

Captação e uso das águas subterrâneas em Mossoró-RN, Brasil

Capture and use of groundwater in Mossoró-RN, Brazil

Anderson Mikael de Souza Silva

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

Mossoró-RN, Brasil

andersonsouza@alu.uern.br

ORCID: 0000-0002-4919-5369

Filipe da Silva Peixoto

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

Mossoró-RN, Brasil

felipepeixoto@uern.br

ORCID: 0000-0001-5409-3001

Información del artículo

Recibido: 20/04/2022

Revisado: 19/06/2023

Aceptado: 15/08/2023

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI [10.17561/at.24.7084](https://doi.org/10.17561/at.24.7084)

CC-BY

© Universidad de Jaén (España).
Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente (CSIC)

RESUMO

Inserida no semiárido do Nordeste brasileiro, a cidade de Mossoró depende da água subterrânea para seu abastecimento. Existem, no entanto, formas espaciais de objetos (poços) por meio das quais é possível compreender essa evolução e os cenários atual e futuro. Neste trabalho foi realizada uma análise da captação e uso das águas subterrâneas na área urbana do município de Mossoró a partir de dados fornecidos pelo Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), e pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), além do trabalho de campo. Por muitos anos, a demanda interna foi suprida por meio de poços rasos próximos aos leitos dos rios e aquíferos livres. Com a implantação dos sistemas de abastecimento, muitos poços rasos foram desativados e poços com profundidades superiores a 400 m foram construídos para abastecer a cidade, no entanto, ainda existem poços rasos remanescentes em zonas periféricas.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrogeologia, Águas Subterrâneas, Poços, Abastecimento de Água.

ABSTRACT

Inserted in the Brazilian Northeast's semi-arid region, Mossoró depends on groundwater for water supply. There are, however, spatial forms of objects (wells) through which it is possible to understand this evolution and the current and future scenarios. In this work, an analysis of the wells and use of groundwater in the urban area of the municipality of Mossoró was carried out based on data provided by the Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), and by the Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), in addition to fieldwork. Domestic demand was met through shallow wells close to riverbeds and free aquifers for many years. With the implementation of supply systems, many shallow wells were deactivated and wells deeper than 400 m were built to supply the city, however, there are still shallow wells remaining mainly in peripheral areas.

KEYWORDS: Hydrogeology, Groundwater, Wells, Water Supply.

Captación y aprovechamiento de aguas subterráneas en Mossoró-RN, Brasil

RESUMEN

Insertada en la región semiárida del Nordeste de Brasil, la ciudad de Mossoró depende del agua subterránea. Existen, sin embargo, formas espaciales de objetos (pozos) a través de las cuales se hace posible comprender esta evolución y el escenario actual y futuro. En este trabajo, se realizó un análisis de la captación y uso de aguas subterráneas en el área urbana del municipio de Mossoró utilizando datos proporcionados por el SIAGAS, y por la CAERN, además de la investigación de campo. Durante muchos años, la demanda interna se abasteció a través de pozos poco profundos cercanos a los cauces de los ríos y acuíferos libres. Con la implementación de los sistemas de abastecimiento se desactivaron muchos pozos someros y se construyeron pozos tubulares con profundidades superiores a los 400 m, sin embargo, aún quedan pozos, principalmente en la zona periférica analizada.

PALABRAS CLAVE: Hidrogeología, Agua Subterránea, Pozos, Abastecimiento de Agua.

Collecte et utilisation des eaux souterraines à Mossoró-RN, Brésil

RÉSUMÉ

Situé dans la région semi-aride du nord-est du Brésil, Mossoró dépend des eaux souterraines. Cependant, il existe des formes spatiales d'objets (puits) à travers lesquelles il devient possible de comprendre cette évolution et la situation actuelle et future. Dans ce travail, une analyse du captage et de l'utilisation des eaux souterraines dans la zone urbaine de la municipalité de Mossoró a été réalisée à l'aide des données fournies par le SIAGAS et le CAERN, ainsi que par des recherches sur le terrain. Pendant de nombreuses

années, la demande intérieure a été satisfaite par des puits peu profonds à proximité des rivières et des aquifères à ciel ouvert. Après l'installation du réseau d'alimentation, de nombreux puits peu profonds ont été désactivés et des puits de plus de 400 m de profondeur ont été construits pour alimenter la ville, mais des puits peu profonds de type manuel subsistent, principalement en périphérie.

MOTS-CLÉ: Hydrogéologie, Eaux Souterraines, Puits, Approvisionnement en Eau.

Raccolta e utilizzo dell'acqua sotterranea a Mossoró-RN, Brasile

SOMMARIO

Inserito nella regione semi-arida del nord-est brasiliano, Mossoró dipende dalle acque sotterranee per l'approvvigionamento idrico. Esistono, tuttavia, forme spaziali di oggetti (pozzi) attraverso i quali è possibile comprendere questa evoluzione e gli scenari attuali e futuri. In questo lavoro è stata effettuata un'analisi dei pozzi e dell'uso delle acque sotterranee nell'area urbana del comune di Mossoró sulla base dei dati forniti dal Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) e dalla Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), oltre al lavoro sul campo. La domanda interna è stata soddisfatta per molti anni attraverso pozzi poco profondi vicino al letto dei fiumi e falde acquifere libere. Con l'implementazione dei sistemi di approvvigionamento, molti pozzi poco profondi sono stati disattivati e sono stati costruiti pozzi più profondi di 400 m per rifornire la città, tuttavia, ci sono ancora pozzi poco profondi che rimangono mediamente nelle aree periferiche.

PAROLE CHIAVE: Idrogeologia, Acque Sotterranee, Pozzi, Fornitura d'Acqua.

Introdução

No Brasil, até a década de 2010, não havia um controle efetivo do uso das águas subterrâneas, em consequência do grande número de poços irregulares, provavelmente pela falta de fiscalização e pela grande dimensão territorial do país¹. Dados de 2021 demonstram a manutenção desse quadro, ao apontar que 88 % dos poços ativos são ilegais no país². Esse cenário está relacionado ao contexto nacional de 35 milhões de pessoas sem acesso à água encanada em 2019, essas pessoas se abastecem por meio de poços ou fontes que não aparecem nas estatísticas³. De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico⁴ (ANA), em 2020, considerando-se o total dos municípios brasileiros, 43 % eram abastecidos exclusivamente por mananciais superficiais, 40 % por águas subterrâneas e 17 % pelos dois tipos (abastecimento misto).

Especificamente em relação à captação de águas subterrâneas, essa forma é comumente realizada através de poços, que variam quanto à sua forma de construção, ao diâmetro, ao revestimento e à profundidade. Assim, poço é “um sistema geralmente vertical, feito pelo homem, que tem ação em subsuperfície, usado para a captação, recarga ou observação das águas subterrâneas através de mecanismos artificiais ou naturais”⁵. A cidade de Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte, em 2022 foi abastecida em sua maior parte por águas subterrâneas captadas via poços tubulares profundos, operados pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), empresa estatal de capital aberto pertencente ao Governo do Estado do Rio Grande do Norte. Apesar da importância desse recurso no contexto do abastecimento urbano, não há controle efetivo sobre a quantidade de poços, usos, tipos de captação e estado operacional. Assim sendo, muitos foram desativados ao longo do tempo, mas sem um controle sanitário correto, o que pode transformá-los em meios de transporte de contaminantes para as águas subterrâneas rasas ou profundas.

