



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII – ARARUNA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL

GLEIDSON WILLIAM DINIZ TAVARES

DIAGNOSTICO OPERACIONAL E DA INFRAESTRUTURA DO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE MANAÍRA - PB

ARARUNA

2019

GLEIDSON WILLLIAM DINIZ TAVARES

**DIAGNOSTICO OPERACIONAL E DA INFRAESTRUTURA DO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE MANAÍRA - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento.

Orientador: Prof. Me. Igor Souza Ogata.

ARARUNA

2019

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

T231d Tavares, Gleidson William Diniz.
Diagnostico operacional e da infraestrutura do sistema de abastecimento de água da cidade de Manaíra - PB [manuscrito] / Gleidson William Diniz Tavares. - 2019.
46 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2019.
"Orientação : Prof. Me. Igor Souza Ogata, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."
1. Abastecimento de água. 2. Escassez hídrica. 3. Engenharia hidráulica. I. Título
21. ed. CDD 628.1

GLEIDSON WILLIAM DINIZ TAVARES

DIAGNÓSTICO OPERACIONAL E DA INFRAESTRUTURA DO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE MANAÍRA - PB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento.

Aprovado em: 10/12/2019.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Igor Souza Ogata (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra Ana Paula Araújo Almeida
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Eng. Civil Cinthia Maria de Abreu Claudino
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Dedico este trabalho aos meus pais, Luiz e Maria Angela.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus pais, Luiz e Maria, pelo apoio, força, companheirismo e incentivo durante todos os cinco anos desta longa caminhada.

A minha esposa, grande companheira que durante todos esses anos lutou e me apoiou para que eu pudesse realizar esse sonho.

A minha filha, uma criança abençoada que sempre compreendeu o fato de estar distante, sendo forte a todo momento e me dando força durante os momentos de dificuldades.

Aos meus irmãos que estavam presentes sempre que precisei, aconselhando, apoiando e resolvendo meus problemas para que eu conseguisse seguir meus estudos.

Aos meus amigos, que me aconselharam a não desistir, e sempre viram meu potencial e capacidade para conseguir esse pleito.

A Daniel Baracuy, coordenador do curso de Engenharia Civil, por seu empenho.

Ao professor Igor Souza Ogata pela força e paciência ao longo dessa orientação e pela dedicação.

A todos os funcionários da UEPB, pela presteza e atendimento quando nos foi necessário.

Aos colegas de classe pelos momentos de amizade, ajuda e incentivo nas horas difíceis, assim como nos momentos alegres.

A toda a equipe de funcionários da CAGEPA por sua disponibilidade em fornecer as informações que solicitei.

Tão importante quanto os familiares e amigos são os professores do departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, responsáveis não só pelos conhecimentos que adquirimos, mas também pela nossa formação moral. Todos eles, Vital, Ana Paula, Nivaldo, Erick, Rafael, Erica, Altamir, Israel, Valdeci, Laercio, Márcio, Alecia Lasaro, Edson, Cesar, Guilherme, Prisila, Horácio, Kenedy, Alan, Paulo, Daysan, Maria, Arthur, Josenildo, Pedro, Daniel, Vitória, Albaniza, Andressa, Adriana, Imarally, Leonardo, Leidimar, Eduardo, Smyrna, Lauandes e Klefson, que tiveram sua parcela de responsabilidade na minha formação intelectual, mas agradeço em especial ao professor Ogata, pela paciência e disponibilidade em orientar este trabalho.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar e analisar as condições do sistema de abastecimento de água (SAA) da cidade de Manaíra - PB, a fim de verificar problemas, propor mudanças e encontrar possíveis melhorias que podem ser realizadas para garantir maior condições para o fornecimento de água. Para tanto, foram realizadas visitas técnicas nas unidades do SAA, assim como conversas informais com os operadores e análise de indicadores da base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, verificando a situação operacional da prestadora do serviço. Com base nisso, foi verificado que o manancial tem capacidade de suprir a demanda. O tipo de tomada de água utilizado tem uma boa performance em períodos de estiagem, mas na época das chuvas uma torra de tomado ou uma captação flutuante seria mais adequado. A adutora necessitaria de um diâmetro maior devido à perda de carga. O sistema elevatório apresentou bom desempenho, no entanto bombas mais potentes poderiam atender melhor a população. O funcionamento da ETA necessita de uma adequação às necessidades atuais permitindo um tratamento mais eficaz. No reservatório foi verificado a necessidade de reparos em sua estrutura. E na unidade de distribuição a adoção de um roteiro que permita disponibilidade de água todos os dias. Consequentemente, essas condições levam a uma boa condição de consumo per capita e perdas, mas a cobertura e micromedição não estão adequadas. Por fim, se concluiu que o SAA necessita de melhorias na infraestrutura de tomada de água, sistema elevatório, adutor, reservação e distribuição, mas mesmo nessas condições a operação vem sendo realizada a contento.

Palavras-Chave: Sistema de abastecimento de água de pequeno porte. Escassez hídrica. Índices operacionais do SAA.

ABSTRACT

This paper aims to characterize and analyze the conditions of the water supply system (WSS) of the city of Manaíra - PB, in order to verify problems, propose changes and find possible improvements that can be made to ensure greater conditions for the supply of water. Therefore, technical visits were carried out at WSS units, as well as informal conversations with operators and analysis of indicators from the National Sanitation Information System database, verifying the operational situation of the service provider. Based on this, it was verified that the stock has the capacity to supply the demand. The type of water inlet used performs well during drought periods, but in the rainy season a floating catch would be more appropriate. The pipeline would need a larger diameter due to the pressure drop. The lifting system performed well, however more powerful pumps could better serve the population. The operation of the Sewage treatment station (STS) needs to be adjusted to current needs allowing for more effective treatment. In the tank was verified the need for repairs to its structure. And in the distribution unit the adoption of a roadmap that allows water availability every day. Consequently, these conditions lead to a good condition of per capita consumption and losses, but the coverage and micrometering are not adequate. Finally, it was concluded that the WSS needs improvements in the infrastructure of water intake, elevator system, adductor, reservoir and distribution, but even under these conditions the operation has been carried out to the satisfaction.

Keywords: Small water supply system. Water scarcity. WSS operating indices

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Quadro 1- Coeficientes do dia de maior consumo (k1) obtidos em escala real | 15 |
| Quadro 2 – Coeficientes da hora de maior consumo (k2) obtidos em escala real..... | 15 |
| Figura 1 – Fluxograma com as unidades do sistema de abastecimento de água..... | 16 |
| Quadro 3 – Principais processo e operações unitárias de uma ETA..... | 19 |
| Figura 2 – Localização do município de Manaíra-PB..... | 22 |
| Figura 3 – Açude do Catolé..... | 26 |
| Figura 4 – Açude do Catolé..... | 27 |
| Figura 5 – Volume de água..... | 27 |
| Figura 6 – Representação do sistema de captação e poço de sucção | 28 |
| Figura 7 – Traçado da adutora..... | 29 |
| Figura 8– Tubulação exposta devido a erosão | 30 |
| Figura 9 – Localização das estações elevatória | 30 |
| Figura 10 – Poço de sucção da estação elevatória 1 | 31 |
| Figura 11 – Bumba submersa da estação elevatória 1..... | 31 |
| Figura 12 – Sistema elevatório 2 | 32 |
| Figura 13 – Calha Parshall | 33 |
| Figura 14 – Filtro russo | 33 |
| Figura 15 – Reservatório | 34 |
| Figura 16 – Infiltrações observadas..... | 35 |
| Figura 17 – Estrutura com ferragem exposta..... | 35 |
| Figura 18 – Sistema de controle de distribuição | 36 |
| Figura 19 – Variação do consumo médio per capita entre os anos de 2008 e 2017..... | 37 |
| Figura 20 – Variação do atendimento total de água entre os anos de 2008 e 2017..... | 38 |
| Figura 21 – Variação do índice de perdas entre os anos de 2008 e 2017 | 39 |
| Figura 22 – Variação do índice de hidrometração entre os anos de 2008 e 2017 | 40 |
| Figura 23 – Variação do indicador de desempenho financeiro entre os anos de 2008 e 2017..... | 41 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| AESA | Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba |
| CAGEPA | Companhia de Água e Esgoto da Paraíba |
| ETA | Estação de Tratamento de Água |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| OMS | Organização Mundial de Saúde |
| SAA | Sistema de Abastecimento de Água |
| SNIS | Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento |
| PMM | Prefeitura Municipal de Manaíra |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 OBJETIVOS | 12 |
| 2.1 Objetivo geral | 12 |
| 2.2 Objetivos específicos | 12 |
| 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 13 |
| 3.1 A demanda por água | 13 |
| 3.1.1 <i>Relação entre as pessoas e o consumo da água</i> | 13 |
| 3.1.2 <i>Variação no consumo humano de água</i> | 14 |
| 3.2 Unidades do sistema de abastecimento de água | 15 |
| 3.2.1 <i>Manancial</i> | 16 |
| 3.2.2 <i>Captação</i> | 17 |
| 3.2.3 <i>Adução</i> | 17 |
| 3.2.4 <i>Tratamento</i> | 17 |
| 3.2.5 <i>Reservação</i> | 19 |
| 3.2.6 <i>Distribuição</i> | 19 |
| 4. METODOLOGIA | 21 |
| 4.1 Caracterização Geografica do Município de Manaíra | 21 |
| 4.2 Caracterização do sistema de abastecimento de água de Manaíra – PB | 22 |
| 4.3 Avaliação das condições operacionais | 22 |
| 4.3.1 <i>Consumo médio per capita de água</i> | 23 |
| 4.3.2 <i>Índice de atendimento total de água</i> | 23 |
| 4.3.3 <i>Índices de perdas na distribuição</i> | 24 |
| 4.3.4 <i>Índice de hidrometração</i> | 24 |
| 4.3.5 <i>Indicador de desempenho financeiro</i> | 25 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 26 |
| 5.1 Caracterização do sistema de abastecimento de água | 26 |

