



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE LICENCIATURA E BACHARELADO EM GEOGRAFIA

RENATO VIANA WAQUIM

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: como ocorre a sua utilização por meio da empresa pública de abastecimento de água na zona urbana do município de Rosário- MA.

São Luís-MA

2022

RENATO VIANA WAQUIM

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: como ocorre a sua utilização por meio da empresa pública de abastecimento de água na zona urbana do município de Rosário- MA.

Monografia apresentada ao curso de Geografia, da Universidade Estadual do Maranhão, para a obtenção do grau de licenciatura e bacharelado em Geografia.

Orientador: Prof. Me. Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias

São Luís- MA

2022

Waquim, Renato Viana.

Águas subterrâneas: como ocorre a sua utilização por meio da empresa pública de abastecimento de água na zona urbana do município de Rosário – MA/ Renato Viana Waquim. - São Luís, 2022.

47 folhas

Monografia (Graduação) – Curso de Geografia, Universidade Estadual do Maranhão, 2022.

Orientadora: Prof. Me. Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias.

1. Águas subterrâneas. 2. Poços tubulares. 3. Abastecimento urbano. 4. Uso da água.
I. Título.

Elaborado por Giselle Frazão Tavares- CRB 13/665

RENATO VIANA WAQUIM

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: como ocorre a sua utilização por meio da empresa pública de abastecimento de água na zona urbana do município de Rosário-MA.

Monografia apresentada ao curso de Geografia, da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, como pré-requisito para a obtenção do grau em licenciatura e bacharelado em Geografia.

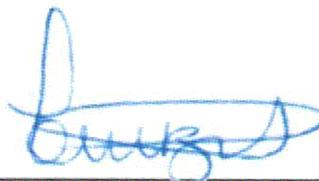
Data Aprovação: 08 / 07 / 2022

Documento assinado digitalmente
gov.br LUIZ JORGE BEZERRA DA SILVA DIAS
Data: 11/08/2022 10:44:41-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. MSc. Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias
(Orientador)

Nádja Furtado Bessa dos Santos

Prof^a. Ma. Nádja Furtado Bessa dos Santos
(1º examinador)



Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos
(2º examinador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me concedido saúde, força e disposição para concluir esta etapa, pois sem ele nada disto seria possível.

A minha família, especialmente minha mãe Maria Eugenia Viana que fez de tudo para tornar os momentos difíceis mais brandos e que sempre me deu apoio e suporte para que eu me tornasse a pessoa que hoje sou.

A minha namorada Andressa Cristiana Freire Viana que nunca me deixou desistir dos meus sonhos.

A minha saudosa tia Maria José Ferreira que também foi fundamental na minha criação e na formação do meu caráter, bem como todos os professores e pessoas que passaram pela minha vida contribuindo e me inspirando de alguma forma.

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias pela paciência e ajuda, por ter aceitado acompanhar-me neste desafio científico. O seu empenho foi essencial para a minha motivação à medida que as dificuldades iam surgindo ao longo do percurso.

Expresso minha gratidão a todos os profissionais do departamento e da direção do curso de Licenciatura e Bacharelado em Geografia da Universidade Estadual do Maranhão, pela paciência e profissionalismo, por todo o apoio que me deram ao longo da realização do meu trabalho.

Aos meus amigos que fizeram parte dessa caminhada, vivenciando momentos de alegrias e aprendizados, sempre me incentivado a buscar novos conhecimentos para o meu crescimento profissional.

E aos professores do curso de licenciatura e bacharelado em Geografia que me forneceram todas as bases necessárias para a realização deste trabalho, agradeço com profunda admiração pelo vosso profissionalismo na minha graduação.

"O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis".

(José de Alencar)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-Carta imagem do município de Rosário- MA.....	28
Figura 2-Perímetro urbano do município de Rosário	29
Figura 3- Preparação para a retirada dos materiais	33
Figura 4-Clorador e Momento da cloração	33
Figura 5-- Preparação para a manutenção corretiva	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-Porcentagem nacional do uso das águas subterrâneas.....	22
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água dos poços de maneira geral	35
Tabela 2-Natureza e situação dos poços cadastrados	36
Tabela 3- Porcentagem do uso dos poços tubulares.....	37
Tabela 4-Classificação das águas subterrâneas, quanto ao STD	38

RESUMO

Administrar os recursos hídricos, de maneira que possa suprir as necessidades de água da população, oferecendo qualidade e quantidade, vem sendo constantemente estudado por muitos pesquisadores, ocorrendo por meio da sistematização do processo, mediante dos inúmeros fatores envolvidos. Diante do exposto, e vislumbrando a análise do uso atual das águas subterrâneas na zona urbana da cidade de Rosário, foi realizada uma pesquisa criteriosa, para que fosse possível o desenvolvimento do tema. Desta forma, foram utilizados dados coletados e informações cedidas pela empresa de abastecimento do município Serviço Autônomo de Águas e Esgotos (SAAE) de todos os poços tubulares instalados na zona urbana do município, para diversos tipos de usos. Todos os poços tubulares cadastrados, são direcionados para o uso geral da população, urbano e empresarial. A utilização das águas subterrâneas urbano representa em termos volumétricos, total de 100% da água extraída, uma vez que o sistema de abastecimento é totalmente feito por meio das águas subterrâneas. O estudo também apontou que a empresa realiza manutenção e limpeza periodicamente, e a adição de cloro é feita semanalmente, contribuindo assim para uma água de qualidade e dentro dos padrões de potabilidade.

Palavras-chave: águas subterrâneas; poços tubulares; abastecimento urbano; uso da água.

ABSTRACT

Managing water resources, so that it can supply the water needs of the population, offering quality and quantity, has been constantly studied by many researchers, occurring through the systematization of the process, through the numerous factors involved. In view of the above, and considering the analysis of the current use of groundwater in the urban area of the city of Rosário, a careful research was carried out, so that it was possible to develop the theme. In this way, collected data and information provided by the municipal supply company Serviço Autônomo de Águas e Esgotos (SAAE) of all tubular wells installed in the urban area of the municipality were used, for different types of uses. All registered tubular wells are intended for general use by the population, urban and business. The use of urban groundwater represents, in volumetric terms, a total of 100% of the water extracted, since the supply system is entirely made through groundwater. The study also pointed out that the company performs maintenance and cleaning periodically, and the addition of chlorine is done weekly, thus contributing to quality water and within potability standards.

Keywords: groundwater; tubular wells; urban supply; use of water.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 Águas subterrâneas	15
2.1. 1 Qualidade das águas subterrâneas	15
2.1. 2 Propriedades das águas subterrâneas	16
2. 2 Aquíferos	17
2.2. 1 Aquífero Itapecuru	19
2.4 CENÁRIOS DA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRANEA	20
2.4.1 Cenário mundial	20
2.4.2 Cenário brasileiro	21
2.5 Várias formas de utilização da água	23
2.5.1 Consumo humano	23
2.5.2 Uso Industrial	23
2.5.3 Agricultura	23
2.5.4 Transporte	24
2.4.5 Lazer	24
2.4.6 Paisagismo	24
3 Estações de Tratamento de Água (ETA)	24
4 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ROSÁRIO	27
4.1 Localização e Acesso	27
5. MATERIAL E MÉTODOS	30
5.1 Tipo de Pesquisa	30
5.2 Local de Pesquisa	30
5.3 Instrumento de coleta de dados	30
5.4 Análise dos dados	31
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6.1 Quantidade de poços tubulares na cidade de Rosário- MA	32
6.2 Manutenção, limpeza e tratamento dos poços, como são realizadas	32
6.3 Existência de poços com problemas de contaminação/poluição	35
6.4 Diagnóstico dos poços cadastrados	36
6.5 Finalidade da utilização das águas subterrâneas por parte do SAAE	36

6.6 A ilegalidade no abastecimento público de Rosário.....	37
6.7 Aspectos Qualitativos das Águas Subterrâneas: quantidade de poços com águas doces, salgadas e salobras.....	38
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS.....	40
APÊNDICE A – Modelo da Carta de apresentação	45
APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	46
APÊNDICE C – Modelo do questionário aplicado ao Diretor do SAEE.....	47

1 INTRODUÇÃO

A água é considerada o recurso natural mais importante para o desenvolvimento das atividades humanas e conservação e manutenção da biodiversidade. No entanto, ao longo dos anos a água superficial não está atendendo a demanda exigida pelo aumento significativo do consumo, uma vez que seu uso não está restrito a apenas suprir as necessidades pessoais, como também precisa ser fornecida para a utilização nas atividades sociais e econômicas (agrícolas e industriais).