De acordo com os dados do Sistema de Informação sobre Águas Subterrâneas (SIAGAS), operacionalizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), existem diversos poços na zona urbana de Mossoró, no entanto não há dados ou informações sobre o atual estado desses sistemas de captações. Ou seja, não existe um

controle por parte dos responsáveis, que são a prefeitura de Mossoró, e o governo do estado. A CPRM através do SIAGAS vem realizando um esforço para cadastrar e disponibilizar os dados dos poços no Brasil, contudo, devido o extenso território brasileiro e ao pequeno número de pessoas realizando esse trabalho, essa ação não vem sendo suficiente. Em Mossoró, por exemplo, as fichas com informações sobre o estado operacional de poços mais recentes datam do início dos anos 2000, isto é, são cerca de 20 anos sem atualizações no SIAGAS.

É fundamental compreender a situação dos poços em Mossoró, incluindo o levantamento, cadastro e análise das obras de captação de água subterrânea. Isso permitirá entender a exploração e uso das águas subterrâneas, bem como a relação da sociedade local com esse recurso estratégico em uma região semiárida. Respostas para questionamentos, tais como: usos destinados, qualidade da água, aquíferos explorados e número de poços operantes são essenciais para entender a evolução do uso da água subterrânea, avaliar o panorama atual e projetar cenários futuros de abastecimento.

Além disso, o desenvolvimento do espaço urbano de Mossoró se dá de forma desigual ao longo dos anos, sendo algumas áreas priorizadas em detrimento de outras. Em 2018 um trabalho realizado aplicando o índice de saneamento ambiental para a área urbana de Mossoró, verificou que “o abastecimento de água atende quase 100 % da área urbana, contudo há domicílios sem acesso ao abastecimento, seja por condição física da infraestrutura, renda insuficiente”⁶, esses casos se concentram em áreas mais periféricas e de baixa renda.

O fornecimento de água em Mossoró demonstra que para o ano de 2022 o atendimento domiciliar corresponde à 98 %. No entanto, inicialmente priorizou as áreas centrais e posteriormente se expandiu para os bairros periurbanos, conforme observado no estudo realizado por Queiroz⁷. Peixoto, Oliveira e Santos⁸ observaram essa tendência de segregação socioespacial para a maioria dos bairros periféricos, também, quanto a instalação de infraestrutura para coleta de esgoto doméstico.

Entre essas e outras nuances do espaço urbano messoroense, no presente estudo buscou-se apresentar uma caracterização da captação das águas subterrâneas e seus devidos usos na zona urbana de Mossoró,

¹ Feitosa et al., 2008, 22.

² Conicelli et al., 2021.

³ Hirata et al., 2019.

⁴ ANA, 2021, 33.

⁵ Vasconcelos, 2015, 9.

⁶ Peixoto et al. 2018, 21-34.

⁷ Queiroz, 2012, 38.

⁸ Peixoto; Oliveira; Santos, 2021.

tomando-se como área amostral da pesquisa trechos urbanos localizados na área central e outro na área periférica, visando uma análise comparativa. Assim, pretende-se que nesta investigação haja uma contribuição ao entendimento do papel que as águas subterrâneas, como fonte de abastecimento, exercem na construção do espaço urbano e desenvolvimento de Mossoró.

O Contexto Mossoroense: Aspectos Socioambientais

Mossoró é um município localizado na mesorregião Oeste Potiguar do estado do Rio Grande do Norte. Está inserido no Bioma Caatinga, ocupando uma área territorial de 2.099,334 km² com população estimada em 300.618 habitantes no ano de 2020⁹. Em 2010, o município contava com população total de 259.886 habitantes, dos quais, 237.281 (91,31 %) eram residentes da zona urbana¹⁰. A notável característica urbana do município consiste em seu perímetro urbano, que abrange uma extensão de aproximadamente 101,42 Km².

O estudo realizado por Mendonça e Danni-Oliveira¹¹ classifica o clima de Mossoró como tropical-equatorial com sete a oito meses secos. Apresentando uma regularidade térmica com temperaturas altas e uma variabilidade na pluviometria, com o maior volume de chuvas concentradas no verão/outono sendo os meses de março e abril os mais chuvosos e o inverno/primavera menos chuvosos. No trabalho de Rocha¹² o município apresentou média pluviométrica anual entre 680,20 mm e 781,84 mm, e temperatura média anual por volta de 27,4 °C. A média das temperaturas máximas anuais é de 33,7 °C e umidade relativa do ar em torno de 70 %. Mossoró apresenta evaporação superior a 2000 mm/ano decorrente das altas temperaturas e taxas de incidência solar.

A vegetação predominante e mais característica da área é a caatinga arbustiva aberta, compostas por plantas hiperxerófilas como cactáceas e plantas de baixo porte. Há, ainda, considerável presença de espécime invasora, especialmente a algaroba ou *Prosopis juliflora*, que colonizou, principalmente áreas do vale do Rio Apodi-Mossoró, substituindo em parte vários espécimes ripários endêmicos.

Localizado na província geológica da Borborema, o território do município se insere no contexto

geológico-geomorfológico da bacia potiguar, cuja Formção Jandaíra, Formação Barreiras e Depósitos Aluvionares e Depósitos Fluviomarininhos se encontram aflorante¹³. No município de Mossoró, essa litologia manifesta-se através de superfícies levemente aplinadas, cujos relevos são condicionados por altos estruturais, os quais são compostos por depósitos aluvionares. Além disso, na parte nordeste do município, encontra-se uma área de planície fluvial na qual estão presentes depósitos fluviomarininhos, os quais representam sedimentos da planície fluviomarinha¹⁴.

A hidrogeologia da região é constituída pelo Sistema Aquífero Apodi (SAA), que engloba principalmente os aquíferos Jandaíra e Açu. Além disso, os aquíferos Barreiras e Aluviões são sobrepostos à área do SAA¹⁵. Entre os aquíferos Jandaíra e Açu, existe uma camada semipermeável conhecida como aquítarco quebradas, que atua como uma camada superior delimitante do aquífero Açu. Essa configuração confinante do aquífero Açu resulta na presença de poços artesianos jorrantes¹⁶. O Aquífero Jandaíra está localizado no topo da Bacia Potiguar, e em certas áreas, é sobreposto pelas formações Barreiras e Aluviões. Ele é classificado como um aquífero livre em sua área de afloramento e possui características cárstica-fissurais, sendo de grande importância para o abastecimento da agricultura irrigada e para o suprimento de água para animais¹⁷.

O Aquífero Açu é uma unidade hidrogeológica de elevada importância para o Rio Grande do Norte sendo utilizada para o abastecimento urbano da cidade de Mossoró pela CAERN. Constitui-se como um aquífero livre na sua área de afloramento na borda sua da Bacia Potiguar adquirindo as características de aquífero semiconfinado e confinado à medida que avança para o Norte, onde se localiza a cidade de Mossoró. Suas águas são de boa qualidade, indicadas para abastecimento doméstico e com características termais¹⁸.

O Aquífero Barreiras ocorre sobreposto aos calcários da formação Jandaíra localizado na porção mais ao norte e a leste na Bacia Potiguar. É caracterizado como um aquífero livre em sua área de afloramento. As Aluviões encontram-se associadas ao leito dos rios e são formados principalmente por areia, cascalho, silte e argila, depositados em resposta às condições de equilíbrio hidrodinâmico do sistema água-sedimentos dos

⁹ IBGE, 2020, online.

¹⁰ IBGE, 2010, online.

¹¹ Mendonça; Danni-Oliveira, 2007, 206.

¹² Rocha, 2018, 37-52.

¹³ Beltrão et al., 2005, 4.

¹⁴ Rodrigues, 2019, 1-14.

¹⁵ Manoel Filho, 2010, 22-53.

¹⁶ Peixoto et al., 2021, 299.

¹⁷ Miranda, 2011, 27.

¹⁸ Miranda, 2011, 27.

rios principais da Bacia. É um aquífero aflorante e sua recarga ocorre através das precipitações e pelo próprio comportamento influente dos rios em suas cheias¹⁹.

