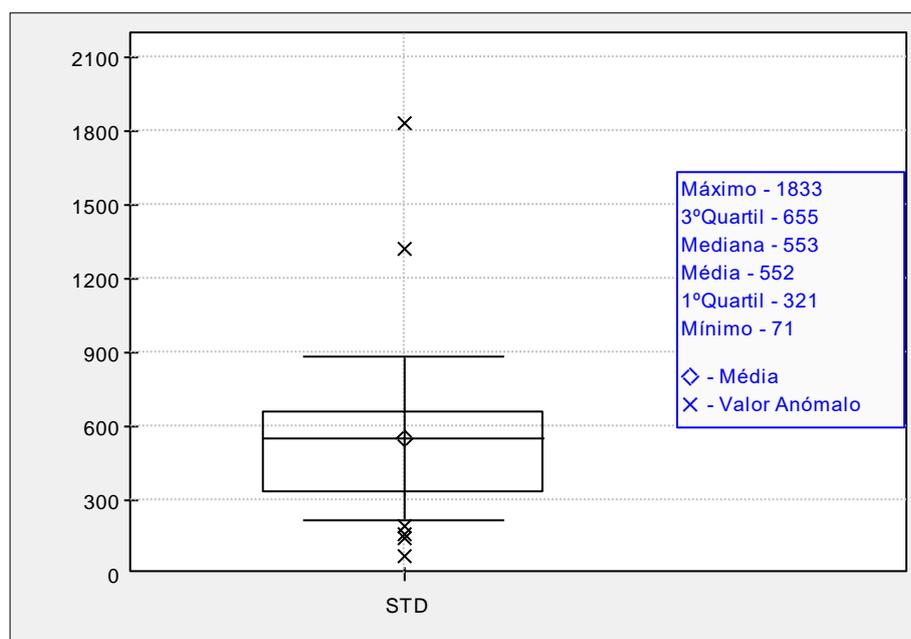
Figura 7: Caracterização do pH das amostras estudadas



Fonte: Autores (2023)

Os sólidos totais dissolvidos – STD variaram entre 71 mg L⁻¹ e 1.833 mg L⁻¹ (Figura 8). A média amostral ficou em 552,2 mg L⁻¹, a mediana em 512 mg L⁻¹ e o desvio padrão em 378,42 mg L⁻¹. As concentrações que ultrapassam o 3º quartil, ou seja, 7,70% das águas estão com os Sólidos Totais Dissolvidos acima do limite permitido (1.000 mg/L) pela Portaria de consolidação nº 5 do Ministério da Saúde.

Figura 8: Valores de STD nas águas estudadas

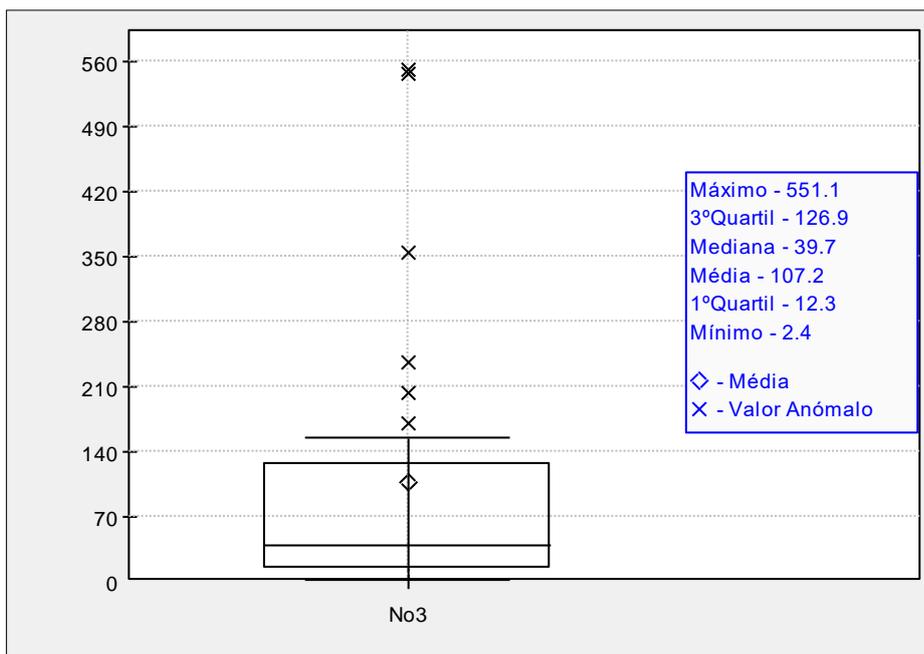


Fonte: Autores (2023)



Os valores de NO_3^- variaram entre 2,4 mg/L-1 e 371,3 mg/L-1, apresentando uma média de 81,6 mg/L-1, mediana de 37,3 mg/L-1 e o desvio padrão de 106,56 mg/L-1. De acordo com a portaria de consolidação nº5 do MS e a organização mundial da saúde o valor máximo permitido de nitrato presente na água é de 45 mg L-1 (Figura 9).