| | |
|--|-----------|
| <i>5.1.1 Manancial</i> | 26 |
| <i>5.1.2 Captação</i> | 28 |
| <i>5.1.3 Adução</i> | 29 |
| <i>5.1.4 Recalque</i> | 30 |
| <i>5.1.5 Estação de tratamento de água</i> | 32 |
| <i>5.1.6 Reservatório</i> | 34 |
| <i>5.1.7 Distribuição</i> | 36 |
| 5.2 Avaliação das condições operacionais | 37 |
| <i>5.2.1 Consumo médio per capita no Município de Manaíra - PB</i> | 37 |
| <i>5.2.2 Atendimento total de água</i> | 38 |
| <i>5.2.3 Índices de perdas</i> | 39 |
| <i>5.2.4 Índice de hidrometração</i> | 40 |
| <i>5.2.4 Indicador de desempenho financeiro</i> | 41 |
| 6 CONCLUSÃO | 42 |
| REFERÊNCIAS | 43 |
| ANEXO A – Relatório de ensaio da qualidade da água | 46 |

1 INTRODUÇÃO

A água é segundo Ramachandra et al., (2014) essencial para a existência e o bem-estar humano, devendo estar disponível em quantidade e qualidade suficientes para a população. A crescente urbanização dos municípios, causada pelo crescimento populacional e a migração das pessoas da zona rural para a urbana, e vem contribuindo para o esgotamento dos corpos hídricos. Segundo Santos et al. (2014) A disponibilidade de água para os diversos usos, em especial, água para abastecimento humano, é uma preocupação da humanidade, principalmente as que vivem em regiões semiáridas

Neste contexto, a avaliação do sistema de abastecimento é importante, para que seja possível verificar se o formato de implantação selecionado foi o melhor e se as unidades estão funcionando de maneira adequada, pois esse procedimento se configura como uma ferramenta importante para garantir maior agilidade na instalação e auxilia em melhor controle operacional de todas as unidades do Sistema de Abastecimento de Água (SAA), visto que a região nordeste necessita do máximo aproveitamento dos recursos hídricos.

Diante desse cenário, o município de Manaíra – PB foi selecionado para ser estudado, pois além de estar localizado no semiárido nordestino, ao longo dos anos a população Manairense vivenciou problemas de falta de água, devido a um sistema de abastecimento inapropriado, “segundo as recomendações apresentadas pela UNICEF em 1978” (HELLER; PADUA, 2010, p. 29). Dentre as principais falhas registradas, uma que vem se repetindo frequentemente nos últimos anos, é o mau funcionamento do sistema elevatório em que os conjuntos moto-bomba utilizados não suportam a demanda de água e acabam avariando.

Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma avaliação do SAA da cidade de Manaíra – PB, através de uma análise das unidades do sistema verificando as características e identificando aspectos positivos e negativos, visando apresentar soluções técnicas que possibilitem melhorias, além da análise de alguns índices disponibilizados no SNIS. Para tanto, foram utilizadas informações cedidas pela CAGEPA e coletadas no SNIS, que permitiram entender e caracterizar o SAA e assim diagnosticar falhas e propor melhorias para o fornecimento de água.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar o sistema de abastecimento de água da cidade de Manaíra - PB, analisando os pontos positivos e negativos das unidades do sistema, assim como os índices e indicadores do controle operacional, a fim de identificar possíveis melhorias ao sistema.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a infraestrutura e operação sistema de abastecimento de água da cidade de Manaíra – PB qualitativamente e quantitativamente.
- Avaliar o controle operacional do sistema de abastecimento de água através dos índices de consumo médio per capita, de atendimento total, de perdas e hidrometração, além do indicador de desempenho financeiro.
- Propor melhorias ao sistema de abastecimento de água de Manaíra – PB, diante da análise realizada.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A demanda por água

No Ano Internacional da Água Doce (2013), a Organização das Nações Unidas (ONU) a reconheceu como a substância mais preciosa para a vida na Terra. Sendo essencial para a satisfação das necessidades humanas devido a seus múltiplos usos na manutenção da saúde, produção de alimentos, dessedentação de animais, recreação, produção de energia e manutenção dos ecossistemas regionais e globais, o que a torna um bem de interesse coletivo, assim como determinado no primeiro fundamento da Lei 9.433/97 - a água é um bem de domínio público.”

Para um serviço de abastecimento de água eficiente, capaz de suprir as necessidades humanas é essencial que, desde o início no manancial até a unidade de distribuição estejam trabalhando em sincronia. Inclusive Fuks et al. (2014) discute sobre a necessidade de um sistema ter a maior produtividade de água possível, pois é imprescindível levar em consideração que um sistema produtor de água não deve ter altos índices de água desperdiçada e a população deve ter elevados índices de atendimento garantindo satisfação dos usuários. Sendo, portanto, este o principal critério para atender a demanda do sistema, de forma ininterrupta, produzindo mais com menor custo. Com isso vemos que alguns objetivos são essenciais, para tornar possível que a demanda de um sistema seja atendida, garantindo a maior produtividade possível.

3.1.1 Relação entre as pessoas e o consumo da água

Para que assim seja possível um dimensionamento eficiente, que permita suprir as necessidades de todos, um outro fator importante deve ser levado em consideração que são os coeficientes de reforço para o dia de maior consumo e a hora de maior consumo.

“A população da região semiárida lida com a escassez e dificuldade de acesso à água, resultando em um aumento na mortalidade infantil, piora nas condições de saúde e restrições econômicas” (SANTOS, 2012, p. 128). No entanto para o sistema de que se pretende estudar há uma quantidade considerável da água suficiente para o abastecimento da população atual, devendo ser verificar para um determinado tempo se o mesmo ainda seria autosuficiente.

McCann et al. (2011a) mencionam as várias consequências para a saúde pública associadas à falta de água que são a diminuição na produção de alimentos, ocasionando fome

e má nutrição em algumas regiões; a piora da qualidade do ar que pode ser afetada pela presença prolongada de partículas em suspensão no ar, o que agrava doenças pulmonares; a fumaça proveniente de queimadas, comuns em regiões de seca, também provocam ou agravam problemas respiratórios; pode haver um aumento de doenças transmitidas por vetores e também de doenças provocadas por fungos, porque durante a seca a inalação de esporos dos fungos torna-se mais fácil.

O consumo da água deve ser racional, uma vez que este é um recurso limitado e se desperdiçado pode vir a faltar. A determinação de um volume mínimo de água a ser fornecido para toda a população como direito humano depende do conhecimento e entendimento da dinâmica de uso da água, bem como de fatores ambientais, éticos e sociais. Entretanto, Selborne (2002) ressalta que ter direito à água não significa acesso a quantidades irrestritas desse recurso, uma vez que ele é esgotável e que aspectos ecológicos, econômicos, e políticos limitam a sua disponibilidade para uso doméstico.