A água tem seu uso destinado para vários fins, tais como abastecimento humano, irrigação, indústria e lazer. De acordo com o IBGE (2000) no Brasil somente 15,6% dos domicílios tem a água subterrânea como principal fonte de abastecimento, enquanto 77,8% usam rede de abastecimento de água e 6,6% usam outras formas de abastecimento.

O uso das águas subterrâneas está cada dia mais viável, isso acontece devido ao crescimento populacional, uma vez que, as captações por meio dos rios não estão mais conseguindo suprir a demanda de água das cidades. Partindo desse ponto, as empresas de abastecimento de água começaram a perfurar poços, para que se tornasse viável a utilização a água subterrânea de maneira controlada e que não causasse prejuízos aos aquíferos.

No entanto, a construção de poços tubulares, bem como a disponibilidade das águas subterrâneas, são as principais causas fundamentais para que haja a exploração dos aquíferos. Levando em consideração, o crescimento da perfuração de poços tabulares e das atividades resultantes da ação humana, que podem contaminar os aquíferos e influenciando na qualidade e comprometendo o uso da água subterrânea para o consumo.

O crescente aumento do uso das águas subterrâneas demanda a adoção de medidas de metodologias que contribuem para a sua extração de forma consciente. Para que haja a proteção dos aquíferos é imprescindível que tenha o controle sobre o uso e as práticas desenvolvidas para sua extração, sem causar danos.

O uso das águas subterrâneas está cada vez mais frequente, principalmente em áreas que não são banhadas por rio, ou que não possuem

lagos ou açudes. Seu uso vai além do consumo humano, ele está empregado em indústrias, na agropecuária, entre outros setores.

Partindo desse contexto, esse trabalho justifica-se pela importância de conhecer como a empresa de abastecimento público do município de Rosário-MA utiliza as águas subterrâneas.

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar a viabilidade do uso de água subterrânea para o abastecimento público da zona urbana na cidade de Rosário-MA, tendo como objetivos específicos: identificar a produção do sistema de abastecimento por meio das águas subterrâneas; levantar os dados sobre a utilização das águas subterrâneas na cidade de Rosário-MA e fazer uma análise de como ocorre a distribuição das águas subterrâneas na cidade de Rosário-MA. Deste modo, a pesquisa configura-se em quali-quantitativa, exploratório-descritiva, com aplicação e análise do questionário.

Nestes termos, a pesquisa está estruturada da seguinte forma:

O 1º capítulo refere-se à introdução, parte inicial do trabalho que fornece uma visão global da pesquisa realizada, apresentando o tema, a delimitação do assunto abordado e a justificativa.

No 2º capítulo, abordar-se o referencial teórico e a percepção que alguns teóricos observam acerca do abastecimento populacional por meio das águas subterrâneas.

No 3º capítulo são abordados materiais e métodos, local e tipo de pesquisa, e as análises dos dados colhidos na pesquisa.

O 4º capítulo abordará os resultados da pesquisa dispostos em gráficos e tabelas, logo em seguida discutirlos corroborando ou não os nossos achados com os dos teóricos.

No 5º capítulo o das considerações finais, na qual se faz uma condensação do tema, e dos resultados encontrados.

Diante do exposto, a presente pesquisa pretende avaliar como a empresa de abastecimento Serviço Autônomo de Águas e Esgotos (SAAE) do município de Rosário-MA, utiliza as águas subterrâneas e, assim como as principais formas de extração desta água.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Águas subterrâneas

A água subterrânea é proveniente da chuva, é um processo natural, quando chove, uma parcela da água se infiltra e, assim abastece o lençol freático. Apesar de toda água que está abaixo da superfície ser considerada subterrânea, de acordo com a hidrogeologia a classificação de água subterrânea é atribuída somente a água que circula dentro da zona saturada, ou seja, a zona que está abaixo da superfície freática (SOUZA, 2009).

A estimativa mundial do volume de água subterrânea é em torno de 10.360.230 km³. O Brasil possui reservas de água por volta de 92.168 km³. Segundo Silva (2011) a distribuição das águas subterrâneas acontece da seguinte maneira: 65.000km³ constituindo umidade do solo; 4,2 milhões de km³ até 750 m de profundidade e; 5,3 milhões de km³ de 750m até 4.000 m de profundidade, constituindo o manancial subterrâneo.

Segundo Silva *et al.* (2017) os mananciais subterrâneos constituem uma das reservas mais fundamentais para o suprimento de água e podendo ser classificados em poços rasos e profundos, nascentes e galerias de infiltração. Geralmente o fator que decide a exploração dos aquíferos é a disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos e, em grande parte produtividade dos poços.

2.1. 1 Qualidade das águas subterrâneas

A passagem da água entre os poros do solo possibilita que a água passe por um processo natural de depuração que muitas vezes dispensa tratamento prévio para o consumo humano. Os microrganismos presentes na água são eliminados durante a infiltração no solo devido ausência de oxigênio e nutrientes (SILVA e ARAUJO, 2003). Fatores como o volume de recarga do aquífero, o tamanho das partículas do solo, a temperatura, o pH, as formas antagônicas da microflora do solo, o conteúdo de matéria orgânica e a retenção e a pressão de oxigênio no solo também influenciam na movimentação de microrganismos no solo (COELHO e DUARTE, 2008).

Desta forma, a qualidade físico-química e bacteriológica da água subterrânea é resultado da evolução química no solo que atravessa. De acordo com Santos (2009), as águas subterrâneas geralmente não são influenciadas

pelas variações climáticas e não precisam de tratamentos sofisticados para serem utilizadas no consumo humano, já que são mais protegidas de microrganismos patogênicos e de alguns constituintes químicos.

Embora menos vulneráveis à contaminação, não é conveniente considerar que a proteção conferida pelo solo a um aquífero seja suficiente para mantê-lo livre de contaminação, pois elas fazem parte do ciclo hidrológico. O filtro que o solo confere aos recursos hídricos subterrâneos é passível de perturbações. Mesmo localizadas abaixo do solo, muitas ações comprometem a qualidade destas águas a curto e longo prazo. Assim, a vulnerabilidade de um aquífero está relacionada à extensão, área de recarga, espessura da camada superficial, profundidade do nível da água e ação antrópica (MMA, 2007).

Outros fatores que possuem um grande potencial para desencadear a contaminação das águas subterrâneas por bactérias e vírus patogênicos, parasitas e substâncias orgânicas são: destino de esgotos domésticos e industriais, as fossas e tanques sépticos, a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, postos de combustíveis e de lavagem e a modernização da agricultura (SILVA e ARAÚJO, 2003).

2.1. 2 Propriedades das águas subterrâneas

Devido ao aumento ao desgaste da qualidade das águas superficiais, as águas subterrâneas atribuem uma atitude de maior relevância para o consumo humano. Por causa das suas características e propriedades, podem efetuar diversas funções. Rebouças (2004) salienta que tanto as características como as propriedades concedem às águas subterrâneas diversas vantagens, entre elas:

- **Distribuição:** As águas subterrâneas abrangem áreas maiores do que a calha de um rio ou lagoa, o que possibilita a perfuração de poços. Nesse ponto, as águas subterrâneas proporcionam a distribuição setorizada, dado que a distância entre os poços e o reservatório é, em geral, de pequena extensão;
- **Usos:** Além das inúmeras maneiras de utilização das águas subterrâneas para inúmeros fins como, abastecimento domiciliar, indústria, agricultura etc. as que possuem altas temperaturas são exploradas em atividades relacionadas com o turismo termal e na indústria;

- Meio ambiente: o aproveitamento das águas subterrâneas vem ocasionando impactos ambientais considerados pequenos, quando instalados e operados corretamente, uma vez que fique restrito a área de captação por meio de poço tubular.

As águas subterrâneas em virtude dos seus aspectos demandam certos cuidados, como: A renovação das recargas dos aquíferos pode não ocorrer na mesma velocidade da retirada e, podendo ocasionar a super exploração ou a exaustão. Sendo assim a exploração das águas subterrâneas requer contínuo monitoramento dos volumes extraídos.

Diante das dificuldades de avaliação das águas subterrâneas, é necessário o emprego de metodologias mais complexas. Neste caso a baixa circulação da água nos aquíferos fissurais, primordialmente em locais que possuem um índice alto de evaporação, levam a salinização do aquífero.

2. 2 Aquíferos

Os aquíferos também são denominados livres, porém mais próximos à superfície, ou confinados, que podem ser encontrados entre duas camadas parcialmente impermeáveis (SILVA e ARAÚJO, 2003). A pluviosidade e o equilíbrio existente entre a infiltração, escoamento e a evaporação, são fatores primordiais para que aconteça a recarga dos aquíferos.

