


Captação e uso das águas subterrâneas na área urbana no município de Apodi - RN


Capture and use of groundwater in the urban area of the municipality of Apodi - RN


Captación y usos de aguas subterráneas en la zona urbana del municipio de Apodi - RN

Tôrres, Lucas Matheus Garcia; Peixoto, Filipe da Silva; Ferreira, Isabel Cristina Silva



 Lucas Matheus Garcia Tôrres
lucas-matheus-@hotmail.com
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte,
Brasil

 Filipe da Silva Peixoto
elipepeixoto@uern.br
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte,
Brasil

 Isabel Cristina Silva Ferreira
isabel.fe@hotmail.com
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte,
Brasil

Revista Presença Geográfica
Fundação Universidade Federal de Rondônia, Brasil
ISSN-e: 2446-6646
Periodicidade: Frecuencia continua
vol. 9, núm. 2, Esp., 2022
rpgeo@unir.br

Recepção: 05 Julho 2021
Aprovação: 30 Setembro 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/274/2744715007/>

Resumo: Atualmente, mais de 50% dos municípios brasileiros possuem seu sistema de abastecimento hídrico advindo dos mananciais subterrâneos. Como exemplo emblemático inserido no semiárido nordestino, a cidade de Apodi-RN possui os aquíferos sob sua própria área urbana como fonte principal de abastecimento. No entanto, a falta de monitoramento de parâmetros hidrogeológicos e de dados de qualidade da água dificultam o processo de gerenciamento. Informações sobre o uso e a captação dos aquíferos são essenciais para planejar e gerir os aquíferos urbanos de maneira sustentável. Diante disso, este trabalho tem por objetivo, analisar os múltiplos usos e métodos de captação das águas subterrâneas no município de Apodi -RN, semiárido brasileiro. Desta maneira, foram utilizados dados secundários, coletados pelo SIAGAS/CPRM, em 48 poços tubulares instalados. Posteriormente, os dados obtidos foram sistematizados em um banco de dados e inseridos em Sistema de Informação Geográfica – SIG, tendo por finalidade espacializar os dados e, com isso, fazer uma análise espacial do manancial hídrico subterrâneo. Como resultado, verificamos que os poços que explotam águas do aquífero local, são rasos, com profundidade máxima de 106 metros. As suas águas subterrâneas locais contemplam múltiplos usos, principalmente para abastecimento doméstico e urbano. Somente 22% dos poços possuem limitação qualitativa para condutividade elétrica, comprovando a boa qualidade das águas, captadas principalmente do aquífero Açú.

Palavras-chave: semiárido, aquífero Açú, qualidade da água.

Resumen: Actualmente, más del 50% de los municipios brasileños tienen su sistema de abastecimiento de agua procedente de manantiales subterráneos. Como ejemplo emblemático inserto en la región semiárida del noreste, la ciudad de Apodi-RN tiene como principal fuente de abastecimiento los aquíferos situados bajo su propia zona urbana. Sin embargo, la falta de seguimiento de los parámetros hidrogeológicos y de datos sobre la calidad del agua dificulta el proceso de gestión. La información sobre el uso y la extracción de los aquíferos es esencial para planificar y gestionar los aquíferos urbanos de forma sostenible. Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo analizar

los múltiples usos y métodos de extracción de aguas subterráneas en el municipio de Apodi -RN, región semiárida brasileña. Para ello se utilizaron datos secundarios recogidos por el SIAGAS/CPRM en 48 pozos tubulares instalados. Posteriormente, los datos obtenidos fueron sistematizados en una base de datos e insertados en un Sistema de Información Geográfica - SIG, teniendo por finalidad espacializar los datos y, con eso, hacer un análisis espacial del manantial hídrico subterráneo. Como resultado, comprobamos que los pozos que explotan las aguas del acuífero local son poco profundos, con una profundidad máxima de 106 metros. Sus aguas subterráneas locales contemplan múltiples usos, principalmente para abastecimiento doméstico y urbano. Sólo el 22% de los pozos presentan limitación cualitativa para la conductividad eléctrica, lo que demuestra la buena calidad de las aguas, captadas principalmente del acuífero de Açu.

Palabras clave: semiárido, acuífero de Açu, calidad del agua.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional adjunto de problemas ambientais como poluição das águas superficiais e a escassez de corpo d'água, em algumas regiões brasileiras, intensificou a exploração das águas subterráneas. A captação das águas de aquíferos para o abastecimento humano tornou-se uma alternativa viável em virtude da sua abundância e qualidade, sendo, que seu uso e conservação é uma estratégia para o desenvolvimento econômico da sociedade (CETESB, 2021).