Contudo é de grande importância garantir que o mesmo esteja preparado para suprir as necessidades da população, visto que são múltiplas as necessidades. Libânio et al (2010) dizem que na determinação das unidades de um sistema de abastecimento de água diversos fatores necessitam ser cuidadosamente considerados, a iniciar pelos consumos a serem atendidos. Estes não se limitam ao consumo doméstico, embora seja de caráter prioritário. E discutem ainda que, o sistema deve atender ao consumo comercial, público e industrial e além destes deve considerar o consumo do próprio sistema e as perdas que nele ocorrem.

3.1.2 Variação no consumo humano de água

Um dos aspectos mais importantes associados ao consumo humano e que influencia na concepção dos SAA é que a variação do consumo é função do tempo. Em geral, as unidades são operadas para suprir a demanda média, mas também devem ser capazes de suprir as variações que ocorrem ao longo do ano dos meses, dos dias e das horas.

A fim de estimar essas variações, a concepção das unidades do SAA deve ser acrescida de dois coeficientes o do dia de maior consumo (k_1) e o da hora de maior consumo (k_2), .que representa a razão entre o maior consumo diário verificado em o ano e a razão entre a máxima vazão horária e a vazão média do dia de maior consumo respectivamente. Esses coeficientes variam de local para local, assim como mostrados por

Tsutyia (2006) nos Quadros 1 e 2. “Contudo, quando não existe um registro dos consumos se estabelece valores de 1,2 e 1,5, para k1 e k2, respectivamente” (HELLER; PADUA 2010, p. 143). Esses valores considerados variam de um autor para outro, assim como de um local para outro, conforme pode ser observado nos quadros 1 e 2, contudo a ABNT recomenda a utilização de 1,2 e 1,5 para k1 e k2 respectivamente.

Quadro 1- Coeficientes do dia de maior consumo (k1) obtidos em escala real

| Autor/entidade – Ano | Local | k1 |
|-----------------------------|--------------|-------------|
| Cetesb (1978) | Valinhos | 1,25 – 1,42 |
| Tsutyia (1989) | São Paulo | 1,08 – 3,08 |
| Saposta et al. (1993) | Barcelona | 1,10 – 1,25 |
| Walski et al. (2001) | EUA | 1,20.– 3,00 |
| Hammer (1996) | EUA | 1,20 – 4,00 |
| AEP (1996) | Canadá | 1,50 – 2,50 |

Fonte: Tsutyia (2006).

Quadro 2 – Coeficientes da hora de maior consumo (k2) obtidos em escala real

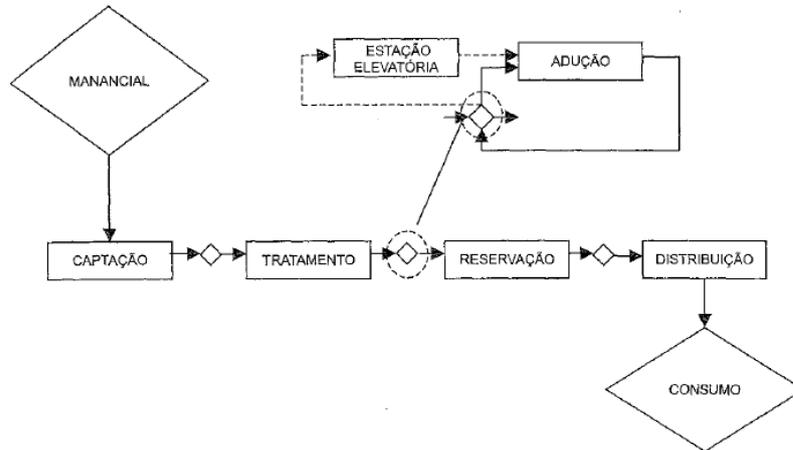
| Autor/entidade – Ano | Local | k2 |
|-----------------------------|--------------|-------------|
| Cetesb (1978) | Valinhos | 2,08 – 2,35 |
| Tsutyia (1989) | São Paulo | 1,50 – 4,30 |
| Saposta et al. (1993) | Barcelona | 1,30 – 1,40 |
| Walski et al. (2001) | EUA | 3,00 – 6,00 |
| Hammer (1996) | EUA | 1,5 – 10,0 |
| AEP (1996) | Canadá | 3,0 – 3,5 |

Fonte: Tsutyia (2006).

3.2 Unidades do sistema de abastecimento de água

A água é encontrada em corpos de água, comumente em situação qualitativamente imprópria para consumo humano, ou em locais distantes da população. Logo, para distribuir água em quantidade e qualidade para a população é necessário que haja um processo de transporte e tratamento, que retire essa água da natureza e destine as residências para o consumo, esse processo ocorre em um SAA , que é constituído de unidades segundo a Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma com as unidades do sistema de abastecimento de água



Fonte: Adaptado de Oliveira (2016).

3.2.1 Manancial

O manancial é a unidade do SAA que armazena a água que será captada e inserida no processo de tratamento e distribuição da água para consumo humano. Portanto, por ser a fonte do SAA necessita possuir uma seleção criteriosa e após isso, manter um processo de uso com conservação.

“O aproveitamento e a conservação dos recursos hídricos de um manancial são atividades que requerem concepção, planejamento, administração, projeto, construção e operação de meios para controle e a utilização racional das águas” (HELLER; PADUA 2010, p. 152). Este fato sugere a ideia de que um meio eficaz de uso, controle e proteção da água, deve ser adotado para garantir a continuidade do SAA, de maneira a realizar um barramento adequado, com maior capacidade de acúmulo de água e melhor qualidade, com menor impacto ambiental.

Os mananciais são caracterizados em subterrâneo e superficial. Sendo os subterrâneos subclassificados em confinados ou não confinado, e os superficiais em com acumulação e sem acumulação.

3.2.2 Captação

A captação é a unidade utilizada para retirar a água do manancial e deve ser concebido para garantir que o mesmo consiga retirar do manancial uma água de qualidade e que atenda ao sistema durante todo o horizonte de projeto, mesmo diante das variações sazonais.

Das estruturas de captação, o dispositivo de tomada de água é o mais característico, possuindo as mais variadas formas, denominadas de tubulação de tomada, caixa de tomada, canal de derivação, poço de derivação, tomada de água com estrutura em balanço, captação flutuante e torre de tomada.

“Para uma seleção adequada da captação três elementos são essenciais, caracterizados como o estudo do local de instalação, a inspeção de campo e a consulta a comunidade local” (HELLER; PADUA 2010, p. 325).

3.2.3 Adução

A adução é a unidade que tem a função de interligar através de tubos, as demais unidades do SAA, seja por gravidade ou por energia externa. As adutoras são classificadas como de gravidade e recalque, segundo Heller e Padua (2010), a adução por gravidade constitui o meio mais seguro e econômico de se transportar a água. Todavia, nem sempre existe um desnível favorável para o transporte da água por gravidade, da vazão necessária entre os pontos a serem interligados. Nesses casos, elevatórias são necessárias e as adutoras a elas interligadas são classificadas como adutoras de recalque.

Um bom traçado das adutoras, são formas de garantir uma agilidade e qualidade no transporte de água entre os pontos do SAA. Ainda conforme Heller e Padua (2010), o traçado é definido com base em critérios técnicos e econômicos, com auxílio de levantamentos topográficos, geotécnicos e inspeções de campo, evitando áreas que dificultem a implementação das mesmas, tais como áreas pantanosas, declividades elevadas, vias de tráfego intenso, por exemplo.

3.2.4 Tratamento

O tratamento consiste em tornar a água própria para ser consumida, ou seja, potável, as etapas de tratamento variam bastante, a depender muito das condições da água bruta. É

importante salientar que toda água que chega ao sistema de tratamento deve ser tratada, alcançando um padrão de potabilidade. Segundo a portaria MS nº 2911/2011 (Brasil, 2011), alguns padrões devem ser atendidos, conforme os seguintes: microbiológico de potabilidade, turbidez, desinfecção, química e organoléptico.