A recarga dos aquíferos é dependente do fator pluviométrico e do equilíbrio entre a infiltração, escoamento e evaporação. De acordo com a topografia da área, o papel fundamental para que aconteçam as recargas dos aquíferos são dos aspectos edáficos e a situação da cobertura vegetal. A manutenção e da quantidade das águas aquíferas estão relacionadas à sua localização, quando estão em altos topográficos, como, por exemplo, morros e serras, geralmente tende a ter essas duas características elevadas (MMA, 2007).

De acordo com Paralta *et al.* (2003) as recargas dos aquíferos são essenciais para determinar o volume dos recursos hídricos subterrâneos e com consequências diretas tanto no planejamento como na gestão integrada dos recursos hídricos.

Com base na estimativa de recarga aquífera e do volume de água infiltrada em um aquífero pode-se considerar a reserva reguladora. Tal reserva reguladora

ou renovável é caracterizada pelo volume de água da zona de flutuação, podendo ser anual ou sazonal no nível de saturação e, condizente com o volume de água que penetra por recarga começando na superfície com drenagem ou por outro corpo d'água (ANA, 2010).

No entanto em circunstâncias naturais, compreende-se que somente uma parcela dessas reservas reguladoras é suscetível de exploração, produzindo a partir desse ponto o potencial ou reserva explotável. Esse volume de exploração pode sofrer um aumento em decorrência das condições em que ocorrem as recargas. Levando em consideração que a soma das extrações com as descargas naturais do aquífero para rios e oceano, não podem ser maiores que a recarga natural do aquífero (PINTO *et al.*, 2010).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2007), o jeito como as rochas guardam e transmitem a água subterrânea está relacionada diretamente com a sua qualidade. Desta forma, levando em consideração a formação geológica, os aquíferos, corpos hidrogeológicos que possuem capacidade de acumular e transmitir água por meio dos poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos, os aquíferos são denominados de:

- Granulares ou porosos: que tem seu funcionamento similar ao de uma esponja, devido aos espaços que ficaram durante formação das rochas sedimentares.
- Fraturados ou fissurais: aqui a água armazenada resulta do fraturamento das rochas ígneas e metamórficas
- Cársticos ou condutos: são formados em rochas carbonáticas (sedimentares, ígneas ou metamórficas). Criam um tipo específico de aquífero fraturado, no qual as fraturas, em função à dissolução do carbonato pela água, podem alcançar as aberturas maiores, criando, assim, verdadeiros rios subterrâneos.

2.2. 1 Aquífero Itapecuru

O aquífero Itapecuru é constituído por arenitos finos, predominantemente argilosos, esbranquiçados, avermelhados e cremes, com níveis sílticos e argilosos, e grosseiros na base. A recarga é feita principalmente por meio da infiltração direta das precipitações pluviométricas e, também pelos rios. Ainda que a sua área seja de grande ocorrência, a alimentação é de alguma forma prejudicada pelo desenvolvimento de horizontes plínicos, que formam barreiras hidrogeológicas, inibindo assim a infiltração decorrente dos movimentos das águas (COSTA, 2000).

Contudo o desmatamento acelera a evaporação das águas precipitadas pela atmosfera no solo. Provocando os processos de erosão, ocasionando um maior escoamento superficial. O aquífero Itapecuru é o mais explorado do Maranhão, principalmente por São Luís e São José de Ribamar, que fazem a captação por meio de poços profundos, que chegam à média entre 30 e 100 m e vazões de 5 a 12 m³/h.

O aquífero Itapecuru é muito utilizado principalmente para o abastecimento humano no interior do Estado do Maranhão, e abastecimento doméstico na cidade de São Luís. Nesta cidade, o Itapecuru é constituído primordialmente de águas carbonatadas-cloretadas com predominância do tipo sódica Sousa (2000).

No que se refere à hidrodinâmica Costa (2000) mostra os seguintes dados: a transmissividade ($T=1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$), a permeabilidade ($K= 3,8 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$) e porosidade eficaz ($m=1,3 \cdot 10^{-1}$). Este aquífero ocorre em geral sob a forma de livre a semiconfinado.

2. 3 Poços Tubulares

Geralmente o que caracteriza um poço tubular por possuir diâmetros menores, que variam entre quatro a oito polegadas. O revestimento do poço vai depender do local que ele será implantado, se em formação rochosa consolidada não haverá necessidade de revesti-lo. No entanto quando essas formações não forem constituídas de argilas ou areias, o poço tubular precisará ser revestido (FEITOSA; COSTA FILHO, 1998).

O filtro do poço pode ser definido como um fracionamento poroso de revestimento, de onde a água provém livremente. O material usualmente aplicado para o filtro é composto de aço inoxidável com ranhuras. Já o pré-filtro, pode ser formado basicamente de areia ou cascalho. É realizado também o enchimento entre o revestimento sanitário e a parede do furo do poço utilizando um material selante com permeabilidade, a exemplo da injeção de cimento e do emprego da argila bentonita. Portanto, existe uma proteção que serve de barreira contra as contaminações superficiais (FITTS, 2015).

Os ensaios de bombeamento, por sua vez, são indispensáveis para precisar a vazão de exploração do poço, que representa a vazão ótima de operação para um rebaixamento específico (DRM, 2001). Tal rebaixamento, por sua vez, equivale à diferença entre o nível estático (NE) e o nível dinâmico (ND) de um poço, logo após a execução do teste. Compreende-se por NE a distância entre uma parte do terreno ao nível d'água, enquanto ND mostra a distinção entre a superfície do terreno e o nível d'água depois do bombeamento do poço tubular. Para mais, é viável a determinação da vazão específica do poço, que consiste na razão entre a vazão de exploração e o rebaixamento (FEITOSA; COSTA FILHO, 1998).

2.4 CENÁRIOS DA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRANEA

2.4.1 Cenário mundial

De acordo com Leal (1999), a utilização da água subterrânea está vinculada a fatores quantitativos, qualitativos e econômicos, tais como: quantidade, qualidade e econômico. Cada fator está ligado a uma especificidade em relação ao uso da água subterrânea. A primeira está inerente à condutividade hidráulica e ao coeficiente de armazenamento dos terrenos. Uma vez que os aquíferos possuem taxas de recarga diferentes, podendo se recuperar lentamente ou ter uma recuperação regular; a qualidade sofre influência da composição das rochas e condições climáticas e de renovação das águas; por último o econômico que está condicionado a profundidade do aquífero e ao bombeamento.

Todavia, o aproveitamento das águas subterrâneas vem desde os primórdios da sociedade e desenvolvimento vem acompanhando a evolução da humanidade. Entretanto seu crescente uso está ligado ao aprimoramento das

técnicas de construção de poços e dos métodos de bombeamento e, com isso a extração de água tornou-se mais fácil de ser realizada e, assim facilitando o abastecimento de água a cidades, indústrias, projetos de irrigação etc.

No entanto a relação, a demanda quanto ao consumo, ocorre de forma variada entre os países, de acordo com a sua disponibilidade de água subterrânea, em alguns países podem ocorrer variações de região para região (PROASNE, 2003).

Leal (1999) salienta que países desenvolvidos ou não, utilizam água subterrânea para suprir suas necessidades, porém o percentual de abastecimento público fica entre 70 a 90%. Dentre eles: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, França, Holanda, Hungria, Itália, Marrocos, Rússia e Suíça (REBOUÇAS *et al.*, 2002). Já outros países como Dinamarca, Arábia Saudita, Malta o uso da água subterrânea chega à totalidade. Na Austrália a utilização das águas subterrâneas chega a 60%, a capital do México esse percentual pode chegar a 80%, ou seja, cerca de 20 milhões de habitantes são abastecidos com água subterrânea.

A estimativa da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) é que exista cerca de 300 milhões foram perfurados no mundo ao longo das últimas décadas. Somente os Estados Unidos perfuram em média 400 mil poços por ano, a extração da água chega em torno de 120 bilhões de m³ por ano, atingindo mais de 70% do abastecimento público e indústrias (REBOUÇAS *et al.*, 2002). Contudo alguns países conseguem retirar mais de 160 bilhões de toneladas de água, porém ela não se renova, é o caso da China, Índia, Estados Unidos e Arábia Saudita, quantidade de água suficiente para produzir comida para em torno de 480 milhões de pessoas no ano.

2.4.2 Cenário brasileiro

No Brasil o uso da água subterrânea acontece ou exclusivamente ou de maneira a complementar o abastecimento das cidades. Seu uso está em todos os locais, desde indústrias a escolas. Porém a sua maior destinação ainda é o abastecimento público.