De acordo com HIRATA et al. (2019, p.13) “As águas subterráneas são aquelas que se encontram abaixo da superfície do solo, preenchendo completamente os poros das rochas e dos sedimentos, constituindo assim os chamados aquíferos”. A água subterrânea desenvolve um papel importante para o abastecimento de cidades, e é insumo para inúmeras atividades econômicas, além de ser responsável por sustentarem vários sistemas aquáticos tais como rios, lagos, mangues e pântanos (HIRATA et al., 2019).

Segundo Llamas e Custódio (2001):

Groundwater is a key resource for urban and rural supply, a strategic resource in case of failure of other water sources like during droughts, major breakdowns, and pollution accidents. It is also an important resource to develop irrigation, and a reliable resource for industrial uses (LLAMAS; CUSTÓDIO, 2001, p. 04).

Deveras, a exploração e uso das águas subterráneas possui uma série de vantagens como a fácil acessibilidade, distribuição ampla e dispersa, custo relativamente baixo, tecnologias viáveis e disponíveis, atendimento a muitos tipos de uso, relativa resiliência às secas e maior proteção contra contaminação.

O uso das águas subterráneas é estratégico para o desenvolvimento dos estados nordestinos, pois o Brasil porta uma grande disponibilidade de recursos hídricos, porém a região do semiárido nordestino sofre com sua escassez (SILVA; SOUSA; BATISTA, 2018). De acordo com o Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – CONDEL (2017), a região semiárida do Brasil apresenta uma má distribuição espacial e temporal da pluviometria, apresentando média anual igual ou inferior a 800 mm. Ademais, como um dos semiáridos mais populosos do mundo, com mais de 70 milhões de habitantes, o abastecimento de água potável para a população, sobretudo nos anos de seca, é um desafio para os planejadores e gestores de recursos hídricos na região.

Nesse contexto, com uma população estimada em 35.874 habitantes (IBGE, 2020), o município de Apodi, localizado na bacia do rio Apodi-Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte, apresenta uma demanda de abastecimento per capita de água 90 litros/dia, a qual, mais de 90% desta é suprida por águas subterráneas

(SÁ, 2000). Diante disso, é perceptível que as águas subterrâneas se configuram como a principal fonte da matriz hídrica municipal direcionada ao abastecimento urbano.

Junto a riqueza desse recurso, há problemáticas particularmente inerentes a localização da cidade sobre a área de recarga do aquífero Açu, que é o principal reservatório de água subterrânea do Estado do Rio Grande do Norte, ocorrendo, em grande parte com caráter confinante, portanto com boa proteção a efluentes que possam vir, de forma descendente, a contaminar o aquífero. Contudo, na área de afloramento do aquífero Açu, que corresponde, também, a sua principal zona de recarga é, evidentemente, estratégica para conservação do aquífero. Há, desse modo, grande necessidade de conhecimento das captações, usos e qualidade das águas subterrâneas locais como informações essenciais ao gerenciamento do aquífero na área em questão.

A intensificação na utilização dos recursos hídricos subterrâneos, torna necessário o controle das captações, visando garantir a disponibilidade atual e futura dessas águas. Com a finalidade de evitar o esgotamento do manancial hídrico subterrâneo, a elaboração de um plano de gestão desses recursos torna-se essencial, pois este fornece uma distância ideal entre os poços, o volume máximo de captação e do número de poços que devem explorar por localidade (TODD; MAYS, 2005).

Portanto, o objetivo desse trabalho foi identificar os múltiplos usos e captação das águas subterrâneas, bem como a profundidade e condutividade elétrica, na área urbana do município de Apodi, Rio Grande do Norte. O estudo contribui para sistematização de dados, e geração de informações que auxiliem no uso sustentável desse importante recurso.

METODOLOGIA

A área de estudo é apresentada na figura 1, refere-se a área urbana do município de Apodi, situado no semiárido brasileiro, na porção oeste do estado do Rio Grande do Norte (IBGE, 2010). Está possui um clima tropical equatorial semiárido, com temperaturas altas, apresentando média de 28,1°C, máxima de 36,0°C e mínima de 21,0°C (IDEMA, 2008).