Figura 9: Valores de nitrato nas águas estudadas.



Fonte: Autores (2023)

Diante disso, nota-se 38,46% das amostras estudadas encontram-se contaminadas por NO_3^- , as principais fontes dessa contaminação são efluentes domésticos em sistemas estáticos de esgotamento sanitário (fossas rudimentares e sépticas) que são, reconhecidamente, as principais fontes de contaminação de águas subterrâneas por nitrato em ambiente urbano (MONTANHEIRO 2014, ZHANG et al. 2015, GRIMMEISEN et al. 2017, VYSTAVNA et al. 2017). Ademais, Peixoto (2016) encontrou que esse tipo de contaminação é causado, majoritariamente por fossas rudimentares.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As águas subterrâneas na área urbana de Apodi/RN encontram-se armazenadas no domínio geológico sedimentar, sendo subdividida em duas unidades hidrogeológicas: Formação Açu e Depósito aluvionar. Estas são exploradas por poços, escavados e tubulares,

correspondendo respectivamente a 16% e 84% das formas de captação das águas subterrâneas na cidade mencionada.

As principais fontes potenciais de contaminação das águas subterrâneas na cidade de Apodi são representadas pelas fossas rudimentares e fossas sépticas, as quais recebem todo efluente gerado pelos habitantes apodienses que residem na área urbana.

Todo esse quadro está associado a uma ocupação e uso do solo sem planejamento, sem ao menos implantar um sistema de coleta e tratamento do esgoto. Assim, o uso demasiado dos aquíferos na área de estudo, na ausência de uma atualização do cadastro de poços pode propiciar uma superexploração e esta proporcionar uma redução na capacidade do aquífero e um comprometimento da qualidade de suas águas.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas - ANA. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional**. Brasília: ANA, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1987) **NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro: ABNT

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12212/2017: Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12244/2017: Construção de poço para captação de água subterrânea**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT – APHA; AWWA; WEF (2005) **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21st ed. Washington DC: APHA; AWWA; WEF.

BRASIL. **Lei nº 9.433 de 08 de Janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 09 jan. 1997.

BRASIL. **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, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html Acesso em 17 de maio de 2023.



CAVALCANTE, I. N.; GOMES, M. da C. R. As Águas Subterrâneas do Ceará: Ocorrências e Potencialidades. In: Medeiros, C. N. de; Gomes, D. D. M.; Albuquerque, E. L. S.; Cruz, M. L. B. da (Org.). **Os Recursos Hídricos do Ceará: Integração, Gestão e Potencialidades**. Fortaleza: IPECE, 2011. Seção III. p. 165-199.

CONSELHO DELIBERATIVO DA SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE - CONDEL. **Resolução nº 107, de 27 de julho de 2017**. Estabelece critérios técnicos e científicos para a delimitação do semiárido brasileiro e procedimentos para a revisão de sua abrangência. Disponível em: https://www.lex.com.br/legis_27508570_RESOLUCAO_N_107_DE_27_DE_JULHO_DE_2017.aspx Acesso em 23 de maio de 2022.

GOMES, Maria da Conceição Rabelo. **Análise situacional qualitativa sobre as águas subterrâneas de Fortaleza, Ceará-Brasil como subsídio a gestão dos recursos hídricos**. 2013. 2014 f. Tese (Doutorado em geologia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2013.

HIRATA, Ricardo et al. **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2019.

MOBUS, G. **Qualigraf: software para interpretação de análises físico-químicas, versão Beta**. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. Fortaleza, 2003. Disponível em: <<http://www.funceme.br>. Acesso em: 28 de dezembro de 2022.

MONTANHEIRO, F. 2014. **Contaminação por nitrato no aquífero Adamantina: o caso do município de Monte Azul Paulista/SP**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, Dissertação de Mestrado, 93 p. <http://hdl.handle.net/11449/110572>

SIAGAS -**Sistema de Informações de Águas Subterrâneas**. 2015. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. Acesso em: 30 de março de 2022.