As características da estação de tratamento de água (ETA) são definidas na NBR 12.216/1992, que versa sobre tempo de funcionamento, área necessária para implantação, dos processos de tratamento, das unidades de tratamento e dos sistemas de conexões, unidades de micropeneiramento, aeradores, mistura rápida, flocluladores, decantadores, dos filtros, casa de química, consumo de produtos químicos, utilização de sulfato de alumínio e cloro entre outros. Em complemento Heller e Pádua (2010) dizem que as ETAs devem buscar técnicas que possibilitem, no mínimo, a produção de água que atenda o padrão de potabilidade, utilizando diversos produtos como oxidantes, alcalinizantes, coagulantes, desinfetantes, produtos para correção de dureza, produtos para controle da corrosão e adsorção de contaminantes. Os principais processo e operações unitárias de uma ETA são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Principais processo e operações unitárias de uma ETA

| Processo/operação unitária | Descrição/finalidade |
|-----------------------------------|---|
| Micropeneiramento | Passagem de água por peneiras com malhas de pequena abertura visando a remoção de material particulado. |
| Oxidação/aeração | Oxidar matéria orgânica e inorgânica presente a água facilitando sua remoção posterior. |
| Absorção | Remover compostos orgânicos e inorgânicos indesejáveis, incluindo os que causam sabor e odor, fazendo a água entrar em contato com uma substância adsorvente (em geral carvão ativado). |
| Troca iônica | Destinado a remover contaminantes inorgânicos presentes na água, fazendo-a passar por uma coluna contendo material sintético especial (resina). |
| Coagulação | Adição de coagulante, visando desestabilizar impurezas presentes na água. |
| Floculação | Agitação da água realizada após a coagulação, com o objetivo de promover o contato entre as impurezas e, assim, aumentar o tamanho das mesmas. |
| Decantação | Passagem da água por tanques, no fundo dos quais as impurezas ficam depositadas. |
| Flotação | Arraste as impurezas para a superfície de um tanque, por meio de ação de microbolhas. |
| Filtração em meio granular | Remoção de material particulado presente na água, fazendo-a passar por um leito contendo meio granular (usualmente areia/ou antracito). |
| Filtração em | Remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos, incluindo |

| | |
|-----------------------|---|
| membra | material dissolvido, passando a água por membranas com abertura de filtração inferior a 1 μm |
| Desinfecção | Processo destinado a inativar microrganismos patogênicos presentes na água. |
| Abrandamento | Processo destinado a reduzir a dureza de água e remover alguns contaminantes inorgânicos. |
| Fluoretação | Adição de compostos contendo íon fluoreto, com a finalidade de combater a carie infantil. |
| Estabilização química | Acondicionamento de água, com a finalidade de atenuar efeitos corrosivos ou incrustante no sistema abastecedor e nas instalações domiciliares |

Fonte: Heller e Padua (2010).

3.2.5 Reservação

A reservação é a unidade do SAA que armazena água tratada, a fim de garantir pressão suficiente na rede de distribuição, atender a todas as demandas do horário de pico e reservar água para eventuais paralisações de manutenção. Diante da importância da reservação, Cordão (2009) recomenda que a instalação do reservatório seja em local com valores elevados de altimetria, a fim de possibilitar o uso da energia disponibilizada pela gravidade, e pressões necessárias na distribuição de água, inclusive nas horas de maior consumo. A localização adequada de um reservatório para atender determinada zona da rede, aumenta a confiabilidade operacional, além de possibilitar a otimização das condições de funcionamento do sistema através da economia de energia elétrica.

O volume do reservatório é definido pela soma dos volumes úteis de todas unidades de uma determinada zona de pressão ou do sistema de abastecimento como um todo. O volume útil de cada unidade refere-se àquele compreendido entre os níveis máximo e mínimo do reservatório. Estes correspondem, respectivamente, ao maior nível passível de ser atingido em condições normais de operação e à lâmina d'água mínima para evitar vórtices, cavitação ou arraste dos sedimentos depositados no fundo da unidade.

3.2.6 Distribuição

“O termo rede de distribuição provém da forma como as suas tubulações são instaladas, ordenando uma rede de condutos interligados entre si e possibilitando diversas derivações para a distribuição da água potável aos imóveis abastecidos” (HELLER; PADUA, 2010, p. 615). A rede de distribuição é a unidade do SAA constituída por tubulações e órgãos acessórios instalados em logradouros públicos. E que tem a finalidade de fornecer, em regime

contínuo (24 horas por dia), água potável em quantidade e pressão adequadas a múltiplos consumidores (residenciais, comerciais, industriais e de serviços) localizados em uma cidade, vila ou outro tipo de aglomeração urbana.

Segundo Heller e Padua (2010), a importância da rede de distribuição está associada a distribuição da água tratada aos consumidores finais em quantidade, pressão e continuidade, sem deterioração da qualidade, e por ser a mais extensa e custosa unidade do SAA, sendo responsável, em geral, por 50% dos custos de implantação.

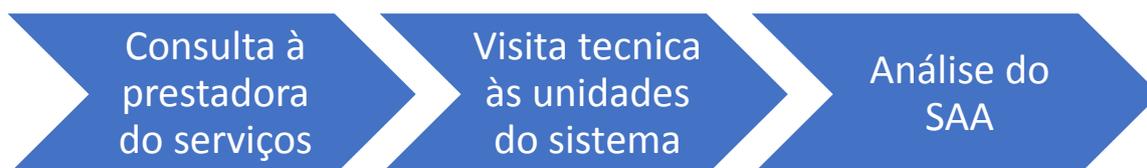
Visto que uma rede mal projetada pode acarretar vários problemas ao abastecimento é essencial que se garanta os padrões estabelecidos pela NBR 12.218/1994.

4. METODOLOGIA

O estudo do SAA se deu a partir de uma análise dos dados fornecidos pela Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA), Prefeitura Municipal de Manaíra (PMM), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Agência executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) e Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), além disso, para melhor esclarecimento sobre as características do SAA, foram realizadas visitas *in loco* e confirmação de informações, através de conversas informais com o operador do sistema.

A Metodologia seguiu conforme indicado no Fluxograma 1.

Fluxograma 1 – Metodologia adotada

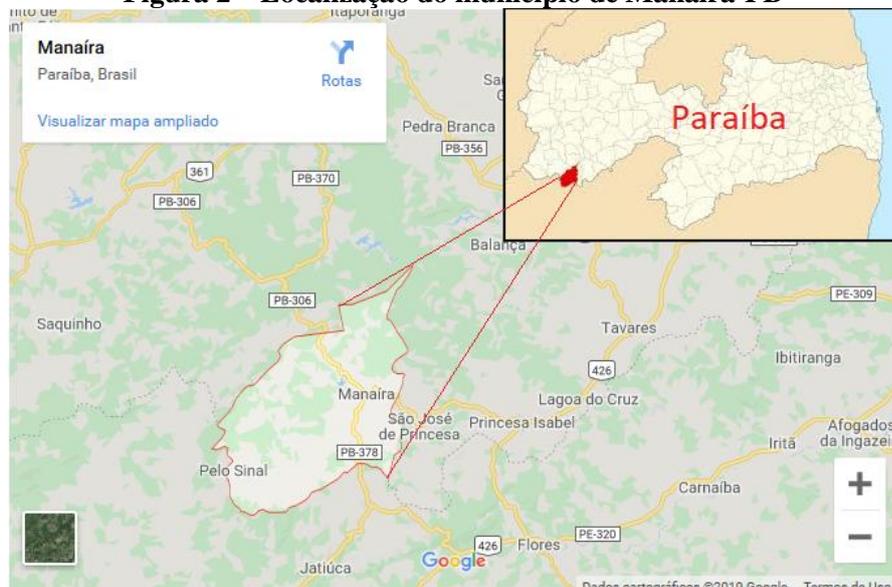


Fonte: Próprio autor (2019)

4.1 Caracterização Geográfica do Município de Manaíra

Tendo sido emancipado no ano de 1961, o município de Manaíra no estado da Paraíba, está localizado a 447 km da capital do estado, na mesorregião geográfica do Sertão do Estado, mais especificamente na microrregião da Serra do Teixeira, limitando-se “com o município de Curral Velho ao norte, São José de Princesa a leste, Santana de Mangueira a oeste, e Santa Cruz da Baixa – Pernambuco – ao sul, compreendido entre as latitudes 7° 42' 25" S e longitudes 38° 09' 17" O a uma altitude de 757 metros (Figura 2).