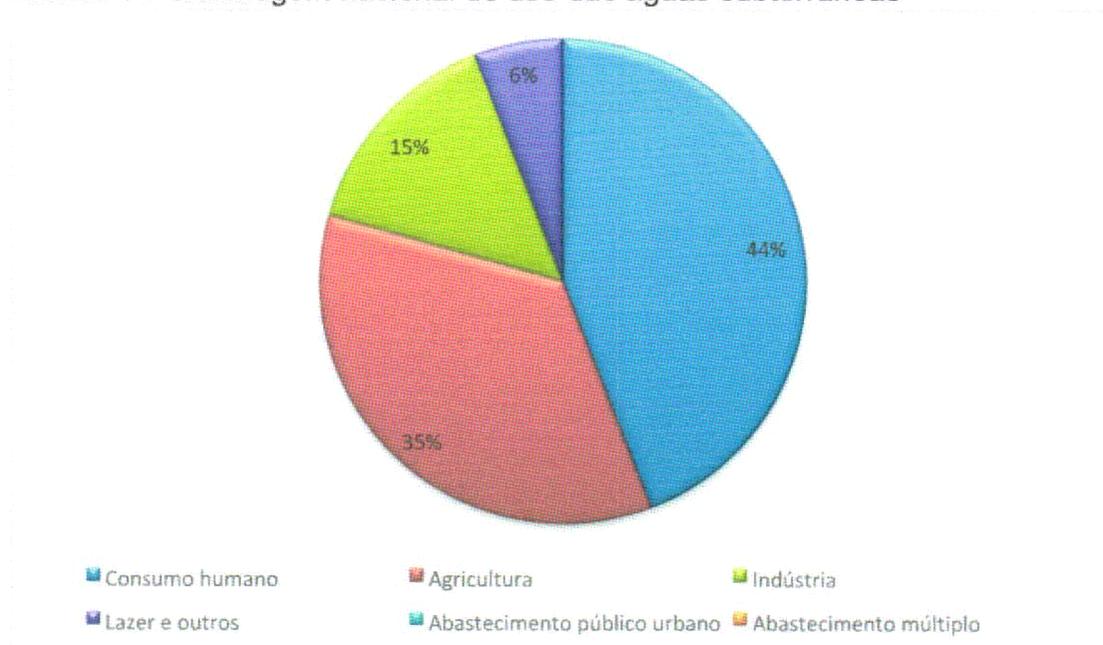
Algumas cidades brasileiras dependem em sua totalidade do abastecimento por meio de poços tubulares, é o caso de Ribeirão Preto (SP), Mossoró e Natal (RN), Maceió (AL), Região Metropolitana de Recife (PE) e Barreiras (BA). O uso das águas subterrâneas corresponde a 70% das cidades tem seu abastecimento proveniente de

poços, os Estados de São Paulo e Piauí esse percentual é um pouco mais elevado chegando a 80%.

A utilização das águas subterrâneas em algumas cidades como Caldas Novas em Goiás, Araxá e Poços de Caldas em Minas Gerais, ajudam a aumentar o turismo, pois nessa região elas são termais, e muito utilizadas pelos turistas para fins terapêuticos (MMA, 2003). Os Estados brasileiros que mais possuem poços tubulares perfurados são: São Paulo, Bahia, Rio Grande do Sul, Ceará e Piauí.

As águas subterrâneas no Brasil são utilizadas de diversas formas, porém o abastecimento público tem uma destinação maior que os outros usos, como está sintetizado no gráfico abaixo.

Gráfico 1- Porcentagem nacional do uso das águas subterrâneas



Fonte: ANA (2019).

2.5 Várias formas de utilização da água

2.5.1 Consumo humano

A Qualidade da água para o consumo humano deve atender a padrões de qualidade e de potabilidade, garantindo que suas características físicas, químicas e biológicas estejam dentro dos padrões recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (CETESB, 2019). Devido ao fato da água ser vital para as atividades do corpo humano, também para a higiene e preparo de alimentos devem ter seu uso priorizado. No Brasil estes padrões estão definidos na Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

2.5.2 Uso Industrial

No caso da indústria, a água pode ser utilizada como matéria-prima ou fazer parte do processo de industrialização. É geralmente um potencial consumidor de água e gerador de efluentes. Dependendo de como será aplicado o uso da água em seus processos, deve apresentar grau de pureza refinado e os padrões de qualidade bem definidos.

2.5.3 Agricultura

Considerada como uma das mais antigas aplicações para o uso da água, a técnica de irrigação é utilizada para suprir os tempos de estiagem, possibilitando colheitas mais produtivas em função da disponibilidade da água. Deve atender a padrões de qualidade, que podem variar de acordo com o tipo de plantação, principalmente para produtos destinados ao consumo humano.

No mundo, a agricultura é responsável pelo consumo de quase 70% das águas captadas nos rios, lagos e aquíferos, razão pela qual seu potencial de desperdício é um dos mais alarmantes no mundo, uma vez que a água que não é absorvida pela plantação com a transpiração das folhas, sofre o fenômeno da evaporação (HESPANHOL, 2002). Também o reabastecimento dos aquíferos pela infiltração no solo, torna uma grande quantidade de água improdutiva, fazendo com que a agricultura afete de forma negativa as reservas hídricas com o uso intenso da água.

2.5.4 Transporte

A água é utilizada para o transporte de pessoas e cargas desde os tempos primórdios da humanidade, ultrapassando fronteiras, encurtando distâncias e influenciando na potencialização do comércio. Atualmente, as hidrovias e os mares possuem capacidade de transpor distâncias com o uso de barcos ou navios, com capacidade para carregar cargas ou pessoas a baixo custo em relação a outros meios de transportes, devido a sua grande capacidade de carregamento.

Não é necessário preocupar-se com questões de qualidade da água, porém há restrições com relação às características geográficas, vazões e dimensões dos cursos d'água para navegação em rios e canais, e em alguns pontos característicos dos oceanos.

2.4.5 Lazer

Divide-se seu uso em duas categorias, sendo as de contato primário para atividades como natação, banhos de recreação e esportes aquáticos e contato secundário para as atividades de náutica e pesca. Deve-se levar em conta a qualidade da água em função do contato com o ser humano, principalmente para casos em que pode ocorrer a ingestão. A legislação brasileira classifica as águas como excelente, muito boa, satisfatória, próprias ou impróprias.

2.4.6 Paisagismo

Utilizada para acrescentar características estéticas em diversas áreas, a água pode criar uma forma harmônica em jardins, e apresentar-se sob diversas formas, em movimento ou em repouso, na forma de lagos ou espelhos d'água. Em regiões de clima mais seco contribui para a qualidade do ar, melhorando as condições de umidade do ambiente.

3 Estações de Tratamento de Água (ETA)

A qualidade ambiental tem sido estudada e mostra que o processo de desenvolvimento pode trazer consequências negativas. A urbanização e o crescimento populacional ocorridos nos últimos anos têm sido responsáveis por

demandas crescentes de bens de consumo, energia e água para abastecimentos público e industrial, gerando grandes volumes dos mais variados resíduos.

Nos centros urbanos, o abastecimento de água torna-se cada dia mais centrado na qualidade do produto a ser distribuído à população, mas, em contrapartida, as quantidades disponíveis estão mais distantes em função de descuidos do próprio setor responsável pela área sanitária nos municípios.

O saneamento ambiental atualmente exige ações abrangentes e holísticas de integração entre abastecimento de água, coleta e destinação adequada de resíduos sólidos e líquidos, organização coerente das águas pluviais e gerenciamento ambiental integrado ao uso e ocupação do solo.

Essa visão somente poderá surtir efeito com mudança efetiva no gerenciamento integrado do setor. As estações de tratamento de água de abastecimento têm sido projetadas seguindo um padrão em que a preocupação se atém ao produto a ser distribuído à população. Esse é sem dúvida o objetivo desses sistemas.

No entanto, na operação de uma planta de tratamento estão envolvidos outros fatores que devem ser observados pelos responsáveis. A qualidade da água bruta, os produtos químicos empregados no tratamento, a concepção e o projeto da ETA e as condições operacionais são de fundamental importância para que o funcionamento dos sistemas seja ambientalmente correto.

As características tradicionais do saneamento ambiental são fundamentais na definição estrutural dos rejeitos de ETAs, no entanto devem ser inseridos parâmetros não tradicionais que permitam visão mais abrangente do resíduo. Assim, os valores de sólidos, DQO, metais e pH devem ser determinados. Além deles, deverão ser avaliados a resistência específica, o tamanho das partículas e as estruturas dos sólidos no lodo, a fim de permitir a tomada de decisões na forma de remoção de água dos rejeitos.