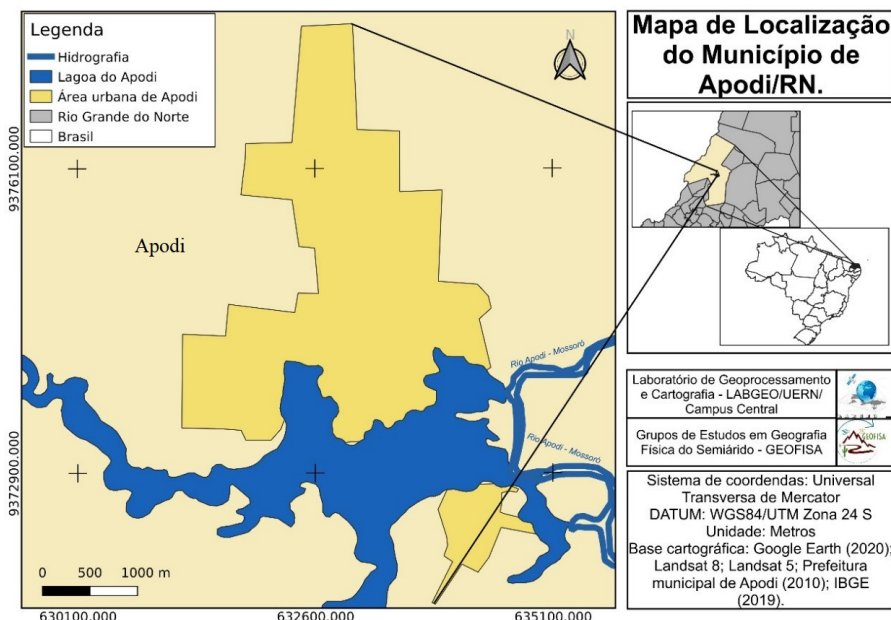


FIGURA 1
Mapa de localização da área de Estudo

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

A precipitação média da área estudada, a partir dos dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte - EMPARN (2020), nos últimos 20 anos (2000 à 2020), é de 567,85mm (Figura 2). Ainda sobre a pluviosidade da área, Carvalho (2020) relata em seu estudo sobre as chuvas no local que o período chuvoso no município de Apodi se concentra entre os meses de fevereiro a maio. Nota-se sequência de anos abaixo com pluviometria da média entre 2012 e 2017, o que demonstra a variabilidade das chuvas inerente a condição climática do semiárido Nordeste.

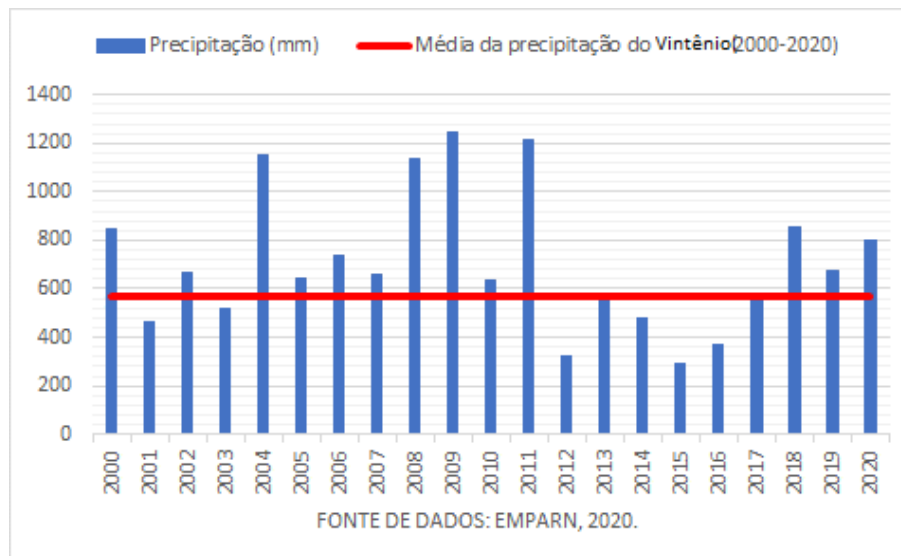


FIGURA 2

Série pluviométrica do vintênio (2000 – 2020), na cidade de Apodi-RN

Fonte secundária: EMPARN. Elaborado pelos autores, 2021

O contexto geológico da área de estudo (Figura 3) se insere na borda Sudoeste da Bacia Potiguar, cuja evolução geológica está associada ao processo de formação do oceano atlântico entre 140 e 100 milhões de anos. A Bacia Potiguar evoluiu a partir de esforços extensionais precursores com direção E-W, provocando um estiramento crustal com elevadas taxas de subsidência mecânica do embasamento (PESSOA NETO et al., 2007). O mesmo em seus estudos, relatou que no seu arcabouço estrutural da bacia são identificadas feições estruturais: altos internos, grábens e plataformas rasas, em resposta à subsidência mecânica. Os grábens da porção emersa definem os grandes lineamentos estruturais de direção NE-SW, de forma assimétrica.