Figura 2 – Localização do município de Manaíra-PB



Fonte: Google Maps (2019).

De acordo com o IBGE (2010), no último censo - ano de 2010 - sua população era de 10.759 pessoas e a área da unidade territorial que compreende o Município de 352,570 km². Além da sede do município, os aglomerados populacionais que se destacam são o Distrito de Pelo Sinal e a Vila da Travessia, localizados a 34 km e 18 km da sede, respectivamente.

4.2 Caracterização do sistema de abastecimento de água de Manaíra – PB

Como mencionado anteriormente, o principal objetivo deste trabalho é realizar um diagnóstico do sistema de abastecimento de água do município de Manaíra e para tanto, foram realizadas consultas a prestadora de serviço – CAGEPA – através do coordenador deste município, onde o mesmo relatou como ocorrem as etapas do funcionamento do SAA. Também foram realizadas visitas técnicas, onde foram feitos registros fotográficos e realizadas conversas informais que possibilitaram a obtenção de informações para caracterização do SSA.

4.3 Avaliação das condições operacionais

Para melhor entendimento das condições operacionais do SAA de Manaíra foram revisados os indicadores e índices disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre

Saneamento (SNIS) para o município, tendo sido selecionados, o consumo médio per capita, índice de atendimento total de água, índice de perdas na distribuição, índice de hidrometração e o Indicador de desempenho financeiro. Essas informações foram analisadas historicamente, no período de 2008 a 2017, a fim de verificar a evolução da prestação do serviço.

4.3.1 Consumo médio per capita de água

O consumo médio per capita, representa a média dos volumes diários, consumido em um dia e é expresso geralmente em litros por habitante dia (L/hab.dia). Esse índice indica a média de água consumida por cada habitante do município, Segundo a organização mundial de Saúde (OMS), uma pessoa necessita de um consumo mínimo de 110 litros de água por dia esse valor é suficiente para manter as necessidades humanas mais básicas como a dessedentação, nutrição e higiene pessoal, enquanto índices muito altos representam desperdício de água e uso não racional.

A base de cálculo para índice de consumo per capita é a razão entre o volume efetivamente consumido pela população e a quantidade de pessoas que consumiu, assim como apresentado pela Equação 1

$$CPC = \frac{VAC - VAE}{PTA} \times \frac{1000000}{365} \quad (1)$$

Onde:

CPC = Consumo médio per capita (L/hab.dia);

VAC = Volume de água consumido (1000m³/ano);

VAE= Volume de água exportado (1000m³/ano);

PTA = População total atendida (Hab).

4.3.2 Índice de atendimento total de água

O índice de atendimento total de água tem como objetivo medir o percentual de habitantes com acesso ao serviço de abastecimento de água, indicando o quão acessível é a prestação de serviço, sendo um dado importante para avaliar cobertura, assim como apresentado na Equação 2. Contudo, isso não indica que o serviço prestado é de boa qualidade.

$$IAT = \frac{PTA}{PTM} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

IAT = Índice de atendimento total de água (%);

PTA = População total atendida (Hab);

PTM = População total do município (Hab).

4.3.3 Índices de perdas na distribuição

Os volumes de perdas na distribuição de um SAA são calculados através da Equação 3 e representa uma análise da situação do que é produzido de água e do que é realmente faturado pela prestadora de serviço. Valores muito altos desses índices podem significar perdas reais – basicamente caracterizados por vazamentos ao longo do sistema – ou perdas virtuais – formas de uso que não foram faturados, como ligações clandestinas e falta de medição. Esse índice sinaliza a necessidade de cuidado para reduzir essas perdas, seja por mudanças na operação ou por práticas de manutenção.

$$IPD = \frac{VAP+VATI-VAC-VS}{VAP+VATI-VS} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

IPD = Índice de perdas na distribuição (%);

VAP = Volume de água produzido (L);

VATI = Volume de água tratada importada (L);

VAC = Volume de água consumida (L);

VS = Volume de serviço (L).

4.3.4 Índice de hidrometração

A hidrometração está relacionada as perdas de faturamento pela falta de hidrômetros, pela má condição deles, fraudes em ligações ativas, ligações clandestinas ou mecanismos de cobrança ineficiente, ou seja, apresenta indícios das perdas virtuais. Este índice é medido

através da Equação 4 numa razão entre a quantidade de ligações de águas medidas e o total de ligações de água do sistema.

$$IH = \frac{QLAM}{QLA} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

IH = Índice de hidromedtação (%);

QLAM = Quantidade de ligações ativas de água micromedidas (Unidades);

QLA = Quantidade de ligações ativas de água (Unidades).

4.3.5 Indicador de desempenho financeiro

O indicador de desempenho financeiro é usado para demonstrar a situação financeira da concessionária que administra o SAA, nele são utilizados indicadores como receita operacional direta de água, receita operacional direta de esgoto, receita operacional direta de água exportada (bruta ou tratada), receita operacional direta e despesas totais com os serviços, que demonstram se há um desempenho favorável em relação as suas finanças. Nesse caso foram analisados dados de despesas e receitas fornecidas pela empresa que administra o mesmo, seguindo o indicador de desempenho financeiro fornecido pelo SNIS, onde é utilizada a Equação 5 para determinar o percentual de desempenho.

$$IDF = \frac{R}{D} \times 100 \quad (5)$$

Onde:

IDF = Indicador de desempenho financeiro (%);

R = Receitas totais (Reais/ano);

D = Despesas totais (Reais/ano).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização do sistema de abastecimento de água

5.1.1 Manancial

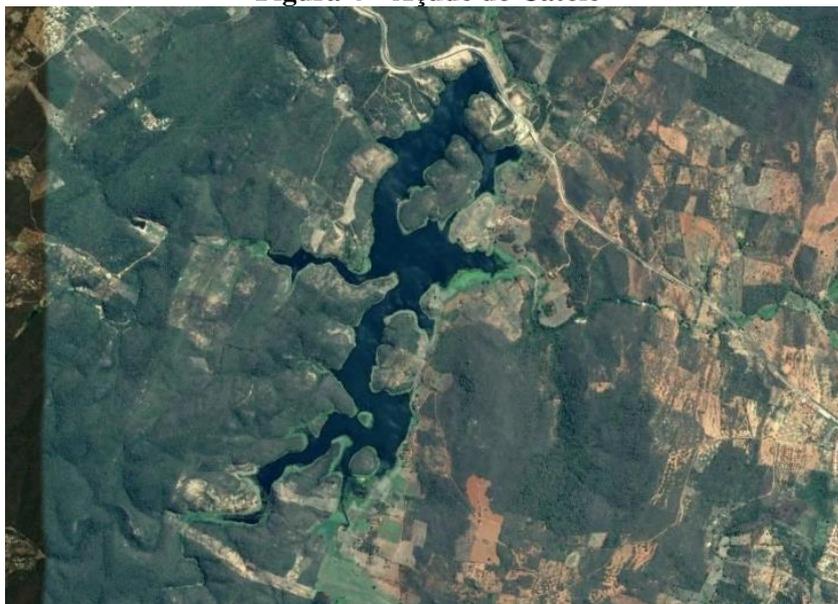
O Açude Catolé é o manancial utilizado pelo SAA de Manaíra, sendo um reservatório de água superficial que segundo informações da CAGEPA detém uma capacidade de 10,5 milhões de metros cúbicos e está situado no Sítio Catolé, a aproximadamente 2,5 km da sede do município.

O manancial (Figuras 3 e 4), apesar do período prolongado de estiagem desde 2011 atualmente apresenta uma situação confortável, pois segundo dados da AESA (2019) no final de novembro do corrente ano apresenta 75% da sua capacidade. E como é possível verificar na Figura 5, nos últimos dez anos a situação mais crítica ocorreu no ano de 2014 - início do período de estiagem prolongada. Quando o mesmo ficou com 38,26%, que corresponde a 4.017.819,60 m³ da sua capacidade.

Figura 3 – Açude do Catolé



Fonte: Próprio Autor (2019).

Figura 4 – Açude do Catolé

Fonte: Google Earth (2019).

Figura 5 – Volume de água

Fonte: AESA (2019).