Os rejeitos de ETA's são compostos basicamente de partículas do solo, material orgânico carregado para água bruta, subprodutos gerados da adição de produtos químicos e água. As partículas presentes na água a ser tratada são basicamente coloides que conferem à mesma cor e turbidez. Essa característica dificulta a remoção da água livre dos lodos.

Na água superficial normalmente estão presentes metais, como: alumínio, ferro e outros carregados através do escoamento superficial. Além disso, os produtos químicos empregados no tratamento podem conter pequenas concentrações de impurezas que serão transpostas para o resíduo do decantador. A somatória desses aspectos confere aos rejeitos características que devem ser analisadas mais profundamente.

Segundo Hsieh e Raghu (1997), a água presente nos rejeitos de ETAs pode ser classificada em quatro categorias:

- Água livre – parcela de água que se move livremente por gravidade. Essa água pode ser removida com relativa facilidade por meio de sistemas mecânicos ou, naturalmente, por drenabilidade. Também poderá ser utilizada a evaporação. É importante lembrar que o tempo de remoção dessa água é o fator decisivo para definição da forma a ser adotada.
- Água do floco – essa parcela está intimamente ligada à partícula floculada. Para remoção dessa parcela é necessária uma quantidade relativa de energia.
- Água capilar – a água capilar está fortemente ligada à partícula sólida por intermédio de pontes de hidrogênio. A diferença entre esta parcela e a do floco é que esta está livre para se mover, enquanto a capilar se move com a partícula. Assim, para a remoção dessa parcela há a necessidade de aplicação de força mecânica, se o floco for quebrado.
- Água absorvida – parcela ligada quimicamente à partícula sólida coloidal. A remoção dessa água só será possível com aplicação de altas temperaturas ou com aplicação de elevada quantidade de energia elétrica.

As características do rejeito podem ser divididas em função de sua importância e do objetivo do estudo. Assim podem-se classificar as características em:

- Ambientais – para que as questões ambientais sejam analisadas, principalmente quanto à disposição, os seguintes parâmetros são importantes: pH, sólidos, metais, DQO, biodegradabilidade, toxicidade, presença de pesticidas e fertilizantes, compostos orgânicos voláteis, entre outros.

- Geotécnicas – esta caracterização é necessária para evidenciar possíveis formas de remoção de água e de futuras utilizações para os sólidos resultantes.

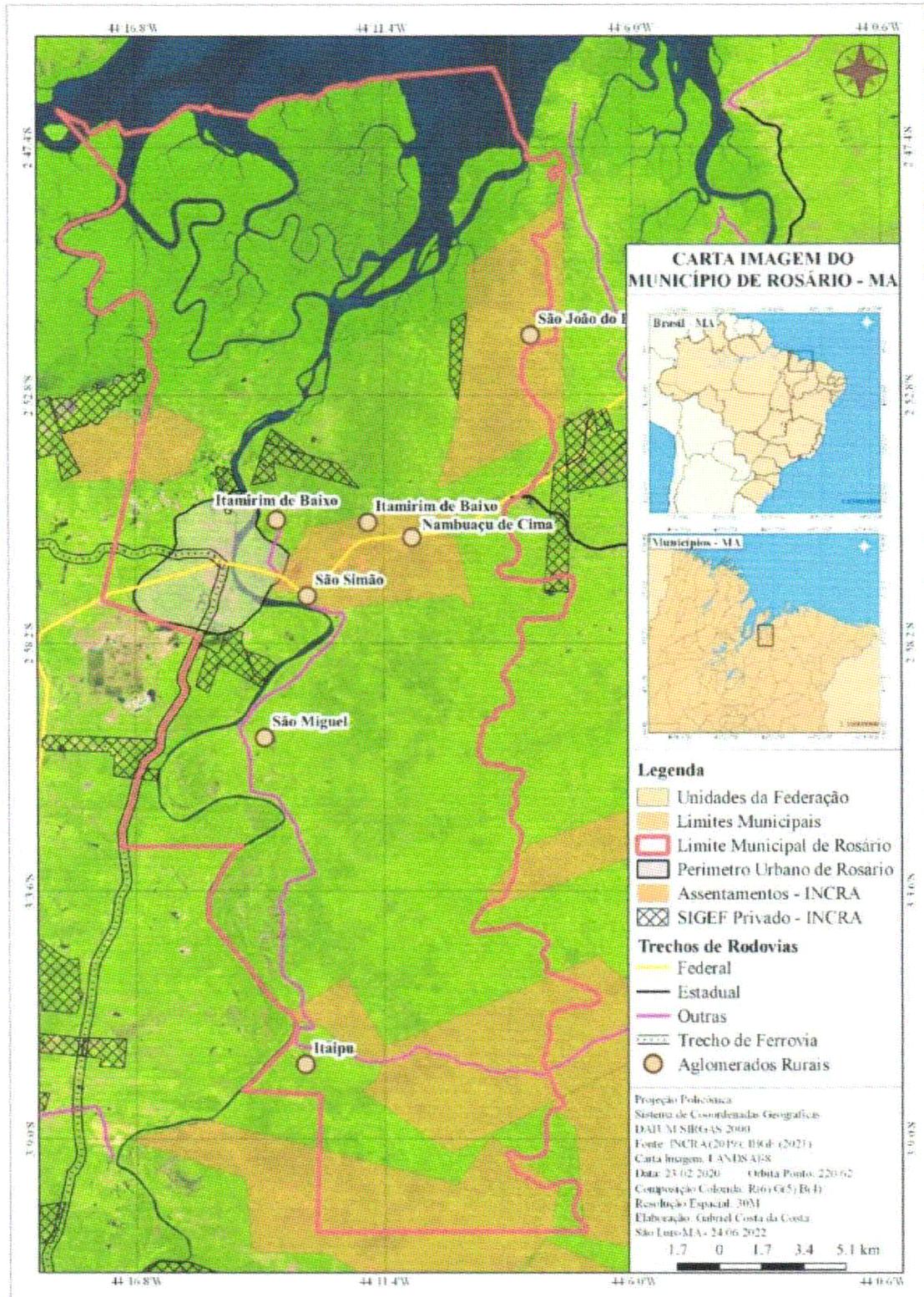
Alguns desses parâmetros são: tamanho e distribuição das partículas, limite de plasticidade e limite de liquidez, resistência específica, respostas ao aquecimento e resfriamento e sedimentabilidade. A determinação desses parâmetros é condição fundamental para o equacionamento da questão dos lodos, seja para definição de condições de lançamento, seja para projetos de sistemas de remoção de água.

4 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ROSÁRIO

4.1 Localização e Acesso

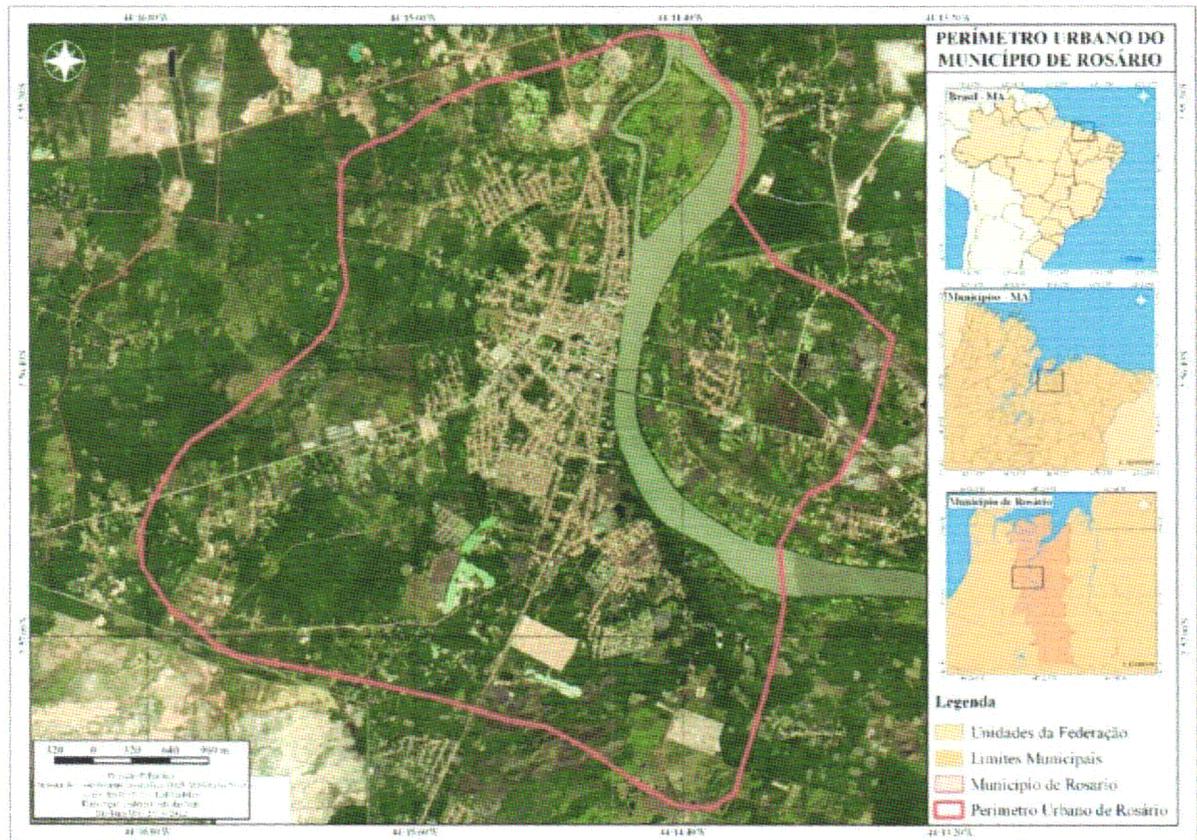
O município de Rosário surgiu em 1620 com a fundação do Forte de Vera Cruz (hoje Forte do Calvário), às margens do Rio Itapecuru e sua primeira denominação foi Itapecuru-Grande e, está inserido na Mesorregião Norte Maranhense, dentro da Microrregião Rosário, abrange uma área de 685,03 km², com uma população de aproximadamente 43.243 mil habitantes e densidade demográfica de 57,75 habitantes/km² (IBGE, 2021). Limita-se ao Norte com os municípios de São Luís e São José de Ribamar; ao Sul com o município de Santa Rita; a Leste com o município de Axixá e a Oeste com os municípios de Santa Rita e Bacabeira.(Figuras 1 e 2).