A localização da área de estudo (Mapa 1) compreende nove bairros da cidade de Mossoró, são eles: Centro, Ilha de Santa Luzia, Doze Anos, Boa Vista, Alto da Conceição, Belo Horizonte, Lagoa do Mato e Aeroporto, situados em uma zona geograficamente central da cidade, aqui denominada de Setor 1, áreas com abastecimento de água mais consolidado; e o bairro Dom Jaime Câmara, localizado na parte leste, constitui o Setor 2, que está em uma área periférica, a qual abrange um bairro cuja ocupação remonta meados da década de 1980, portanto, mais recente em termos de estabelecimento.

Metodologia

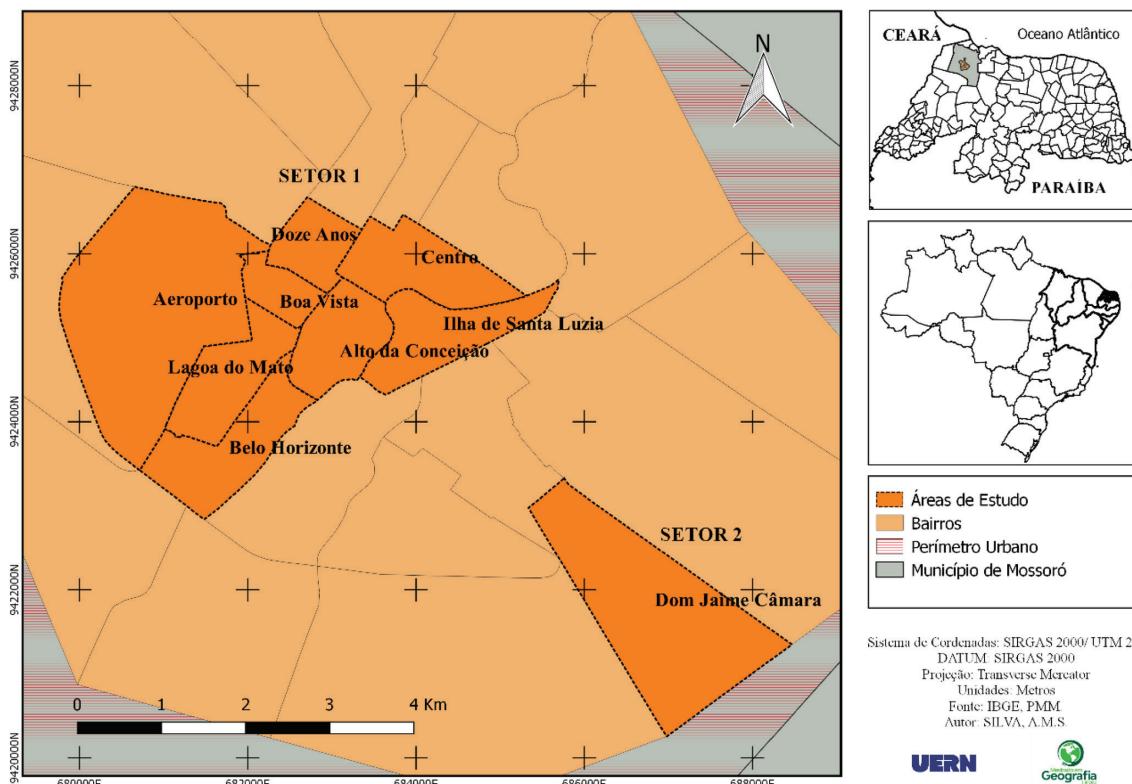
A metodologia usada no desenvolvimento deste artigo inicia-se com a pesquisa bibliográfica em periódicos, em livros e na legislação sobre recursos hídricos no Brasil. Para obtenção de informações preliminares dos

poços cadastrados na cidade de Mossoró, foram utilizados dados do SIAGAS, desenvolvidos e mantidos pela CPRM (Gráfico 1). Também foram utilizadas bases cartográficas da hidrogeologia disponibilizados pela CPRM e dos bairros de Mossoró disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE).

Com base nos registros de poços cadastrados no referido banco de dados, foram produzidas planilhas contendo as principais informações pertinentes, tais como: coordenadas geográficas, estado operacional dos poços, finalidade do uso da água, profundidade, nível estático, nível dinâmico, vazão específica, localização, proprietário e data de perfuração. Inicialmente, esses dados foram empregados para alocar espacialmente os poços nas áreas de estudo, por meio da elaboração de um mapa preliminar, a fim de subsidiar a pesquisa de campo.

Após seleção e identificação dos poços cadastrados no SIAGAS com o auxílio do software Quantum GIS (QGIS) versão 3.10, foi realizado o trabalho de campo para atualizar a situação dos poços já cadastrados no SIAGAS e buscar por novos poços nas áreas delimitadas.

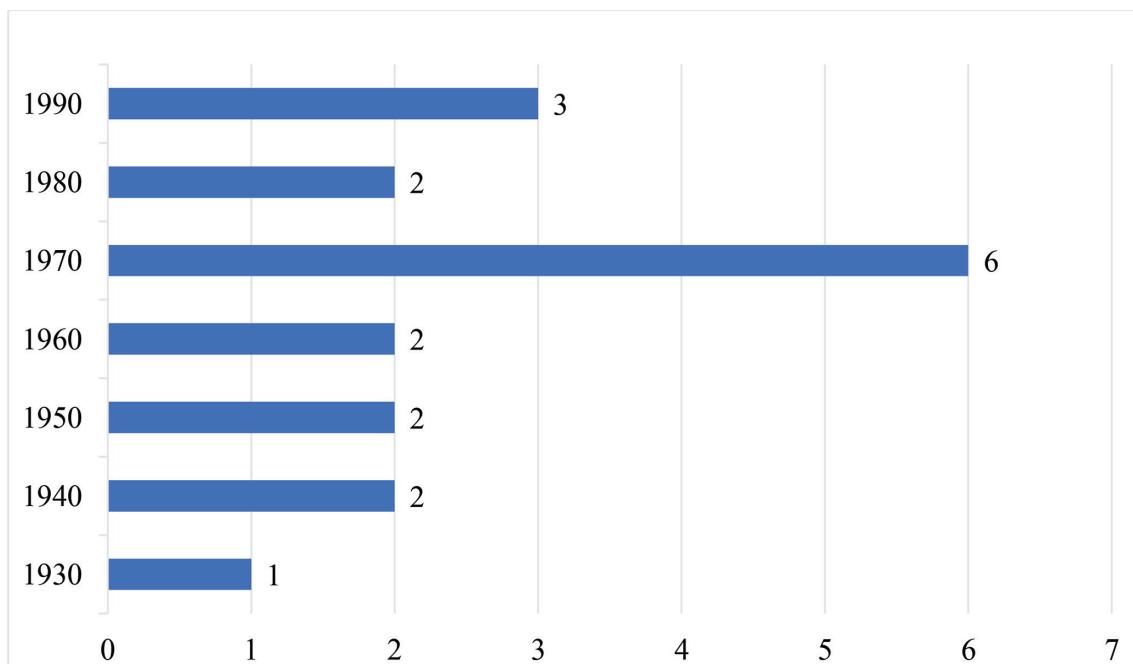
Mapa 1. Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores.

¹⁹ Costa Filho, 2008, 28.

Gráfico 1. Número de poços perfurados por década nos setores 1 e 2 da pesquisa



Fonte: SIAGAS, 2021.