O principal sistema aquífero inerente a essa macro unidade geológica é o Sistema Aquífero Apodi - SAA compostos pelo aquífero Açú (arenitos finos a grossos, por vezes conglomeráticos, coloração variegada, com intercalações de folhelhos e argilitos); aquífero Jandaíra (calcarenitos, calcilutitos bioclásticos, cinza claros a amarelados e níveis de evaporitos na base). Outro aquífero que tem sua importância, contudo em menores proporções de ocorrência e reservas, é o Sistema aquífero Aluvionar (depósitos sedimentares ocasionalmente grosseiros com matriz argilosa).

Na área de estudo, o aquífero Jandaíra situa-se no extremo norte e, é constituído por folhelhos e carbonatos que afloram na mesma (ARARIPE; FEIJÓ, 1994), formando rochas carbonáticas da Formação Jandaíra do Cretáceo superior (STEIN; MELO, 2006). Contudo, a maior proporção da área de estudo está situada no aquífero Açú, em uma das suas principais áreas de recarga.

A gênese e descrição litológica da formação Açú apontam que esse aquífero foi formado por meio da convergência de depósitos flúvio-deltáticos, expressando assim sua característica clástica, porosidade primária e permeabilidade consideráveis que o condiciona como principal reservatório de água do estado com reservas consideráveis e de boa qualidade.

Contudo, suas propriedades, dimensão e funções são diferenciadas ao longo de sua ocorrência aflorante ou sotoposta à outras unidades hidrogeológicas. Segundo Vasconcelos *et al.* (2008), ele aflora na borda sul da

bacia ao longo de uma faixa marginal com largura variando cerca de 5 km no extremo leste e mais de 20 km no extremo oeste, sendo estas as principais áreas de recarga do aquífero Açú. De acordo com Lima *et al.* (2006):

A Formação Açú ocorre aflorante numa estreita faixa que circunda grosseiramente a bacia e mergulha suavemente em direção ao mar – recoberta pela Formação Jandaíra – apresentando espessuras variáveis, que aumentam gradativamente de sul para norte, desde poucas dezenas de metros, na área de afloramento, até mais de 800 metros, próximo à costa (LIMA *et al.*, 2006, p. 8)

Enquanto o sistema aquífero Aluvionar é constituído por sedimentos inconsolidados de idade mais recente que as formações mencionadas anteriormente. Para as aluviões, a dinâmica de deposição de sedimentos nos leitos aluviais pode promover condições litoestratigráficas complexas, quem envolvem não só o grau de competência do rio em transportar e depositar sedimentos que reflete condições climáticas diferentes das atuais, além de mudanças nos níveis de base de erosão.

O pacote sedimentar formado ocorre em espessuras consideráveis de até 60 metros no médio e baixo curso do rio Apodi-Mossoró, no rio do Carmo e em espessuras limitadas a 3 e 5 metros em alguns dos seus principais afluentes. Gurgel e Melo (2010, p. 252), descreve-os como “Sedimentos grosseiros, inconsolidados, moderadamente a pobremente selecionados, de coloração esbranquiçada a amarronzada clara e têm em média espessuras inferiores a 10 metros”.