Segundo o SNIS (2019) o volume de água produzido pelo SAA de Manaíra foi de 416.050 m³ no ano de 2017, sendo esta a demanda de água para consumo humano que o Açude Catolé necessita fornecer, lembrando que este corpo de água também deve garantir água para outros usos, além de haver perdas por infiltração e evapotranspiração.

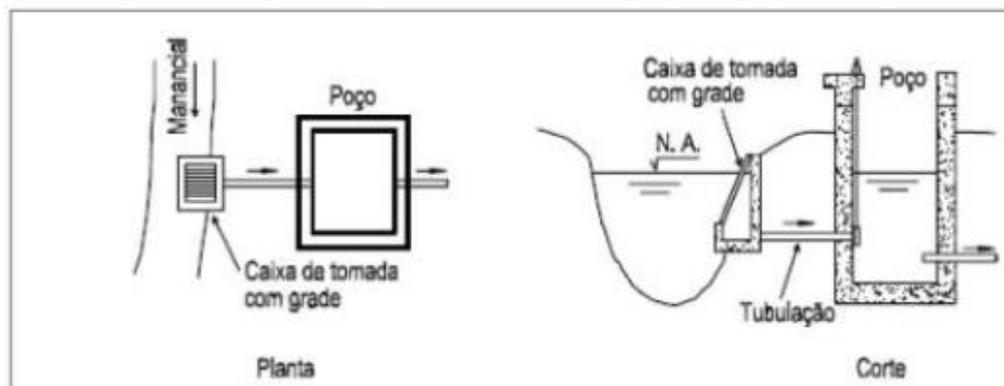
No entanto, nos últimos 09 anos há uma grande variação no percentual do volume do açude, mas como é possível verificar que nos anos onde ocorreram os menores percentuais (Figura 05) – 2014, 2017 e 2019 – o manancial ainda comportava um volume capaz de suprir a demanda da população nesse período, provando que a presença do manancial é mais que suficiente para garantir a demanda para abastecimento humano do SAA, pois a quantidade de

água consumida é muito menor que a quantidade de água que o açude possuía no seu estado mais crítico que foi em 2014.

5.1.2 Captação

A água para o abastecimento da cidade é captada diretamente no manancial, na parte do açude próximo ao barramento, onde é localizada a parte mais profunda, logo, é uma captação por tomada de água de fundo. Neste ponto, existe uma caixa cimentada com gradeamento utilizado para impedir a entrada de peixes e transporte de sólidos pela tubulação e nesta estrutura foi instalada um tubo de ferro fundido de 200 mm por onde a água é captada escoa por gravidade até um poço de sucção do sistema elevatório, com as seguintes dimensões 2 m² de área por 4 m de profundidade (Figura 6).

Figura 6 – Representação do sistema de captação e poço de sucção



Fonte: Haddad (1997).

Diante disto foi verificado que o sistema apresenta a vantagem de captar água através da tubulação de tomada de maneira eficiente e conduzi-la a estação elevatória sem a necessidade de bombas ou equipamentos mais complexos e com isso garantir economia de energia. Por outro lado, a falta de um desarenador que pode vir a ser um dos problemas do sistema, pois o mesmo poderia impedir a entrada de sedimentos que venham danificar a bomba. Outra limitação relatada pelo operador do sistema seria a variabilidade da qualidade da água captada, em que nos períodos chuvosos a quantidade de sólidos captada é alta, tornando a água muito turva e prejudicando o tratamento, podendo ser um indicativo da necessidade de mudança da técnica de tomada de água, seja por uma torre de tomada ou por uma captação flutuante.

5.1.3 Adução

A adutora de água bruta, que interliga estação elevatória até a ETA é constituída de tubos feitos de Ferro Fundido de 150 mm de diâmetro ao longo de 3,8 km. Por sua vez, a adução de água tratada é realizada em tubo de ferro fundido, com 150 mm de diâmetro, interligando a ETA ao reservatório (Figura 7).

Figura 7 – Traçado da adutora



Fonte: Adaptado Google Earth (2019).

Outro aspecto importante a ser considerado é que as adutoras foram instaladas enterradas, mas, devido a erosão ela está exposta, (Figura 8) o que vem danificando a tubulação que apresenta consequentes vazamentos, associado a isso, os condutos são antigos e estão deteriorados, o que muda o regime de escoamento, aumenta a perda de carga, forçando o sistema elevatório e aumentando a probabilidade de ocorrer vazamentos. Melhorias como a substituição por uma tubulação de maior diâmetro, permitindo que a adutora funcionasse com menor perda de carga e ainda verificação e substituir a tubulação nos pontos onde foi verificado problemas devido a erosão.

Figura 8– Tubulação exposta devido a erosão

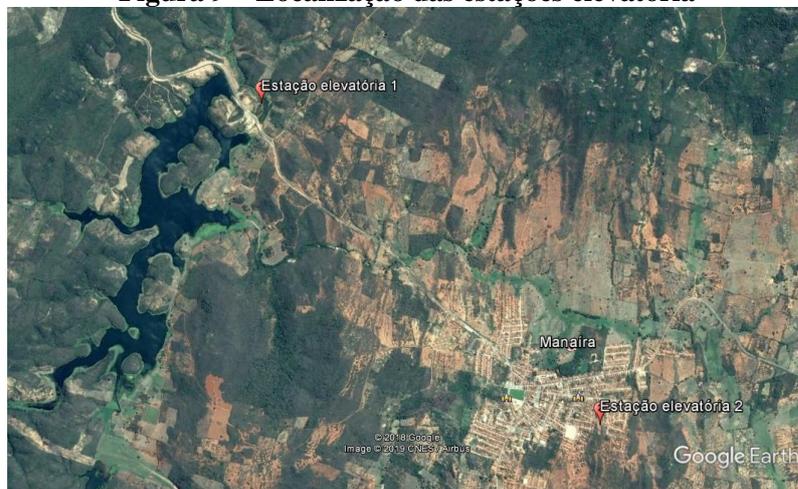


Fonte: Adaptado Google Earth (2019).

5.1.4 Recalque

O recalque do SAA de Manaíra ocorre em duas estações elevatórias (Figura 9), uma localizada na captação e outra na ETA. A elevatória da captação – Elevatória 1 – recalca de uma cota 645 m para uma cota 788 m, garantindo energia para escoar a água da captação a ETA, através de uma bomba submersa com potência de 50 CV, 15 estágios e capacidade de elevação de 200 mca (Figura 10 e 11). Por sua vez, a elevatória da ETA – Elevatória 2 – apenas aumenta a cota do reservatório de contato da desinfecção para o reservatório elevado de distribuição, através de duas bombas do tipo centrífuga de eixo horizontal instalados em paralelo com potência de 7,5 CV, com altura manométrica de 12 m e vazão 54 m³/h que trabalha ininterruptamente diretamente da ETA(Figura 12).

Figura 9 – Localização das estações elevatória



Fonte: Google Earth (2019).

Figura 10 – Poço de sucção da estação elevatória 1



Fonte: Próprio Autor (2019).

Figura 11 – Bomba submersa da estação elevatória 1



Fonte: Próprio Autor (2019).

Figura 12 – Sistema elevatório 2

Fonte: Próprio Autor (2019).

O sistema de bombeamento das duas estações elevatórias estão funcionando bem, embora não garantam o recalque da quantidade de água necessária para atender a toda população o que para isso seria necessário a aquisição de novos conjuntos motor bomba.

5.1.5 Estação de tratamento de água

Na ETA da cidade de Manaíra o tratamento inicia na casa de química onde é feita a análise inicial da água bruta e posteriormente passa por um processo de oxidação, onde metais como, ferro e manganês são retirados por aeradores. Em seguida a água escoar por uma calha Parshall (Figura 13) onde recebe uma dose de sulfato de alumínio, para que reaja com as impurezas da água formando os flocos que irão sedimentar no fundo do decantador. Esse processo só acontece no período de chuva e a dosagem é administrada de acordo com a turbidez. Depois disso, a água é direcionada para a etapa de filtração, na qual é utilizado um filtro Russo (Figura 14), que consiste em um filtro por onde a água passa de forma ascendente por algumas camadas de pedra e areia onde as impurezas ficam retidas. Após a filtração se

inicia o processo de desinfecção feito com cloro gasoso que é misturado com a água. O dosador está fixado a uma taxa de 7 mg/L para que a água chegue em todos os pontos de distribuição dentro do intervalo permitido pelo Ministério da Saúde (0,2 e 5 mg/L)

Figura 13 – Calha Parshall



Fonte: Próprio Autor (2019).