A primeira visita ao campo ocorreu no dia 16 de novembro de 2020 no período vespertino. Foram coletadas informações sobre o estado e funcionamento dos poços por meio de perguntas aos proprietários ou responsáveis pelas obras de captação. Essas informações foram registradas em planilha, constituindo assim, uma atualização, sistematização e composição de cadastro de poços, visto que eles foram construídos antes dos anos de 1990. Além disso, as informações do SIAGAS não fornecem o endereço completo/consistente, o que dificultou a localização dos poços no campo.

Para identificação das coordenadas *Universal Transversa de Mercator* (UTM) foi utilizado um receptor *Global Positioning System* (GPS) de navegação, com intuito de atualizar a localização dos poços. As demais visitas a campo ocorreram nos dias 20 de novembro, 01 de dezembro e 16 de dezembro de 2020, seguindo as medidas de proteção contra a disseminação da COVID-19.

A análise e integração dos dados obtidos através da pesquisa de campo foram realizadas por meio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), integrando dados e informações hidrogeológicas, ambientais e do cadastro de poços. As informações foram geradas por meio da interpretação de gráficos, mapas, tabelas e planilhas com o intuito de organizá-los de maneira simples para uma fácil leitura e interpretação.

Captação e Uso das Águas Subterrâneas em Mossoró

Quando a CAERN assumiu o abastecimento de água da cidade em 1970, fomentada por recursos do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), foi realizado um estudo hidrogeológico do aquífero Açu chamado de “Estudos Hidrogeológicos para Ampliação do Abastecimento d’Água da Cidade de Mossoró” sendo esse o primeiro estudo do aquífero na região de Mossoró²⁰. Até então, a população se utilizava de autoabastecimento individual por meio de poços tubulares, poços manuais e cisternas²¹.

No ano de 1972, a empresa anteriormente conhecida como AQUA-PLAN (Estudos, Projetos e Consultoria), atualmente denominada ACQUAPLAN - Tecnologia e Consultoria Ambiental LTDA, foi contratada pela CAERN para realizar um estudo que possibilitou o abastecimento da cidade de Mossoró por meio de uma série de poços tubulares que exploraram água do aquífero Açu²². No Gráfico 1, é apresentado o número de poços perfurados por década na área de estudo de acordo com dados do SIAGAS.

Ao longo da década de 1970, observou-se um aumento significativo na construção de poços, período

²⁰ Morais et al., 2005, 26.

²¹ Queiroz, 2012, 48.

²² Morais et al., 2005, 26.

marcante na história de Mossoró. Esse período coincide com o crescimento da cidade a partir de 1960, impulsionado pela demanda por serviços urbanos essenciais. O crescimento populacional registrado em Mossoró a partir de 1960 está relacionado à atração exercida pela cidade, que se destacava como centro de migração para atividades relacionadas à indústria salineira, agricultura e, posteriormente, petróleo. Em paralelo a esse crescimento, a CAERN desenvolveu um sistema de abastecimento de água, cujas obras tiveram início nos anos 1970²³. Essa comparação ilustra a relevância das águas subterrâneas no contexto do crescimento demográfico e econômico de Mossoró, sendo um fator essencial para sustentar o desenvolvimento da cidade.

A CAERN mantém-se como a empresa responsável pelo abastecimento de água em Mossoró por meio da Adutora Jerônimo Rosado, que foi concluída e está em operação desde o ano 2000 e, principalmente, através de poços tubulares localizados estratégicamente no perímetro urbano do município. O sistema adutor capta água no açude da barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves no Rio Piranhas-Açu, cerca de 70 km distante de Mossoró.

De acordo com o Relatório Técnico I, emitido em 2010, produto do Plano de Desenvolvimento para o Sistema de Saneamento Básico do Município de Mossoró, realizado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), sob encomenda da Prefeitura Municipal de Mossoró (PMM), no referido ano, a cidade era abastecida com aproximadamente 60 % de água oriunda de poços tubulares e os outros 40 % eram fornecidos através da Adutora Jerônimo Rosado. O mesmo relatório, aponta que no ano de 2010 estavam em funcionamento 14 poços tubulares somados a um poço em período de teste e um em recuperação. Esses poços juntos forneciam aproximadamente 660 l/s somados a 220 l/s fornecidos pela Adutora Jerônimo Rosado, totalizando 880 l/s. O relatório informa ainda que, no ano de 2009, 96,82 % da população urbana do município de Mossoró era atendida pelo Sistema de Abastecimento de água.

No ano de 2014, Mossoró era abastecida com 70 % das águas vindas de poços tubulares e 30 % da barragem Eng. Armando Ribeiro Gonçalves por meio do sistema adutor Jerônimo Rosado. No mesmo ano foram mapeados 16 poços tubulares profundos no perímetro urbano de Mossoró operados pela CAERN para fins de abastecimento urbano²⁴.

De acordo com dados fornecidos pelo SIAGAS através de uma busca geral em seu site usando os filtros: bacia hidrográfica Atlântico Sul/ N/NE, região Nordeste, estado do Rio Grande do Norte e município de Mossoró no mês de junho de 2021 foram encontrados registros de 764 poços no território do respectivo município, sendo que 105 poços se encontravam na área urbana. Todos esses poços são do tipo tubular.

No entanto, os poços escavados foram amplamente utilizados pela população como fonte de abastecimento doméstico antes da implementação do sistema convencional de fornecimento de água nas residências. Uma evidência dessa prática é a presença de poços remanescentes no bairro Dom Jaime Câmara, que foram escavados há aproximadamente 30 anos e continuaram sendo utilizados como fonte de abastecimento doméstico de acordo com relatos dos proprietários. Atualmente, os poços remanescentes são usados como fonte secundária/alternativa de abastecimento, sendo a fonte primária a água distribuída pelo sistema de abastecimento convencional. O uso privado de águas subterrâneas tende a passar despercebido pelas estatísticas nacionais, ou não são conhecidas pelo governo, porém são essenciais para a complementação do abastecimento principalmente em períodos de escassez²⁵.

No trabalho de Queiroz²⁶ o autor traz elementos sobre o contexto histórico de urbanização da cidade de Mossoró, atrelados a dados de acesso a esgotamento sanitário e acesso à água canalizada nas residências. Conforme o autor, até o início dos anos 1970 a população de Mossoró utilizava água de cacimbões e/ou de cisternas —que captavam água das chuvas— para beber e cozinhar; e do rio Apodi-Mossoró para outros usos domésticos menos nobres, como, por exemplo, para o banho e limpeza em geral.

No século XIX, o uso de cacimbas desempenhou um papel fundamental no abastecimento de água potável na então vila de Aracati, situada no estuário do rio Jaguaribe. A salinidade presente no rio, advinda do oceano, limitava o uso da água coletada em seu leito. A coleta e o transporte de água das cacimbas marcaram o cenário histórico, socioambiental e econômico da região²⁷. Atualmente, a cidade de Aracati está situada no estado do Ceará, a cerca de 92 km do centro de Mossoró.

Nesse contexto, faz-se relevante destacar que os poços podem ser de dois tipos, de acordo com a

²³ Queiroz, 2012, 37.

²⁴ Oliveira Junior, 2016, 16.

²⁵ Foster et al., 2022, 2.

²⁶ Queiroz, 2012, 1-174.

²⁷ Bezerra Diniz, 2018, 12-13.

classificação de Vasconcelos²⁸. Os poços escavados são construídos manualmente e apresentam diâmetro superior a 0,5 m, podendo ser subdivididos em cacimba, cacimbão e poço amazonas, com diferenças no diâmetro da boca e na presença de revestimento interno. Por outro lado, os poços tubulares são construídos com máquinas perfuratrizes e possuem revestimento tubular de policloreto de vinila (PVC) ou aço, com diâmetros geralmente menores que 1 metro. Esses poços podem ser subdivididos em poços freáticos, que captam água de aquíferos livres, e poços artesianos, que captam água de aquíferos confinados e podem ser jorrantes ou não jorrantes, dependendo da ultrapassagem natural ou não do nível piezométrico regional da água subterrânea.