Figura 1-Carta imagem do município de Rosário- MA



Fonte: Costa, G. C. (2022)

Figura 2-Perímetro urbano do município de Rosário



Fonte: Costa, G. C. (2022).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Tipo de Pesquisa

A pesquisa tem o papel de ir a fundo à busca pelo conhecimento, fazendo com que o pesquisador aperfeiçoe suas ideias, tornando-o capaz de resolver problemas e ter uma posição coesa na resolução deles.

Deste modo o presente trabalho, configura-se de forma exploratóriadescritiva, bibliográfica e quali-quantitativa por oferecer maior contato com o objeto de pesquisa. Tal abordagem faz-se essencial, já que oportuniza um entendimento melhor dos fatos embasados em seus estudos, analisando as informações para chegar à compreensão sobre o que foi coletado.

No que tange à pesquisa exploratória descritiva, ela estreita a relação entre seus sujeitos, visto que, e a partir dessa análise que será possível vislumbrar de forma ampla a temática, encontrando assim, relevância para o estudo. Com isso o pesquisador se sentirá mais perto do ambiente perscrutado. Ao tratar quali-quantitativamente à pesquisa, os pesquisadores exploraram observações e relatos relevantes do espaço investigado.

Progressivamente, as duas abordagens auxiliaram para que este tema fosse desenvolvido de forma concreta, ajudando de maneira explícita no processo investigado.

5.2 Local de Pesquisa

A pesquisa foi realizada na empresa de abastecimento Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) da cidade de Rosário, que está localizado na RuaEuríco Macedo, 2975, Rosário - MA, 65150-000, a empresa é uma autarquia. O SAAE possui poços tubulares também na zona rural do município.

5.3 Instrumento de coleta de dados

A investigação iniciou-se com a entrega da carta de apresentação (Apêndice A), do pesquisador ao gestor da instituição. Em seguida, apresentou-se o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme é defendido pela Resolução 466/12, que consiste na pesquisa realizada com ser humano (Apêndice B) aos membros envolvidos na pesquisa. Posteriormente, fez-se a

coleta de dados por meio de questionários, pesquisa bibliográfica e entregou-se o questionário (Apêndice C) com perguntas fechadas direcionado ao diretor do Serviço de Águas e Esgotos (SAAE) de Rosário, onde tiveram um período para devolverem devidamente respondido.

A realização desse trabalho foi cunho investigativo e teórico a respeito da utilização das águas subterrâneas pela empresa de abastecimento da cidade de Rosário, portanto o desenvolvimento da pesquisa, deu-se por meio de uma pesquisa quali-quantitativa e bibliográfica.

A pesquisa quali-quantitativa é um processo que possibilita atingir resultados a partir de estudos e propostas desenvolvidas considerando técnicas e métodos para compreensão detalhada dos dados obtidos, transformando-os em dados estatísticos(MALHOTRA, 2001; LAVILLE & DIONNE, 1999).

5.4 Análise dos dados

Durante essa etapa, são realizadas as análises dos dados coletados, de acordo com a quantidade e natureza dos poços tubulares, bem como é feita a distribuição das águas subterrâneas. Os resultados foram apresentados em tabelas e citando os autores que embasaram o desenvolvimento do trabalho.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho foi desenvolvido por meio de uma pesquisa de campo, com a finalidade de analisar como ocorreu a utilização das águas subterrâneas pelo SAAE de Rosário. Após as análises os resultados foram analisados de acordo com as respostas que a empresa repassou ao pesquisador. Com a análise dos dados, foi possível perceber como que as águas dos PTs estão destinadas ao uso doméstico e empresas, não sendo utilizada por indústrias e agronegócio. Logo em seguida, foram dispostos em tabelas.

6.1 Quantidade de poços tubulares na cidade de Rosário-MA

O primeiro questionamento levantado foi sobre a quantidade de poços tubulares que abastecem a zona urbana da cidade. Os resultados mostraram que a sede do município conta apenas com dez PT ativos, ocasionando assim um grande desabastecimento, já que os mesmos não conseguem atender a demanda de todos os bairros.

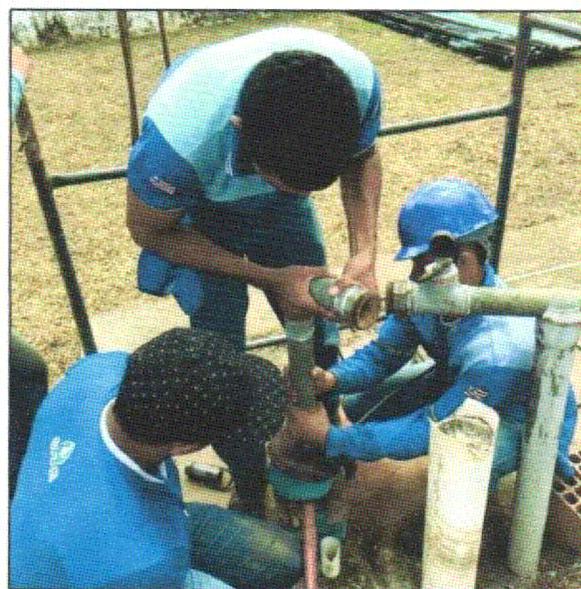
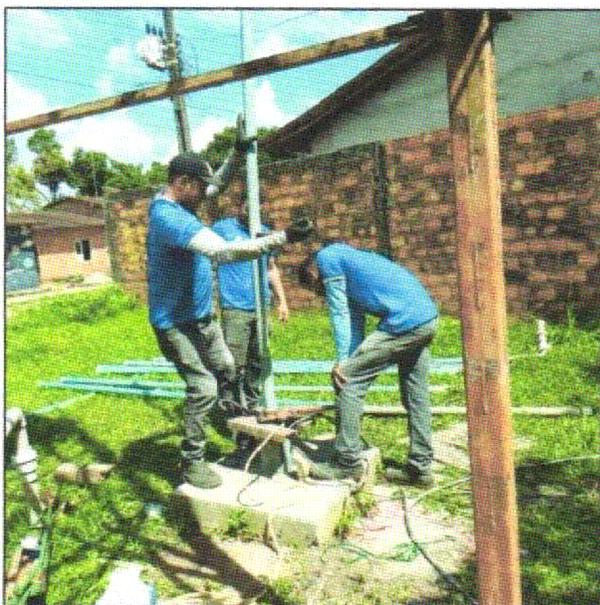
Sabe-se que a água é primordial para o ser humano, partindo dessa premissa a Organização das Nações Unidas (ONU) diz que o homem necessita de pelo menos 110 litros de água, para suprir suas necessidades básicas diárias. Diante dos dados da ONU, a cidade de Rosário não está conseguindo atender a demanda da população, tendo em vista a quantidade de água que o ser humano necessita por dia.