Figura 14 – Filtro russo



Fonte: Próprio Autor (2019)

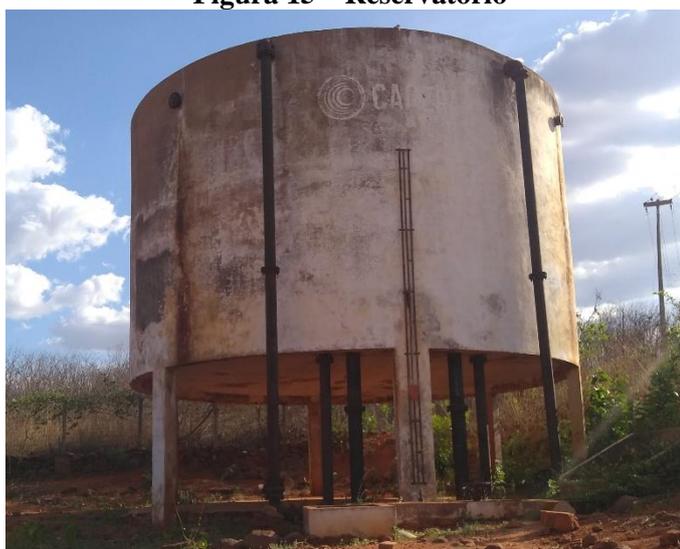
Com isso foi possível perceber que o sistema apresenta um processo bem satisfatório para um ETA de pequeno porte, conforme relatório em anexo, ainda assim verificou-se que as condições dos locais onde o tratamento é feito já estão bem desgastadas, as estruturas necessitam de manutenção e como foi relatado um novo sistema de filtração se faz necessário.

E ainda se verifica que o melhor seria a implantação de um melhor sistema capaz de realizar um tratamento mais eficiente, com maior rapidez garantindo que o tempo de tratamento permitisse manter a distribuição contínua em toda a cidade.

5.1.6 Reservatório

Dotado de um reservatório de 250. m³, construído em concreto armado, tipo elevado, dividido em duas câmaras de mesma dimensão (Figura 15) é responsável por armazenar e garantir vazão suficiente para distribuição. Tendo sido projetado para uma população de 5.030 habitantes e esse total foi ultrapassado e o sistema não consegue suprir a demanda, com isso é realizado um controle da quantidade de água que será fornecida para a comunidade até que esteja vazio. Desta forma os registros são fechados manualmente pelo funcionário, sendo mantido assim, até o completo enchimento do reservatório onde são novamente abertos os registros. O reservatório hoje não possui capacidade de manter o fornecimento constante de água para toda a população, e são realizados ciclos, em que parte da cidade é abastecida por vez. Localizado em uma posição privilegiada ele está no ponto mais alto da zona urbana garantindo um bom funcionamento, garantido pressão adequada em todos os pontos da cidade.

Figura 15 – Reservatório



Fonte: Próprio Autor (2019)

Quanto ao estado de conservação do reservatório é possível verificar nas Figuras 16 e 17 que são apresentados vários pontos de infiltração e outros onde a estrutura apresenta as ferragens exposta, representando risco de desabamento, apesar de não ser possível determinar

tal risco apenas com uma simples observação. É necessário um acompanhamento do desenvolvimento destas patologias pois o problema pode ser superficial, causando apenas má impressão na aparência do reservatório, ou pode ser um aviso de danos estruturais graves, que necessitam de reparo urgente. Se uma pequena fissura, por exemplo, crescer de tamanho, mudar de cor ou, ainda, estiver minando água, como está ocorrendo faz necessário a intervenção de um especialista.

Figura 16 – Infiltrações observadas



Fonte: Próprio Autor (2019)

Figura 17 – Estrutura com ferragem exposta



Fonte: Próprio Autor (2019)

5.1.7 Distribuição

A distribuição é feita através de uma rede ramificada em tubos de PVC, na tubulação tronco a distribuição é feita em tubos de 200 mm que se ramificam em tubulação de diâmetros menores. Como já foi dito anteriormente, o sistema não atende todo a população no mesmo instante, logo foi criado um roteiro onde a cada ciclo de enchimento do reservatório a água é liberada para uma região da cidade, esse controle é feito através dos registros que estão posicionados em pontos estratégicos conforme figura 18, numa espécie de racionamento. Conforme relato do funcionário da CAGEPA, devido a urbanização do município há um constante crescimento no número de residências que necessitam de água e que novas ramificações estão sendo criadas dificultando ainda mais o fornecimento.

Figura 18 – Sistema de controle de distribuição



Fonte: Próprio Autor (2019).

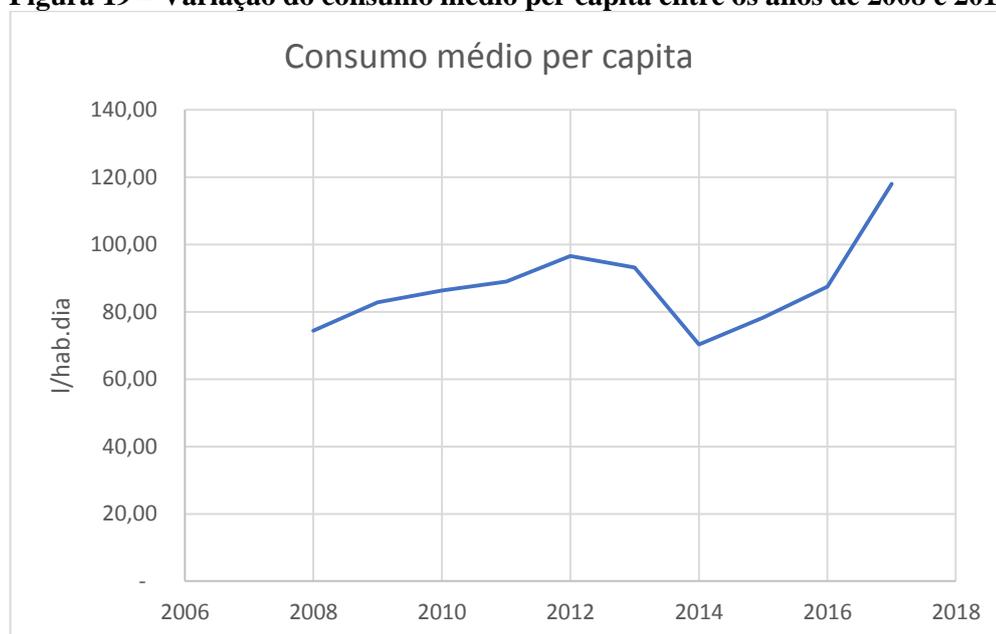
Diante do que foi apresentado, foi verificada a necessidade da adoção de um novo roteiro que permita a disponibilidade de água para o abastecimento em toda a rede de distribuição e ainda a substituição de parte da tubulação por uma de maior diâmetro o que garante menor perda de carga e maior quantidade de água.

5.2 Avaliação das condições operacionais

5.2.1 Consumo médio per capita no Município de Manaíra - PB

O consumo médio per capita anual (Figura 19) apresenta uma crescente variação do ano 2008 até 2012 e uma pequena queda nos dois anos seguintes, mas pode ser visto que o consumo vem aumentando nos últimos anos, chegando a um valor de 118 L/hab.dia. O que está dentro da média estipulada pela ONU e se aproxima do valor médio consumido no país, que segundo o SNIS (2014) é de 162 L/hab.dia.

Figura 19 – Variação do consumo médio per capita entre os anos de 2008 e 2017



Fonte: Adaptado SNIS (2019).