São classificados como cacimbas, os poços escavados com diâmetro superior a 0,5 m sem revestimento. O cacimbão como observado na Figura 1 é o poço escavado com diâmetro entre 1 a 5 m com revestimento interno parcial ou total. O poço amazonas é caracterizado por possuir mais de 5 m de diâmetro e ter revestimento interno parcial ou total²⁹.

A espessura de um poço tubular é medida em polegadas, sendo mais comuns espessuras de seis e oito polegadas, podendo ainda o mesmo poço possuir diferentes espessuras, variando com sua profundidade. Os poços freáticos, captam água em aquíferos livres,

e os poços artesianos, captam água em aquíferos confinados, neste caso, os poços artesianos podem ser jorrantes quando a água ultrapassa o nível do terreno naturalmente sem a necessidade de bombeamento, ou não jorrantes quando a água não ultrapassa o nível do terreno naturalmente³⁰.

No levantamento realizado na etapa pré-campo foram identificados no Setor 1 e 2 o total de 29 poços tubulares cadastrados no SIAGAS. Desse total, através de visitas técnicas, foi constatado que: 20 poços estão inativos; seis não foram localizados; e apenas três estão ativos. Vale enfatizar que foram considerados inativos os poços obstruídos, abandonados e os não equipados. Ademais, foram identificados e cadastrados nove poços, sendo três tubulares e seis escavados. A situação de todos os poços envolvidos na pesquisa é demonstrada no Gráfico 2. O alto número de poços desativados, abandonados e sem informações é preocupante e necessita de estudos que ajudem na gestão das águas subterrâneas em Mossoró³¹.

Dos nove poços que foram cadastrados em campo, sete estão ativos e dois estão inativos. Dessa forma, somados os poços do SIAGAS com os cadastrados em campo, o Setor 1 e o Setor 2 totalizam 10 poços ativos, 22 inativos e seis que constam no SIAGAS, mas não foram localizados em campo. A Tabela 1 traz o quantitativo dos poços ativos, inativos e não localizados por setor de estudo. Trabalhando com os dados dos poços urbanos disponibilizados pelo SIAGAS. Silva³² demonstrou a situação de 105 poços, sobre os quais os dados apontaram que 61 % dos poços da área urbana de Mossoró estão inativos ou não apresentam dados sobre sua situação e 39 % constam como ativos.

Considerando apenas os poços ativos, observou-se a seguinte distribuição: dos 10 poços ativos, quatro são poços tubulares, sendo três operados pela CAERN e um operado por um hotel, todos no Setor 1 da pesquisa. Dos seis poços escavados, três estão em residências no bairro Dom Jaime Câmara (Setor 2), dois são de posse de floriculturas nos bairros Belo Horizonte e Ilha de Santa Luzia (Setor 1) e um fica no mesmo hotel citado, também no bairro Ilha de Santa Luzia (Setor 1).

Os poços escavados são apenas seis no total, porém o que chama atenção é que todos esses poços continuam ativos e são utilizados como fonte secundária de abastecimento em caso de falta de água ou em usos domésticos de um modo geral por serem relativamente fáceis com relação à manutenção e à exploração, visto que

Figura 1. Cacimbão no bairro Belo Horizonte em Mossoró-RN



Fonte: Silva, 2022.

²⁸ Vasconcelos, 2015, 9-10.

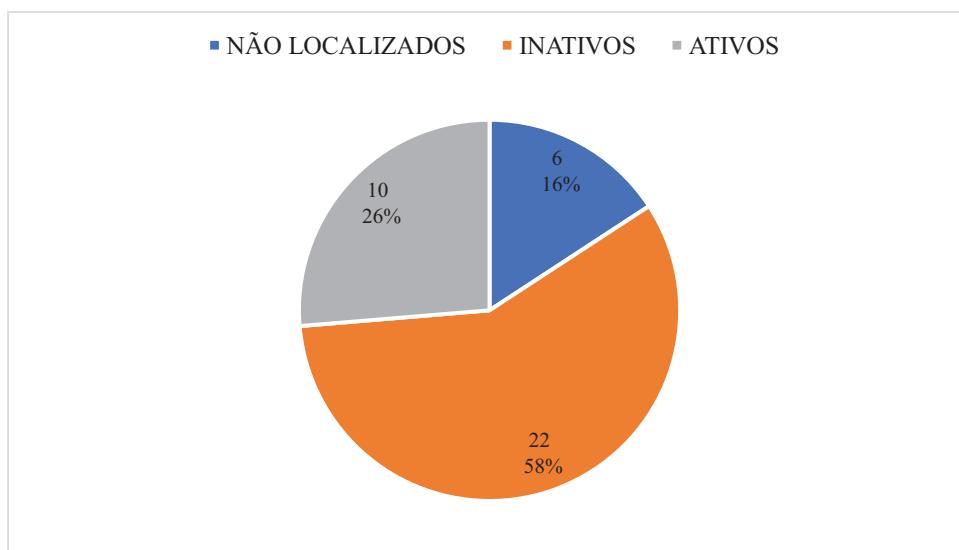
²⁹ Vasconcelos, 2015, 10.

³⁰ Vasconcelos, 2015, 10.

³¹ Silva, 2018, 31.

³² Silva, 2018, 31.

Gráfico 2. Situação e atividade dos poços



Fonte: Pesquisa de campo e SIAGAS.

esse tipo de poço é construído onde o lençol freático encontra-se próximo da superfície do terreno, o que facilita o acesso à água. Os poços tubulares, como visto na Tabela 1, totalizam 22 poços desativados o que demonstra menor perenidade desse tipo de poço.

Somado a isso, a oferta de água canalizada nas residências na área urbana cresceu a passos largos a partir do ano de 1970 (Tabela 2). Em termos de porcentagem, o maior crescimento foi de 241 % registrado entre os anos de 1970 e 1980, sendo que a quantidade de domicílios atendidos passou de 2.649 para 9.649, respectivamente. Em números absolutos, o maior crescimento foi registrado entre os anos de 2000 e 2010, quando houve um aumento de 21.262 domicílios atendidos, passando de 46.198 para 67.460, respectivamente.

Com o crescimento do número de domicílios ligados à rede geral de distribuição de água, houve uma

consequente diminuição no número de poços usados pela população, acarretando o abandono/desativação desses sistemas de captação. Em Fortaleza também observou-se esse comportamento de diminuição no número de poços na área urbana, comparando dados do censo de 2000 e 2010. O avanço na taxa de domicílios com abastecimento de água convencional diminuiu a utilidade de vários poços na cidade, contudo ainda há uso alternativo de água para grande parte dessas obras de captação³³. Na Figura 2 pode-se observar um poço tubular inativo localizado no bairro Ilha de Santa Luzia.

Diferente dos poços escavados, os poços tubulares requerem maiores cuidados na manutenção, além de energia elétrica para captação por bombas, portanto, mais apporte financeiro para construção e operação.

Tabela 2. Número de domicílios com água canalizada em Mossoró-RN entre 1970 e 2019

Ano	Número Total de Domicílios	Número Total de Domicílios Atendidos	(%)
1970	16.862	2.649	15,70%
1980	27.995	9.057	32,35%
1991	41.666	25.376	60,90%
2000	52.479	46.198	88,03%
2010	73.365	67.460	91,95%
2019	81.431	78.776	96,74%

Fonte: IBGE, SNIS.