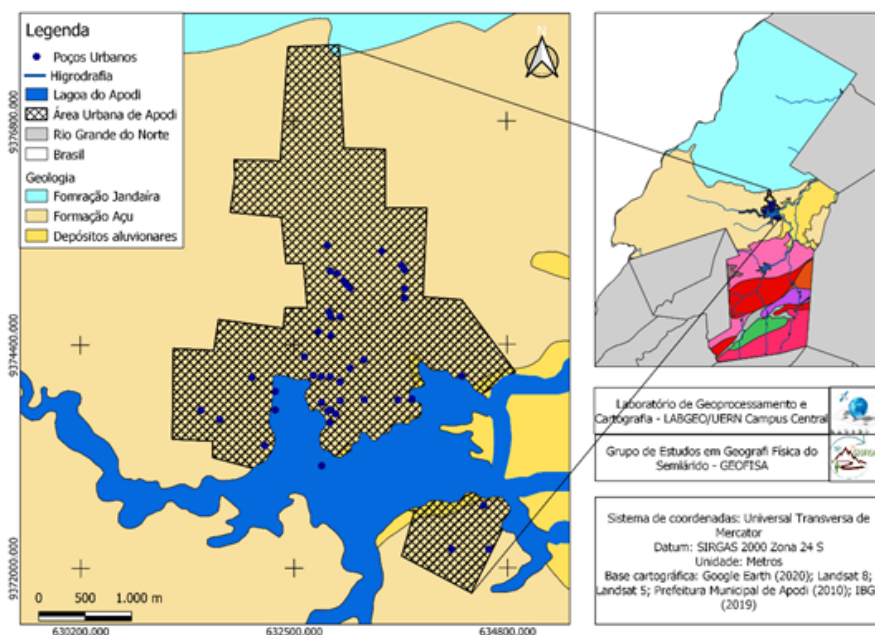


FIGURA 3
Mapa geológico e localização dos poços urbanos monitorado pelo SIAGAS

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

Os dados foram levantados por meio de coleta de informações secundárias de poços cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS no município de Apodi, no ano de 2010, os quais foram processadas nos softwares Microsoft Excel, gerando um banco de dados que, teve por finalidade a elaboração de gráficos e mapas temáticos para avaliação do uso da água subterrânea.

Para identificação dos tipos de uso e a captação das águas subterrâneas exploradas na área urbana do município, foram compilados os dados de 48 poços. Para profundidade e condutividade elétrica, foi realizado uma interpolação com dados de 18 poços, que possuem amostragem da condutividade elétrica de suas águas, estes se tratam de dados secundários e não ocorrem de maneira uniforme na área urbana de Apodi, permitindo que seja realizada a discretização dos dados somente na parte mais central e ocupada pela cidade. Foi realizada

krigagem ordinária no software Surfer 16, zoneando os valores de profundidade de poços e condutividade elétrica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a execução desta pesquisa, foram identificados, a partir dos dados do Sistemas de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS, 48 poços dentro da área urbana do município de Apodi.

Os poços cadastrados pelo SIAGAS na área urbana do município de Apodi, têm profundidades que variam entre 37 metros e 110 metros (Figura 4). Em sua grande maioria, cerca de 81,25% dos poços deste estudo, possuem profundidades abaixo de 100 metros de profundidade, sendo assim, considerados poços rasos.

A partir da espacialização dos dados de profundidade, na área estudada, é perceptível que, os poços que se encontram mais próximos de um manancial superficial (centro-sul da imagem da Figura 4) são mais rasos onde a captação da água é realizada na aluvião.