6.2 Manutenção, limpeza e tratamento dos poços, como são realizadas

A manutenção e limpeza dos poços são essenciais para seu bom funcionamento e, para que a empresa de abastecimento forneça água de qualidade aos seus clientes. Tendo o conhecimento de dois tipos de manutenções, a preventiva e a corretiva, o SAAE realiza as duas, pois assim não correrá riscos de perder um de seus poços e, recupera alguns que já foram perdidos. Tanto a manutenção como a limpeza são feitas de acordo com a necessidade dos poços, mas o que não passa de quatro meses entre uma manutenção e outra. Quanto ao tratamento, é realizado por meio de adição de cloro semanalmente.

Nos poços em funcionamento é realizada a manutenção preventiva simples, onde também ocorre a limpeza e desincrustações dos filtros e, logo em seguida com o clorador é adicionado o cloro para que água fique tratada. Tanto a manutenção e limpeza é realizada em etapas, as quais não foram repassadas ao pesquisador. Como mostram as figuras abaixo.

Figura 3- Preparação para a retirada dos materiais

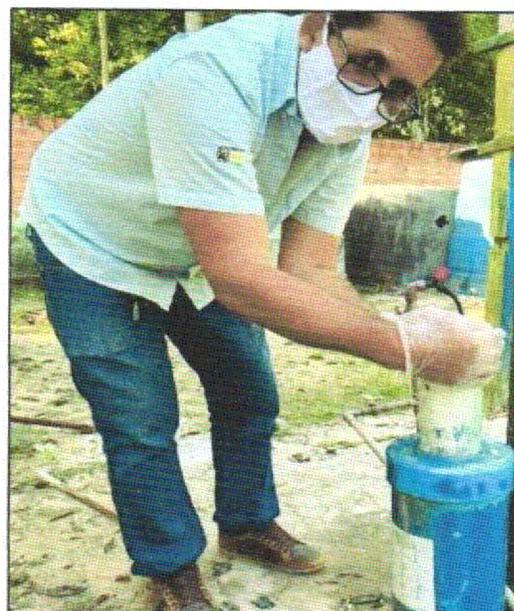


Fonte: Autor da pesquisa (2022).

Figura 4-Clorador e Momento da cloração



Fonte: Autor da pesquisa (2022).



Os resultados também apontaram que a empresa vem realizando a manutenção corretiva em alguns poços que já estavam desativados, porém até o momento da realização da pesquisa, nenhum poço que estava passando por manutenção corretiva voltou a operar. Sabe-se que esse tipo de manutenção acontece quando o poço ou ele já está totalmente em colapso, ou prestes a entrar.

Ainda de acordo com os achados, a manutenção corretiva necessita de intervenções como: troca do revestimento e filtros, reabertura de poços e/ou aprofundamentos, retirada de cabos, cimentação de filtros e/ou fraturas, pescarias de materiais da perfuração, tubos, troca de bombas, cimentação da sapata do poço, complementação do pré-filtro entre outras. Como mostra a figura a seguir.

Figura 5-- Preparação para a manutenção corretiva



Fonte: Autor da pesquisa (2022).

Resultados similares ao de Silva e Araújo (2003) que enfatizam a necessidade da manutenção, limpeza e tratamento das águas dos poços para que não haja perda dos mesmos ou contaminação da água, uma vez que os PTs estão passíveis à contaminação provenientes de lixões, produtos agrícolas, industriais e resíduos residenciais. Para o autor, a falta de manutenção, limpeza e o tratamento correto dos poços pode comprometer a água fornecida para a população, e ainda comprometer sua saúde.

Ainda de acordo com o autor supracitado, a manutenção corretiva requer um tempo maior, porém não é garantido que o poço conseguirá ser reativado, uma vez que pode ocorrer rompimento da tubulação e, o poço ficar inativado definitivamente.

6.3 Existência de poços com problemas de contaminação/poluição

Os achados comprovaram que a água distribuída para a população está dentro do determinado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Deste modo, os aspectos físico-químicos e microbiológicos estão no padrão desejável para a potabilidade da água. Os resultados foram entregues pelo SAAE, onde a tabela abaixo mostra de forma sucinta esses resultados.

Tabela 1- Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água dos poços de maneira geral

Parâmetros analisados	Unidade	Limites Referenciais	PT
Ph		De 6,0 a 9,5	7,00
Turbidez	NTU	Até 5,0	0,03
Alcalinidade total	mg/L CaCO ₃	Até 250	11,00
Coliforme fecal	UFC/100 mL	Ausência	Ausência
Coliforme total	UFC/100 mL	Ausência	Ausência

Fonte: SAAE, (2022)

Nossos resultados estão de acordo com a Portaria nº1.469/00 que não permite que os parâmetros físico-químicos estejam elevados e fora padrão e não admite a presença de coliforme fecal e total, como salienta a Uniágua que é essencial que não tenha fatores microbiológicos, tais como coliformes fecal e total na água e, sendo assim a empresa precisa estar dentro dos padrões de potabilidade, pois a qualidade da água é inerente a saúde do homem.

6.4 Diagnóstico dos poços cadastrados

De acordo com a empresa de abastecimento de água todos os poços registrados em funcionamento ou não, são do tipo tubular. Os PTs representam 100% da totalidade de poços cadastrados pelo SAAE de Rosário. Apesar de ser totalidade dos poços cadastrados, o número repassado pela empresa de abastecimento é pequeno, tendo em vista o tamanho da população da cidade.

Em relação a natureza dos poços, são públicos, ou seja, estão em terrenos de domínio público, sendo que dez estão ativos; dois encontram-se desativados e, um abandonado, como é possível visualizar na tabela a seguir.

Tabela 2-Natureza e situação dos poços cadastrados

	Em operação	Desativados	Abandonados
Público	10	02	01
Particular	0	0	0
Total		13	

Fonte: SAAE (2022).

6.5 Finalidade da utilização das águas subterrâneas por parte do SAAE

Com base nos resultados, a utilização das águas subterrâneas abrange toda a população, porém a quantidade de poços não é suficiente para atender todos os bairros de Rosário. Partindo desse ponto a empresa de abastecimento visa uma melhoria no que tange ao abastecimento da população, devido à falta de água constante, uma vez que o uso também é feito por parte das empresas particulares e públicas, já que as mesmas não possuem poços tubulares. A reativação de alguns poços inativos é cogitada, para que todos sejam atendidos e sem interrupção recorrente de água.

Em relação ao uso da água dos dez poços ativos, é voltado para o abastecimento urbano, para uso doméstico, lazer, de empresas da cidade e irrigação de hortas, não é utilizado pelas indústrias, como mostra a tabela abaixo:

Tabela 3- Porcentagem do uso dos poços tubulares

Doméstico	80%
Lazer	6%
Empresas	4%
Hortas	10%
Indústrias	0%
Total	100%

Fonte: SAAE (2022).

6.6 A ilegalidade no abastecimento público de Rosário

Alguns fatores desfavorecem o abastecimento de água na cidade, dos quais a empresa ressaltou as ligações irregulares ou clandestinas, o religamento sem autorização, o que configura furto por parte desses usuários que não são cadastrados no sistema do SAAE e, isso contribui para a falta de água constante na cidade, acarretando assim prejuízos não somente à empresa, mas também aos consumidores regularizados. As figuras abaixo mostram essa situação.

Figura 7-Flagrante do furto de água



Fonte: Autor da pesquisa (2022).

Sabe-se que o furto é um crime e, está previsto no artigo (art. 155, § 4º, II, do Código Penal), passível a pena de reclusão de 02 a 08 anos e multa.

Entretanto as pessoas cometem essa prática, pois a falta de fiscalização favorece o delito. A medida executada pela empresa quando há flagrante, é a interrupção imediata do fornecimento, mediante pagamento de multa, nesses casos a religação só ocorrerá após a quitação do débito, ou em casos de ligação clandestina, após o cadastro no sistema do SAAE.

6.7 Aspectos Qualitativos das Águas Subterrâneas: quantidade de poços com águas doces, salgadas e salobras

Os resultados da pesquisa mostraram que a água dos poços tubulares se encontra dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Sabendo-se que as águas subterrâneas têm condutividade que varia entre 0,55 e 0,75, mostra o valor de sólidos totais dissolvidos (STD) aceitáveis. Valor adquirido a partir da condutividade elétrica das águas dos PTs.

Os resultados repassados para a pesquisa apontaram que o teor de STD são menores que 1.000 mg/L, sendo assim, as águas estão prontas para o abastecimento da população. A tabela abaixo sintetiza esses resultados.

Tabela 4-Classificação das águas subterrâneas, quanto ao STD

Tipos de água	Intervalo (mg/L)
Doce	Igual ou inferior a 0,5 partes por mil
Salgada	Igual ou superior a 30 partes por mil
Salobra	0,5 partes por mil e inferior a 30

Fonte: SAAE, (2022).