Tabela 1. Poços ativos, inativos e não localizados por setor de estudo

SITUAÇÃO	SETORES	POÇOS CADASTRADOS NO SIAGAS	POÇOS CADASTRADOS EM CAMPO	TOTAL
ATIVOS	Setor 1	3	4	10
	Setor 2	0	3	
INATIVOS	Setor 1	17	1	22
	Setor 2	3	1	
NÃO LOCALIZADOS	Setor 1	6	0	6
	Setor 2	0	0	

Fonte: Pesquisa de Campo e SIAGAS.

³³ Peixoto et al., 2017, 20-28.

Figura 2. Poço tubular inativo no bairro Ilha de Santa Luzia



Fonte: Silva, 2022.

É notável, diante do baixo número de poços tubulares em atividade, a diminuição da importância desse recurso no contexto do abastecimento alternativo, mesmo com os frequentes problemas de desabastecimento de água na cidade e perante os riscos de desabastecimento pela escassez de fontes hídricas.

A maior dependência do sistema de abastecimento das águas do açude Armando Ribeiro pode aumentar o risco de desabastecimento da cidade, em função da frequente diminuição de volume de água em decorrência de secas interanuais. Além disso, o sistema mencionado é extensivamente empregado na bacia do Rio Piranhas-Açu, tanto para a prática de carcinicultura e agricultura irrigada quanto para suprir as necessidades de abastecimento de cidades e outras comunidades situadas na região da bacia. Sobre esse risco, Troleis, Macedo e França³⁴ ponderam que quando se leva em consideração o quantitativo populacional municipal do indicador e o nível de renda, que estão associados a uma alta demanda e perspectiva de crescimento desta, Mossoró apresenta um risco alto de desabastecimento.

No Setor 1, há apenas quatro poços tubulares ativos, sendo três operados pela CAERN com profundidades de 810 m, de 920 m e de 1.020 m, ou seja, são poços profundos que captam água no aquífero Açu. Já em relação

ao Setor 2, não foi registrado nenhum poço tubular em atividade, mas apenas poços escavados que, a julgar pela localização (Mapa 2) e profundidade de 3 m, de 4 m e de 5 m, aproximadamente, captam água na formação Barreiras. Além disso, a proximidade de um córrego explica as condições semiaflorantes do lençol freático na área.

A opção de autoabastecimento por meio de poços tubulares se torna viável a partir da necessidade de grande volume de água para serviços gerais, como no caso do hotel, que possui extensas áreas verde que demandam irrigação constante. De acordo com informações obtidas pela direção, o poço tubular tem aproximadamente 50 m de profundidade. Portanto, levando em consideração sua localização às margens do Rio Apodi-Mossoró e sua profundidade, a captação de água ocorre no aquífero Aluvionar.

Os poços ativos estudados apresentam variações quanto aos aspectos construtivos, à profundidade e ao período de construção/escavação. Dessa forma, os aquíferos explotados são quatro: foram registrados sete poços rasos captando água nas aluviões, no aquífero Jandaíra e no aquífero Barreiras; e três poços profundos captando água no aquífero Açu, com profundidades entre 810 m a 1.020 m.

Quanto ao uso das águas subterrâneas, todos os poços em atividade estão voltados para o abastecimento humano, sendo três poços tubulares profundos usados para abastecimento urbano, operados pela CAERN e um poço tubular raso usado pelo hotel para serviços gerais. Quanto aos poços escavados, todos os seis são utilizados como fonte de abastecimento em atividades domésticas de serviços gerais de forma alternativa/secundária.

Em trabalhos anteriores, Silva³⁵ e Peixoto *et al.*³⁶ constataram usos múltiplos das águas subterrâneas em Mossoró. Essas investigações utilizaram dados disponibilizados pelo SIAGAS, nos quais se constata que os principais usos foram: abastecimento urbano, uso doméstico, uso industrial, lazer e irrigação. Levando em consideração os poços em operação na atualidade, não foi constatado muitos usos, sendo as águas subterrâneas voltadas para abastecimento urbano/doméstico e irrigação.

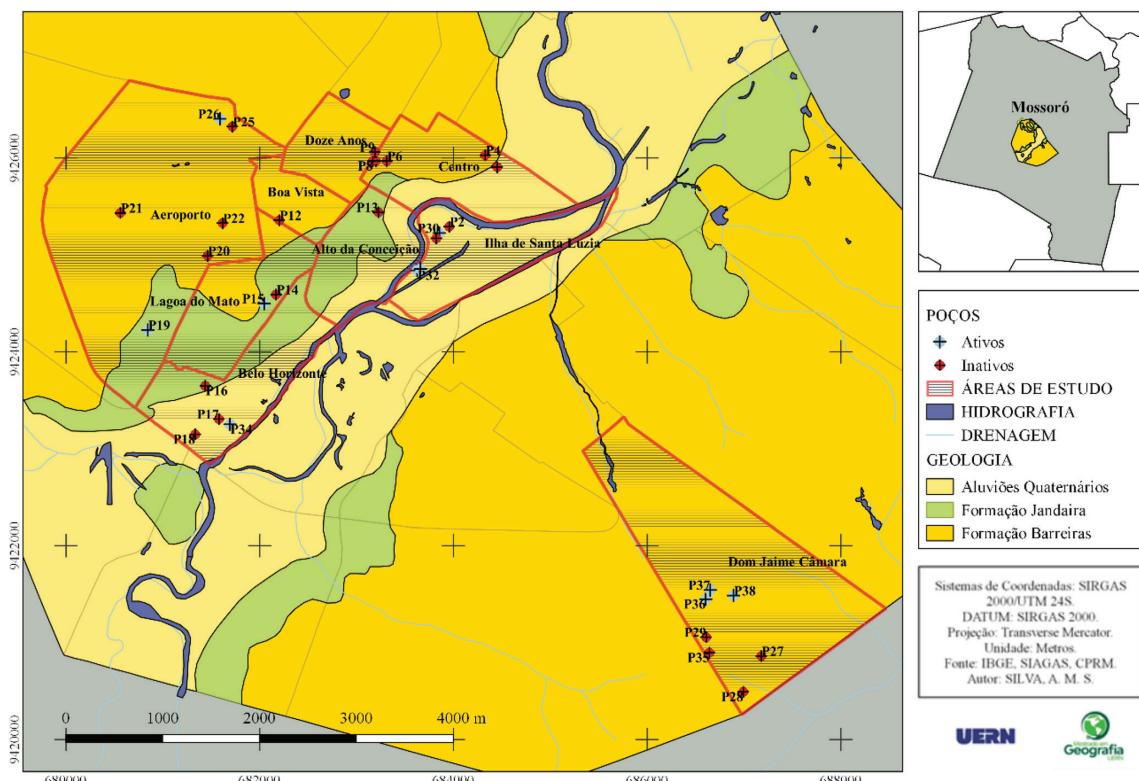
Nesse contexto, Howard e Gelo³⁷ demonstraram através de um esquema (Figura 3) o perfil de cidades populosas que fizeram uso intensivo de águas subterrâneas.

³⁴ Silva, 2018, 32.

³⁵ Peixoto et al., 2021, 301.

³⁶ Howard e Gelo, 2002, 45.

Mapa 2. Localização dos poços e hidrogeologia da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os pesquisadores relatam uma série de diferentes estágios (tendências) pelos quais cidades populosas passaram no seu processo de amadurecimento gradual, sendo aqueles estágios relacionados à infraestrutura de abastecimento de água e ao esgotamento sanitário. Isto posto, originalmente as cidades que usufruem das águas subterrâneas o fazem através de poços rasos privados, localizados nas zonas centrais do núcleo, que representam uma fonte confiável e de baixo investimento inicial, além de serem bastante acessível.