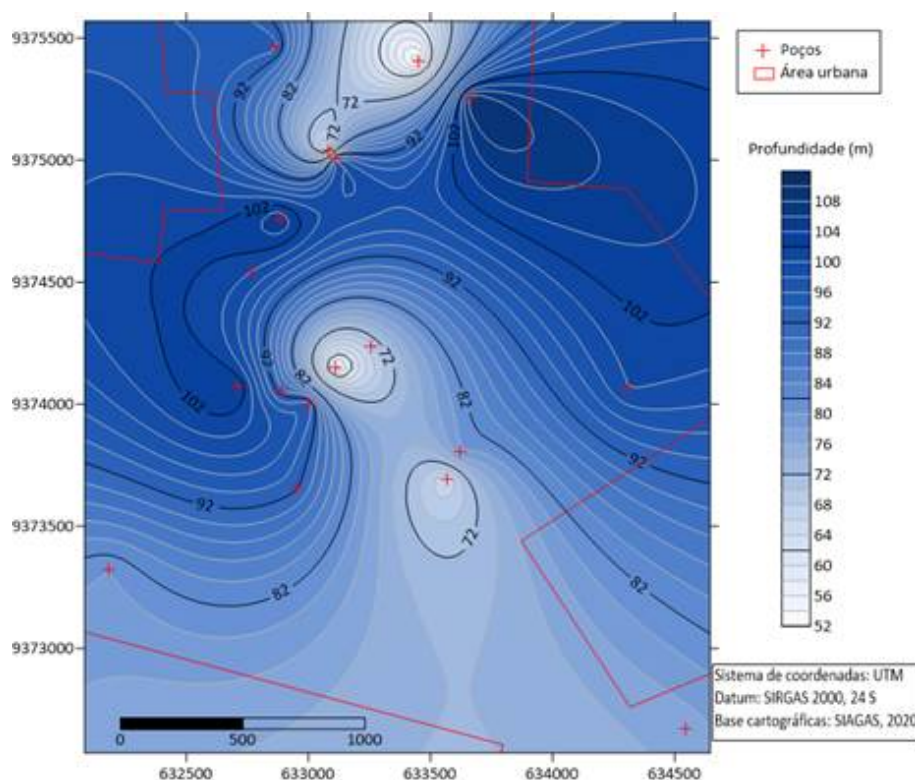


FIGURA 4

Mapa das profundidades dos poços urbanos

Fonte secundária: SIAGAS. Elaborado pelos autores, 2021

Foram identificados os mais diversos tipos de usos das águas do manancial subterrâneo tais como abastecimento urbano, doméstico, industrial, lazer, dentre outros (Figura 5). Vale salientar que abastecimento urbano difere de abastecimento doméstico, sendo o primeiro definido como aqueles voltados para o sistema convencional de distribuição de água para a população local, sendo no município estudado operados pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte – CAERN e o segundo diz respeito aos poços particulares das residências, sendo assim, um meio de abastecimento individual.

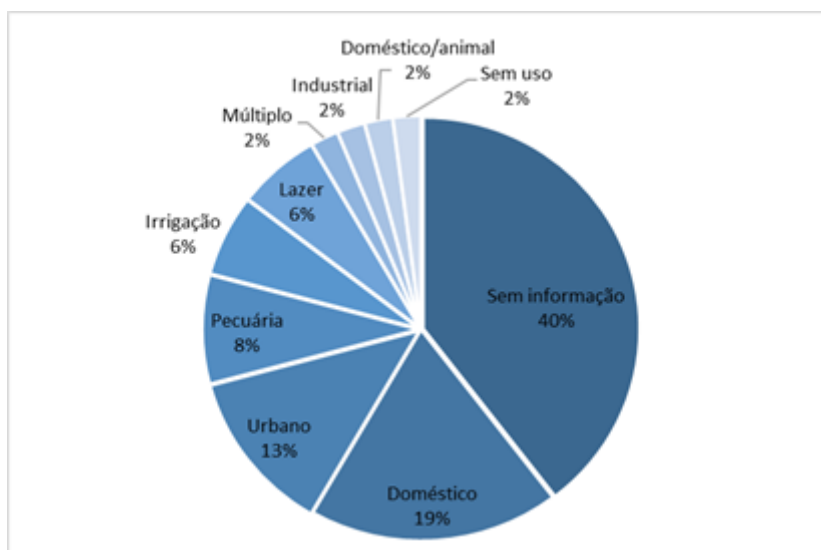


FIGURA 5

Uso das águas dos mananciais urbanos de Apodi

Fonte secundária:SIAGAS. Elaborado pelos autores, 2021

Na Figura 5, elaborado a partir das informações disponibilizados pelo SIAGAS/CPRM, observa-se que, nos 48 poços da área estudada, o maior uso das águas subterrâneas, com 19% da totalidade dos poços, é para abastecimento doméstico. O uso para abastecimento urbano corresponde a 13%. Os setores de abastecimento pecuária e de irrigação apresentam os valores 8% e 6%, respectivamente. Já o abastecimento de outros setores, como por exemplo o lazer, correspondem a 6%. O abastecimento múltiplo, industrial doméstico/animal correspondem igualmente a 2% cada. 40% dos poços não possuem informações sobre o uso das águas.

A qualidade das águas subterrâneas pode, frequentemente, está comprometida por causa do excesso de sais dissolvidos na interação água-rocha, principalmente nos sistemas aquíferos fraturados em rochas do embasamento cristalino. A condutividade elétrica – Ce, é um importante parâmetro de qualidade da água, nesse sentido. A Ce é facilmente medida, geralmente, in situ. Esse parâmetro mede, especificamente, a facilidade da água conduzir eletricidade, assim, por meio deste, se tem outros parâmetros relevantes e proporcionalmente correlativos, como a salinidade e os sólidos totais dissolvidos.

A variação da Ce (Figura 6), observada a parti da análise de 18 poços, se dá entre 100 e 2.070 $\mu\text{s}/\text{cm}$, com média 867,38, $\mu\text{s}/\text{cm}$, mediana 915 $\mu\text{s}/\text{cm}$ e um desvio padrão 140,7. A água possui, portanto, o valor médio que constata a boa qualidade da água do aquífero Açú, entretanto 4 (22,22%) poços possuem valores de Ce acima de 1.500 $\mu\text{s}/\text{cm}$, considerada o limite para potabilidade conforme Kemker (2015) (tabela 1). Valores acima de 2000 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), em águas naturais de aquífero sem depósitos com quantidades elevadas de sais, podem estar associados contaminação por efluentes de natureza doméstica, chorume e efluentes industriais (PEIXOTO; CAVALCANTE, 2021).