Resultados similares aos descritos pelo Boso, Gabriel e Piazzentin (2016) que enfatizam a necessidade de analisar os valores dos STD, e somente após o resultado determinar se água está pronta para o consumo humano, já que as águas para uso industrial, navegação ou geração hidrelétrica, podem não ter qualidade inadequada para o abastecimento humano. Portanto, é essencial que a água seja considerada doce para poder ser distribuída para a população.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Descrevemos acima de maneira sucinta os achados sobre a utilização da água subterrânea pela empresa de abastecimento. Diante disso, percebe-se a necessidade de ampliação do sistema de abastecimento, com a instalação de novos poços tubulares, já que 100% da zona urbana é abastecida com águas subterrâneas. O uso é para a população em geral e empresas para os diversos fins. Diante dos fatos pôde-se concluir que devido ao número pequeno de poços no município causa transtorno pela falta de abastecimento.

A água é o bem natural mais preciso que existe, porém seu mal uso pode levar ao desabastecimento de uma população, ou até mesmo formas incorretas de extraí-las podem ocasionar problemas, afetando assim sua qualidade. Por isso é imprescindível que os poços tubulares estejam dentro das normas.

A distribuição das águas subterrâneas acontece por meio de poços tubulares, apresentando bons estados de conservação. As análises dos parâmetros físico-químicos foram satisfatórias, e atenderam os padrões exigidos pelo CONAMA.

REFERÊNCIAS

AGUINAGA, Karyn F. S. **Análise Jurídica da Gestão das Águas Subterrâneas no Município de Manaus**. 2007. 141 f. Dissertação (Mestrado em Direito Ambiental) –Programa de Pós-Graduação em Direito Ambiental, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus. 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Panorama da qualidade da água subterrânea no Brasil**. Cadernos de recursos hídricos. Brasília – DF, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Águas Subterrâneas. 2009. Disponível em:http://www.uniagua.org.br/public_html/website/estudo_aguas_subterraneas.pdf

ANA (Agência Nacional das Águas). 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. ANA - Programa Nacional de desenvolvimento dos recursos hídricos. Vol. V – Modelo de Gestão. Brasília: ANA, SIP, 2010.

BOSO, A. C. M. R.; GABRIEL, C. P. C.; PIAZENTIN, J. C. Análise dos parâmetros da qualidade da água destinada a irrigação. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 12, n. 6, p.1-8, 1 dez. 2016.

CETESB. Águas subterrâneas: importância. São Paulo, 2019. Disponível em: . Acesso em: maio. 2022.

COSTA, W.D. Água subterrânea e o desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino. In: Projeto Áridas. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2000. (GT II – Recursos Hídricos, Versão Preliminar).

COELHO, V. M. T.; DUARTE, U. **Potencial de contaminação de aquífero freático por esgoto Doméstico – quantificação do decaimento bacteriológico**. Instituto de geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS (DRM). **Poços Tubulares e outras Captações de Águas Subterrâneas** – Orientações aos Usuários. Projeto PLANAGUA de Cooperação Técnica Brasil –Alemanha. Rio de Janeiro, 2001.

FEITOSA, F. A. C.; COSTA FILHO, W. D. **Execução de testes de bombeamento em poços tubulares: manual prático de orientação**. CPRM:[s.l.], 1998.

FITTS, C. R.. **Águas Subterrâneas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 671 p. Tradução de: Daniel Vieira.

HESPANHOL, I. **Potencial de Reúso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos**. Portugal: Ságara, 2012.

HSIEH, H. N.; RAGHU, D. Criteria development for water treatment plant residual monofill. [s.l.] AWWA -American Water Works Association, 1997.

IBGE (2000). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo Demográfico, home page.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Belo Horizonte: UFMG, 1999.

LEAL, A.S. As águas subterrâneas no Brasil. Ocorrências, disponibilidades e usos. O Estado das Águas no Brasil. Brasília: ANEEL, 1999.

MALHOTRA, N. Pesquisa de marketing. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Águas subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Brasília – DF, 2007.

PARALTA, E. A.; OLIVEIRA, M. M.; LUBCZYNSKI, M. W.; RIBEIRO, L. F. Avaliação da recarga do sistema aquífero dos Gabros de Beja segundo critérios múltiplos: disponibilidades hídricas e implicações agro-ambientais. In: Simpósio de hidráulica e recursos hídricos dos países de língua oficial portuguesa, Cabo Verde, 6., 2003.

PINTO, E. J. de A.; LIMA, J. do. E. S.; DAVIS, E. G.; SILVA, A. J. da.; DANTAS, C. D. de. O.; CANDIDO, M. de. O.; PALMIER, L. R.; MONTE-MOR, R. C. de. A. Estimativa da recarga natural do aquífero livre de uma sub-bacia da bacia representativa de Juatuba (MG) aplicado o método da variação dos níveis d'água (VNA). In: XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. São Luís – MA, 2010.

PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para entender a terra**. Tradução Rualdo Menegat. 4 ed. Porto Alegre – RS, 2006.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2 ed. Escrituras Editora, 703 p. São Paulo, 2002.

REBOUÇAS, Aldo. **Uso inteligente da Água**. 1 Ed., São Paulo: editora escrituras, 2004.

SANTOS, J. M. M. **Índice de qualidade de água subterrânea Aplicado em área de aquíferos cristalinos com Uso agrícola: bacia do Rio São Domingos – RJ**. 2009. 189 f. Tese de Doutorado em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA)**. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003.

SILVA, P. C. DA. **Reserva hídrica [manuscrito]: Aquífero Guarani e seu uso sustentável**. Dissertação de Mestrado da Câmara dos Deputados. Brasília, 2011.

SILVA, A. B. et al. Parâmetros físico-químicos da água utilizada para consumo em poços artesianos na cidade de Remígio-PB. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 31, n. 2, p.109-118, 2017.

SOUSA, S.B. Sistema aquífero da Ilha do Maranhão (MA). In: Congresso mundial integrado de águas subterrâneas, 1., e Congresso brasileiro de águas subterrâneas, 11., Fortaleza, 2000. Fortaleza, ABAS/AHLSUD/IAH, 2000. CD-ROM.

SOUZA, L. C. **Águas Subterrâneas e a Legislação Brasileira**. Ed. Juruá. Curitiba, 2009.

VILLAR, Pilar Carolina. Gestão das águas subterrâneas e o Aquífero Guarani: desafios e avanços. In: V ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, Florianópolis, 2010. **Anais...**Florianópolis, 2010. 13 p. P 1-13.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Modelo da Carta de apresentação

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE GEOGRAFIA – LICENCIATURA E BACHARELADO

CARTA DE APRESENTAÇÃO

Sr (a).

Diretor (a).

Vimos solicitar a Vossa Senhoria a permissão para que o acadêmico Renato Viana Waquim do Curso de Licenciatura e Bacharelado em Geografia, desta Universidade, realize suas atividades para o Trabalho de Conclusão de Curso, no período de janeiro a junho de 2022, nesse estabelecimento.

Agradecemos a colaboração dessa instituição com a formação profissional de nossos estudantes.

Atenciosamente,

Profa. DraHermeneilceWasti Aires Pereira Cunha
Diretora do Curso de Licenciatura e Bacharelado em Geografia– Campus
São Luis.

APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa para a realização de um TCC, cujo tema é: **ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**: como ocorre a sua utilização por meio da empresa pública de abastecimento de água na zona urbana do município de Rosário-MA, de responsabilidade do acadêmico Renato Viana Waquim e o orientador responsável Prof^o Dr. Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias.

Acredita-se que o questionário é uma importante ferramenta utilizada pelo pesquisador, pois ele o norteia durante a elaboração dos seus resultados. Logo após a aplicação, as informações coletadas serão analisadas e utilizadas para fins científicos. A empresa pode perguntar qualquer coisa a respeito desse questionário e está livre para aceitar ou recusar-se a participar. Se desistir de participar, poderá retirar seu consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento, sem ser penalizado por isso.

Renato Viana Waquim
Pesquisador

APÊNDICE C – Modelo do questionário aplicado ao Diretor do SAEE

- 1) Qual a quantidade de poços tubulares na cidade de Rosário-MA?
- 2) Como é feito o tratamento das águas dos poços tubulares?
- 3) Natureza dos poços cadastrados no município de Rosário?
- 4) Situação dos poços cadastrados (como eles são)?
- 5) Destinação do uso da água dos poços públicos?
- 6) Qual a finalidade da utilização das águas subterrâneas?
- 7) Quantidade de poços com águas salgadas e/ou salobras?
- 8) Existem poços com problemas de contaminação/poluição?