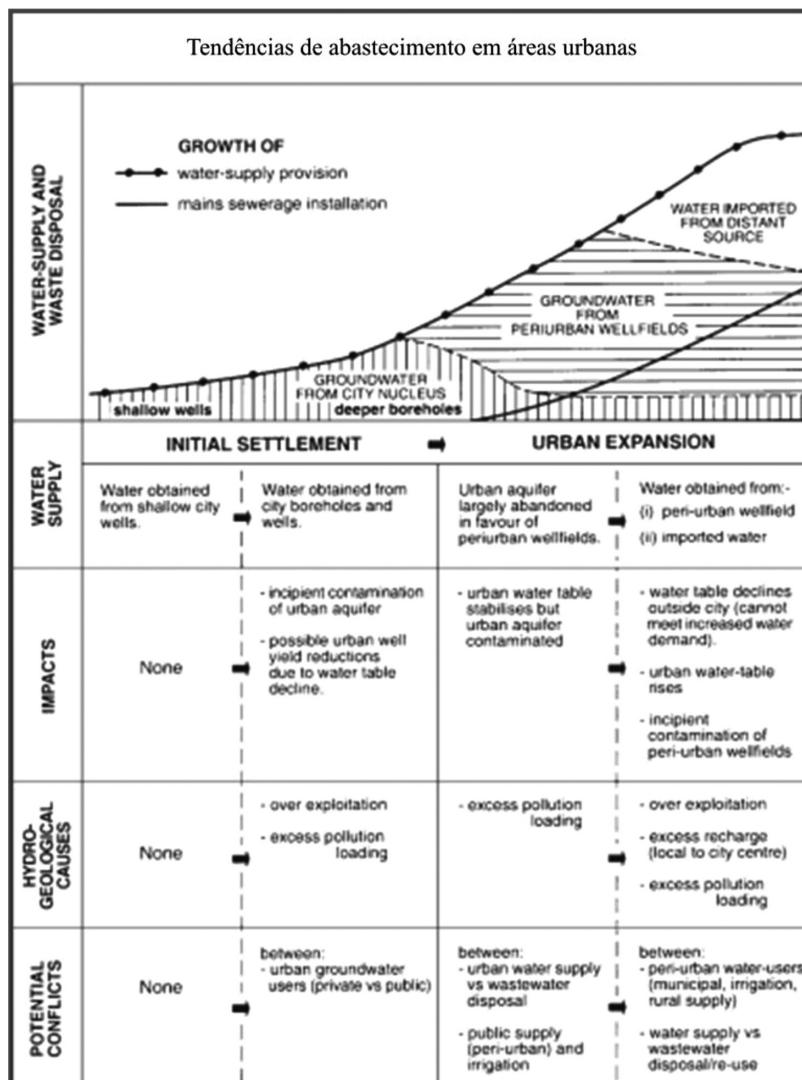
Fazendo uma análise comparativa do histórico do uso das águas subterrâneas de Mossoró com o esquema mencionado, são notórias algumas características semelhantes aos estágios de desenvolvimento de grandes cidades que fizeram uso intensivo das águas subterrâneas. No caso de Mossoró, o abastecimento iniciou-se por poços rasos (cacimbas e cacimbões) localizados nas áreas centrais e próximos ao rio Apodi-Mossoró, com a possibilidade de uso de água diretamente do rio.

Com o crescimento e concentração da população na zona urbana do município nas décadas de 1960 e 1970, procedeu-se à designação pelo poder público municipal para o início do abastecimento de água operado pela CAERN, através de poços profundos, alguns superando os 1.000 metros. Já nos anos de 1980

e 1990 houve considerável crescimento populacional urbano em virtude da consolidação da cidade de Mossoró como centro regional, tendo como principais atividades econômicas as indústrias salineiras e petrolífera e a fruticultura irrigada. No início dos anos 2000 Mossoró passa a ser abastecida parcialmente através da Adutora Jerônimo Rosado, que fornece em torno de 30 % do abastecimento na cidade, mas para fornecer água à cidade de Mossoró e mais outras quatro sedes municipais está em construção a Adutora Apodi-Mossoró, que captará água no açude da Barragem de Santa Cruz no município de Apodi com capacidade estimada em 460 l/s e com aproximadamente 90 km de extensão.

A construção da Adutora Apodi-Mossoró poderá suprir a demanda de água de Mossoró juntamente com a Adutora Jerônimo Rosado. A justificativa para a realização da obra da adutora é que a disponibilidade hídrica do Açude de Santa Cruz irá substituir o abastecimento realizado por poços profundos que captam água no aquífero Açu em regime de exaustão. Isso irá gerar uma preservação do nível do aquífero, economia nos custos de manutenção, redução dos gastos com energia elétrica, melhor distribuição, consumo e qualidade da água, segundo relatório elaborado pela Fundação Getúlio

Figura 3. Uso intensivo de águas subterrâneas em áreas urbanas



Fonte: Adaptado de Howard e Gelo, 2002.

Vargas (FGV). Além disso, o Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF) beneficiará com reforço hídrico os açudes de Pau dos Ferros e Santa Cruz do Apodi, localizados na bacia do rio Apodi. Esses açudes são as fontes hídricas da adutora Alto Oeste, que está em construção e atenderá 24 municípios.

A manutenção dos poços tubulares é fundamental para a gestão dos recursos hídricos locais e para o abastecimento da cidade, sendo uma fonte estratégica vital capaz de abastecer Mossoró em casos de estiagens e rebaixamento dos níveis dos reservatórios superficiais. Além disso, esse recurso poderá suprir demandas futuras que virão surgir com o crescimento populacional e consequente aumento na demanda por água. Para preservação desse recurso é necessário ter um correto processo de desativação desses poços, a fim de

deixá-los aptos a serem utilizados em caso de necessidade e para evitar que se tornem vias contaminantes para o aquífero.

Ao longo do tempo, as águas subterrâneas emergiram como a principal fonte de abastecimento urbano em Mossoró. O uso expressivo de poços profundos por empresas na década de 1970, juntamente com a transição gradual para o sistema de abastecimento da CAERN, delineou uma mudança significativa no uso das águas subterrâneas pela população e empresas. Essa transição foi motivada pela busca por uma alternativa mais acessível e segura, resultando na diminuição do uso de poços individuais em prol da rede de distribuição centralizada. A análise dessas descobertas destaca a importância da atualização do cadastramento dos poços pela administração local, visando um planejamento eficaz e a gestão sustentável dos recursos

hídricos subterrâneos, além da necessidade de estudos contínuos sobre a qualidade da água, especialmente nas áreas com deficiências no saneamento básico, onde a contaminação dos aquíferos livres representa uma preocupação relevante³⁸.

Considerações Finais

As águas subterrâneas na cidade de Mossoró têm sido a principal fonte de abastecimento urbano. Ao verificarmos os dados históricos, as fichas dos poços do SIAGAS, as referências bibliográficas e os resultados da pesquisa de campo, fica perceptível o fato de que as águas subterrâneas foram e ainda são fundamentais para a cidade desde a intensificação do crescimento da população urbana após a década de 1960. Muitos poços profundos foram perfurados principalmente a partir dos anos de 1970 por empresas que os utilizaram para se auto abastecer, pois necessitavam de grande volume de água. Já a demanda doméstica durante muitos anos foi suprida através de abastecimento em poços rasos próximos ao leito dos rios e em aquíferos livres como o Barreiras e o Jandaíra.

Com o gradativo aumento do fornecimento de água a partir dos anos de 1970 —quando a CAERN assumiu o abastecimento da cidade—, verificou-se uma diminuição no uso das águas subterrâneas —através de poços particulares— por parte da população e das empresas, ocorrendo, portanto, a migração para o sistema de abastecimento de água através da rede geral de distribuição, que se mostrou uma alternativa mais barata e segura que o autoabastecimento. Naturalmente, também houve consequente diminuição no número de poços rasos em operação, sendo a maioria dos poços profundos na zona urbana de Mossoró, aqueles operados pela CAERN, como fontes para o sistema de abastecimento municipal, e poços manuais em bairros periféricos da cidade, captando níveis freáticos subaflo-
rantes próximo à sistemas fluviais.