TABELA 1
Valores de referência para interpretação os dados de Ce

Conductividade Elétrica (μS/cm)	
Água Deionizada	0,055 - 1
Água Destilada	0,5 - 3
Neve Derretida	
Água da Torneira	50 - 800
Água Potável	30 - 1500
Fontes de Água Doce	100 - 2000
Água Industrial	10000
Água do Mar	55000

Fonte: KEMKER, 2015

Os valores de Ce mais elevados estão dispersos de forma contínua no setor leste da área de estudo, e sobretudo naqueles poços com profundidades acima 100 m (Figura 6). Nessa área também ocorreu Ce acima de 1600 (μS/cm), o que, pode ser explicado por diferença litológico-estratigráficas de espessura do pacote sedimentar do Açú, pois quando muda estrutura geológico, os parâmetros físicos naturais, tende a modificar os parâmetros da água que advém da porosidade das rochas. Essa condição torna os poços com captação mista entre o Açú e cristalino fraturado.

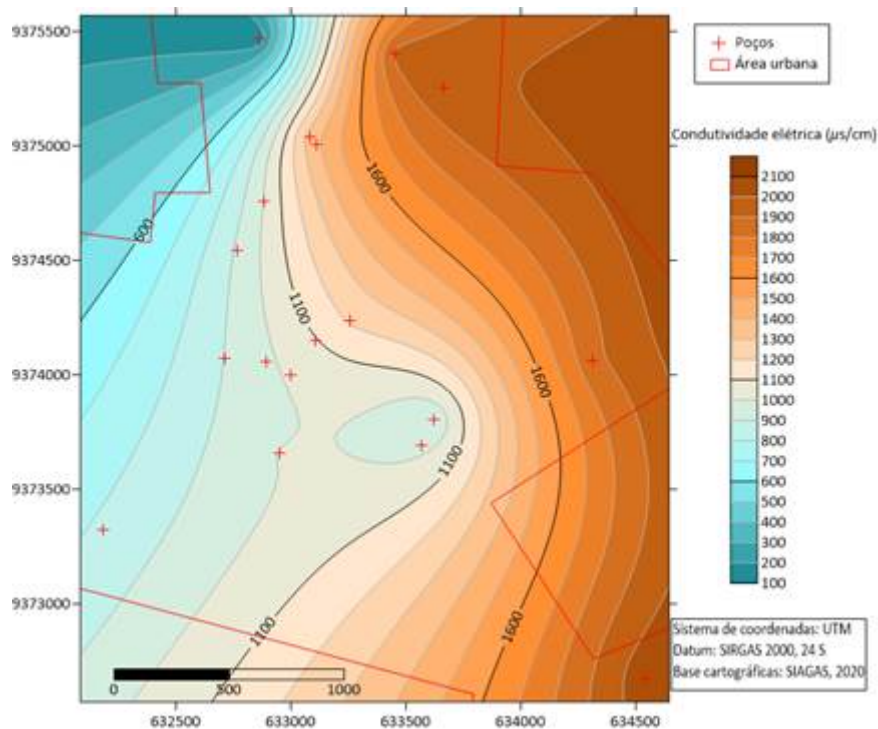


FIGURA 6
Zoneamento dos valores de condutividade elétrica
Fonte secundária: SIAGAS. Elaborado pelos autores, 2021

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na área de estudo foram encontrados 48 poços no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS. Dentre as informações fornecidas, a profundidade, os tipos de uso e a captação das águas subterrâneas e qualidade da água na área urbana do município de Apodi/RN constituíram a base desta pesquisa.

Os dados sobre o uso das águas subterrâneas identificaram diversos tipos de uso, sendo o principal para abastecimento doméstico com 19%, em seguida por abastecimento urbano, pecuária, irrigação, lazer, entre outros. Entretanto, 40% dos poços estudados, um número bastante considerável, não possuem informações do uso dessas águas. Os poços da área estudada são tubulares rasos, não ultrapassando os 110 metros de profundidade. Além disso, viu-se que 4 dos poços estudados, possuem valores de condutividade elétrica no limite, acima de 1.500 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Diante dos resultados, foi observado a ausência de dados para análise dos parâmetros da qualidade da água e a falta de informações dos tipos de uso. Nesse contexto, se faz necessário ressaltar a importância da atualização de cadastro de poços, monitoramento da qualidade da água e nível estático dos poços para geração de dados para o melhor gerenciamento das águas subterrâneas. Ademais, é imprescindível ações mais efetivas da gestão municipal que garantam a conservação das águas subterrâneas para o abastecimento humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARARIPE, P. T.; FEIJÓ, F. J. Bacia Potiguar. *Boletim de Geociências da Petrobrás*. Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 127-141, 1994.
- CARVALHO, A. T. F. Caracterização climática da quadra chuvosa em Apodi, semiárido brasileiro, nos anos de 2013 a 2017. *Revista Geografia em Atos*, Departamento de Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente, n. 17, v. 2, p. 4-23, abr/2020. ISSN: 1984-1647.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Águas Subterrâneas. São Paulo: CETESB, 2021.
- 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 24 de junho de 2021
- EMPARN - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. *Monitoramento Pluviométrico*. Disponível em <http://meteorologia.emparn.rn.gov.br:8181/monitoramento/monitoramento.php>. Acesso em 21 de Junho de 2021.
- GURGEL, C. A. P.; MELO, J. G. Caracterização hidrogeológica do aquífero Açu na região norte de Caraúbas – RN. *Anais. IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste*, Recife: ABAS, p. 249 – 260, 2002
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Demográfico - 2010. Resultados gerais da amostra. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- IDEMA. *Perfil do seu Município – Apodi - 2008*. Disponível em: < <http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=CATALG&TARG=61&ACT=null&PAGE=0&PARM=null&LBL=Socioecon%C3%B4mico>>. Acesso em: 19 jun. 2021.
- KEMKER, C. Conductivity, Salinity and Total Dissolved Solids. *Fundamentals of Environmental Measurements. Fondriest Environmental, Inc.* 3 março, 2014. Disponível em: <http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/>. Acesso em: 25 ago. 2015
- LIMA, E. A.; NASCIMENTO, D. A.do; DOURADO, T. D. de C.; BRANDÃO, L. C. R. B.; BERALDO, V. J. B. Mapeamento hidrogeológico das folhas sb.24-x-b / -x-d - Areia branca / Mossoró. *XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*. Curitiba: ABAS, 2006. p. 1 – 13.

- LLAMAS, M. R.; CUSTODIO, E. Intensive use of groundwater: a new situation which demands proactive action. In: LLAMAS, M. R.; CUSTODIO, E. Intensive Use of Groundwater Challenges and Opportunities. *Workshop on Intensively Exploited Aquifers*, WINEX, Madrid, Spain, 2001.
- PEIXOTO, F. S.; CAVALCANTE, I. N. Sewage static system influence on the concentrations of nitrogen compounds in unconfined aquifers. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 26 n.2 2021, p. 273 - 281
- SÁ, José Ubaldo de. Base municipal de informações das águas subterrâneas Município de Apodi. Recife: CPRM, 2000.
- SIAGAS - *Sistema de Informações de Águas Subterrâneas*. 2015. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. Acesso em: 15 de junho de 2021
- SILVA, M. M. N. da; SOUSA, C. F. de; BATISTA, R. R. A crise hídrica: uma discussão multiesferas. In: SILVA, Jairo Bezerra; ALVES, Larrisa da Silva Ferreira; SILVA, Manoel Mariano Neto da. *Sustentabilidade, Políticas Públicas e Interdisciplinaridade no Semiárido*. Natal: Cchla, 2018. p. 219-231
- STEIN, P.; MELO, J. G. de. Potencial Hidrogeológico e Caracterização Hidrogeoquímica do Aquífero Açú na Borda Sul da Bacia Potiguar no Trecho Apodi-Upanema, RN. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Volume 11 n.3 Jul/Set 2006, 171-181
- TODD, D. K.; MAYS, L. W. *Groundwater Hydrology*. 3 ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 636 p., 2005
- VASCONCELOS, M. B.; MELO, J. G.; MORAES, F. Ocupação do solo e vulnerabilidade ambiental natural aquífero Açú na borda sul da Bacia Potiguar, RN. *Anais. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, Natal – RN, 2008. p. 1 – 12
- HIRATA, R.; SUHOGUSOFF, A.; SUSKO, S.; VILLAR, M. P.C.; MARCELLINI, L.. *As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2019