Os resultados da pesquisa são muito importantes para a compreensão da captação e uso das águas subterrâneas de Mossoró. Por meio das informações obtidas é possível ter uma noção do atual cenário dos poços na cidade e perceber as nuances entre diferentes áreas da mesma. Recomenda-se a realização de um trabalho de cadastramento e atualização dos poços no âmbito urbano e municipal em Mossoró, por parte dos órgãos

responsáveis, visando o planejamento e a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. É de suma importância identificar os usuários, os tipos de usos e as estruturas de captação.

Além da quantificação desses dados, é igualmente necessário realizar estudos sobre a qualidade da água. Em áreas da cidade onde sistemas de saneamento básico ainda são rudimentares, é constatado o lançamento direto de esgoto em superfícies abertas. Conforme evidenciado neste estudo, a cidade possui aquíferos livres com nível freático raso, variando entre três e cinco metros de profundidade, tornando-os suscetíveis à contaminação.

Referências

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)

2021: *Atlas águas: segurança hídrica do abastecimento urbano*. Brasília (Brasil). <http://atlas.ana.gov.br>. Consulta realizada em 10 de janeiro de 2022.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)

2020: *Conheça a ANA*. <http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreAna/Default.aspx>. Consulta realizada em 06 de setembro de 2020.

Beltrão, B. A. Rocha, D. E. G. A. Mascarenhas, J. C. Souza Junior, L. C. Pires, S. T. M. Carvalho, V. G. D. (Coords.).

2005: *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Rio Grande do Norte: relatório diagnóstico do município de Mossoró*. Recife (Brasil). <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/17028>

Bezerra Diniz, J. N. 2018: Abastecimento de água no Brasil setentrional: a gestão hídrica em Aracati (século XIX). *Aqua y Territorio / Water and Landscape*, (11), 10-21. <https://doi.org/10.17561/at.11.2998>

Conicelli, B. Hirata, R., Galvão, P., Aranda, N., Terada, R., & Gutiérrez, O. J. G. 2021: Groundwater governance: The illegality of exploitation and ways to minimize the problem. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 93(1), e20200623. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120200623>

Costa Filho, W. D. et al. 2008: *Hidrogeologia do aquífero Açu na borda leste da Bacia Potiguar: trecho Upanema-Afonso Bezerra*. <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/10564>.

Feitosa, F. A. C. Manoel Filho, J. Feitosa, E. C. Demetrio, J. G. A. (Coord.) 2008: *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro (Brasil). <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/14818>.

Foster, S. Hirata, R. Eichholz, M. Alam, M.-F. 2022: Urban Self-Supply from Groundwater—An Analysis of Management Aspects and Policy Needs. *Water*, 14(4), 575. <http://dx.doi.org/10.3390/w14040575>

³⁸ Silva, 2022, 29-30.

Miscelánea

Anderson Mikael de Souza Silva, Filipe da Silva Peixoto

- Hirata, R. Suhogusoff, A. V. Marcellini, S. S. Villar, P. C., & Marcellini, L.** 2019: As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil. São Paulo: Universidade de São Paulo. <https://doi.org/10.3390/w14040575>
- Howard, K.W.F. e Gelo, K. K.** 2002: "Intensive groundwater use in urban areas: the case of megacities". Em Llamas, M. R. e Custodio, E. *Intensive Use of Groundwater Challenges and Opportunities*. Balkema Publishers: Netherlands. 35-58.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)** 2010: *Censo Demográfico 2010*. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro/panorama>. Consulta realizada em 01 de julho 2021.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)** 2020: *População Estimada 2020*. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro/panorama>. Consulta realizada em 01 de julho 2021.
- Manoel Filho, J. et al.** 2010: *Avaliação dos Recursos Hídricos Subterrâneos e Proposição de Modelo de Gestão Compartilhada para os Aquíferos da Chapada do Apodi, entre os Estados do Rio Grande do Norte e Ceará*. Brasília (Brasil).
- Mendonça, F.; Danni-oliveira, I. M.** 2007: *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo (Brasil). Oficina de Texto.
- Miranda, T. S.** 2011: *Estudo geofísico e geológico-estrutural da Chapada do Apodi, Bacia Potiguar*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife (Brasil).
- Morais, F. Melo, J. G. Medeiros, J. I. Srivastava, N. K. Diniz Filho, J. B. Lopes, V. L. Oliveira, J. A. Vasconcelos, M. B.** 2005: *Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste brasileiro. Avaliação do aquífero Açu na borda sul da bacia Potiguar – Trecho: Upanema-Afonso Bezerra*. Recife (Brasil).
- Oliveira Junior, H. S.** 2016: *Monitoramento e mapeamento das águas subterrâneas de abastecimento urbano do município de Mossoró-RN*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró (Brasil). <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.6.p1825-1835>
- Peixoto, F. S. et al.** 2017: "O Sistema de Informação Geográfica (SIG) aplicado ao Abastecimento Hídrico e Esgotamento Sanitário". *Revista do Departamento de Geografia*, Volume Especial (1), 20-28. <https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.132599>
- Peixoto, F. S. et al.** 2018: "Índice de Saneamento Ambiental da Área Urbana do Município de Mossoró – RN". *Revista Brasileira de Geografia Física*, 1 (6), 2130-2139. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.6.p2130-2139>
- Peixoto, F. S., Oliveira, J. P., Santos, H. D. C.** 2021: O esgotamento sanitário e expansão urbana em Mossoró-RN. *Sociedade E Território*, 33(2), 189-211. <https://doi.org/10.21680/2177-8396.2021v33n2ID23413>
- Peixoto, F. S. Torres, L. M. G. Ferreira, I. C. S. Silva, A. M. S.** 2021: "A city on waters: use and quality of the groundwater in Mossoró-RN". *Geosaberes*, 12, 294 - 307. <https://doi.org/10.26895/geosaberes.v12i0.1114>
- Queiroz, R. J. G.** 2012: *Política urbana e desigualdades socioespaciais em Mossoró – RN: uma investigação acerca das políticas de implantação da rede de esgotamento sanitário*. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual do Ceará, Mestrado em Geografia.
- Rocha, A. B.** 2018: Proposta Metodológica de Caracterização Climática: Estudo de Caso. *Pensar Geografia*, 2(1), 37-52. <https://doi.org/10.26704/pgeo.v2i1.775>
- Rodrigues, F. P., Albuquerque, P. I. M. e Peixoto, F. S.** 2019: "Expansão Urbana Sobre a Planície Fluvial do Rio Apodi/Mossoró: mapeamento das Áreas de Risco". Anais. *XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. Fortaleza (Brasil). 1-14.
- Silva, A. M. S.** 2018; *Captação e uso das águas subterrâneas na área urbana de Mossoró-RN*. Monografia. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró (Brasil).
- Silva, A. M. S.** 2022; *Captação, uso e qualidade das águas subterrâneas na área urbana de Mossoró-RN*. Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró (Brasil).
- Troleis, A. Macedo, Y., e França, V.** 2020: Risk of Water Shortage in The West Region Of Rio Grande do Norte, Brazil. *Geosaberes*, 11, 532 - 550. <https://doi.org/10.26895/geosaberes.v11i0.1074>
- Vasconcelos, M. B.** 2015: Poços Para Captação de Águas Subterrâneas: Revisão de Conceitos e Proposta de Nomenclatura. *Águas Subterrâneas*. <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28288>