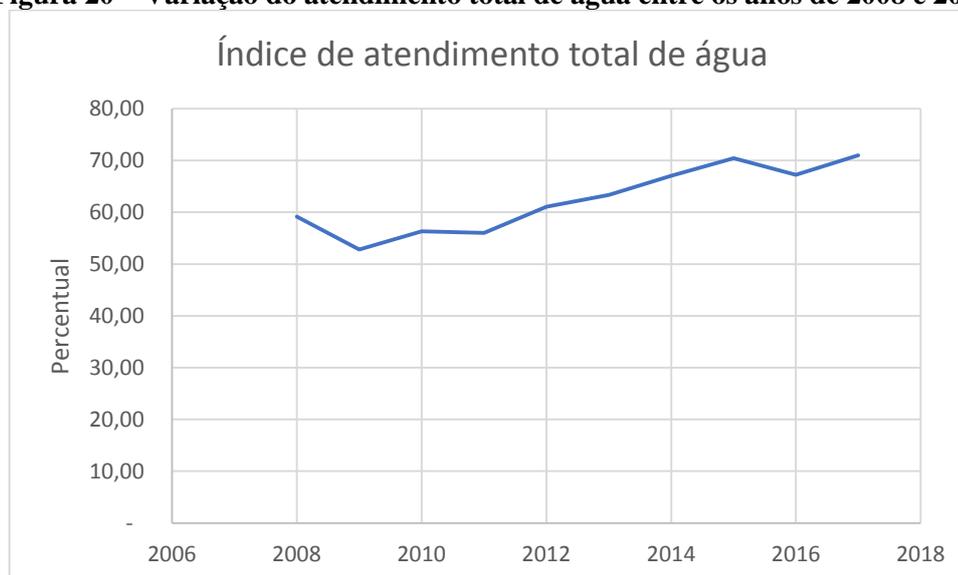
Com base na Figura 19, pode-se notar que houve uma queda entre os anos de 2013 a 2016, chegando a 70 L/hab.dia do consumo per capita. Este valor encontra-se abaixo do recomendado pela OMS o que causa transtornos à população que não detém o mínimo recomendado, este problema é influenciado pela falta de água no sistema de abastecimento ao longo do ano, ou seja, a população está necessitando de mais água do que estava sendo disponibilizado, nos anos seguintes ocorreu uma melhoria nos índices que pode demonstrar um maior cuidado por parte dos operadores do sistema. Observando a Figura 5 é notado que nos anos onde ocorre uma queda na distribuição coincide com um período de estiagem sendo portanto este um provável motivo na diminuição do consumo médio per capita, pois quando o

manancial se encontra com uma quantidade menor de água, possivelmente poderia haver um racionamento.

5.2.2 *Atendimento total de água*

Na Figura 20 é possível observar que no município a questão do atendimento vem se desenvolvendo bem, pois a cada ano o percentual da população com acesso ao sistema de abastecimento de água cresceu, mesmo com uma pequena diminuição na quantidade de pessoas beneficiadas entre os anos de 2015 a 2016. Logo após esse período, o crescimento foi retomado onde atingiu o maior índice, com 71,0% em 2017.

Figura 20 – Variação do atendimento total de água entre os anos de 2008 e 2017



Fonte: Adaptado SNIS (2019).

Mesmo havendo crescimento, o atendimento ainda não pode ser considerado bom, pois o índice de atendimento total é calculado com base nas ligações de água existentes, porém não garantem a quantidade de água suficiente todos os dias, visto que, o SAA passa por uma espécie de racionamento. Esse índice é verificado tomando como base toda a população do município e como boa parte ainda mora na zona rural o sistema não pode alcançar os 100% que se espera, e parte dessa crescendo variação se dá devido ao êxodo rural.

5.2.3 Índices de perdas

Como pode ser verificado a partir da Figura 21, as porcentagens de perdas anuais tem variado muito. Principalmente no período entre 2011 e 2014, onde o maior índice ocorreu no ano de 2014, com 51,65%. O que representa um desperdício de mais da metade do que é produzido, gerando despesas para a concessionária. Esses dados podem ter relação com o fato de o manancial ter apresentado baixo volume nesse período e conseqüentemente os menores consumo per capita.

Figura 21 – Variação do índice de perdas entre os anos de 2008 e 2017



Fonte: Adaptado SNIS (2019).

Para melhorar essa condição de perdas é de suma importância que haja o monitoramento das redes, feito através do controle da quantidade de água que é produzido e da quantidade que é medida na cobrança, pois possibilita uma diminuição dessas perdas na distribuição, visto que os custos com a manutenção da água são bastante relevantes, tendo em vista que ela passa por todo um tratamento que geram custos.

Ademais, é importante ressaltar que num município em que se observa problemas como a falta de água, ter uma rede com o mínimo de perdas é necessário, pois para proporcionar bem estar a população é necessário acesso a água. Para um município a uma região semiárida é inconcebível um índice de perda tão elevado (51% do que é produzido),

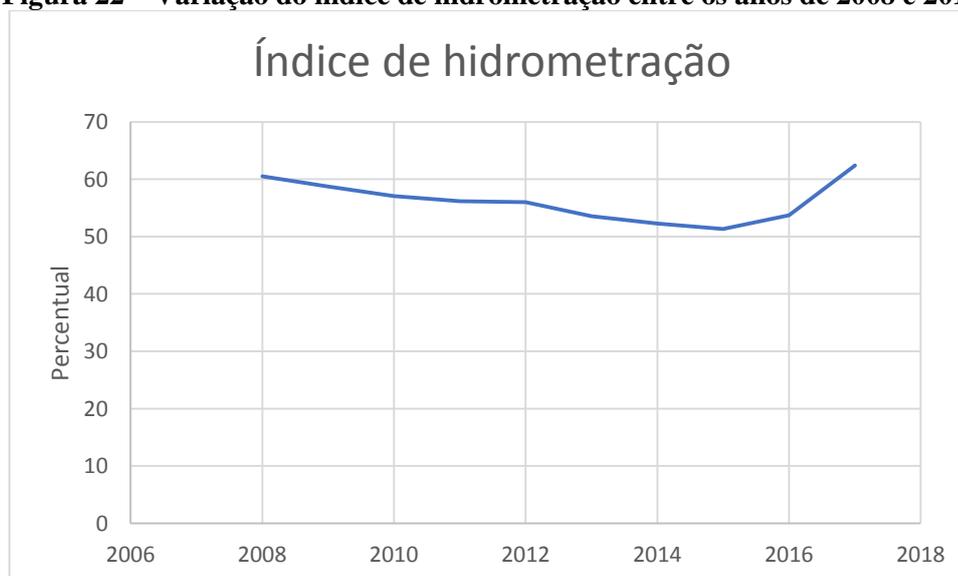
além do prejuízo econômico que isso gera à companhia de água e os danos ambientais causados com o desperdício de água.

Após a observação dos altos índice de perda, alternativas como realizar pesquisa por vazamento utilizando equipamento apropriados, substituição das tubulações em trechos da rede onde já foi realizado muitos reparos e aparelhos redutores de pressão onde a incidência de arrebentamento das tubulações

5.2.4 Índice de hidrometração

A evolução do índice de hidrometração mostrado na Figura 22, mostra que o controle do sistema de distribuição ainda é muito ineficiente pois o mesmo garante uma cobrança mais justa e eficiente da água tratada que para chegar até o consumidor onera muitas despesas, além de evitar o desperdício do consumidor pois em pontos de atendimento onde não há a micromedição o usuário não se preocuparam com o desperdício da água. Associado as perdas o baixo índice de hidrometração indica que as perdas mostradas acima podem ser apenas aparente, fazendo com que os índices de perda não representem a real situação. Com a falta de medição da água consumida torna-se complicado determinar a quantidade de água consumida ou que se perde com problemas nas tubulações ou desperdício de usuários sem medidores de consumo. Sendo um processo simples do ponto de vista técnico, para solucionar este problema o ideal seria colocar hidrômetros em todas as residências que são atendidas.

Figura 22 – Variação do índice de hidrometração entre os anos de 2008 e 2017



Fonte: Adaptado SNIS (2019)

5.2.4 Indicador de desempenho financeiro

Relacionado com o que se perde de água na distribuição pois se deixa de arrecadar receita e com o que é deixado de cobrar por falta de controle da quantidade de água utilizada ou desperdiçada pelo usuário do sistema por falta de hidrômetros o indicador de desempenho financeiro mostra déficit econômico em todo o período utilizado para caracterização do SAA. Isso se deve ao fato de que em todos os anos a receita operacional direta total foi menor que as despesas totais com os serviços, fato esse que pode estar em parte relacionado aos erros nos índices. Conforme mostrado na Figura 23 para todos os anos o percentual apresentou saldo negativo demonstrando que a CAGEPA tem um desempenho financeiro deficitário e uma solução para melhorar esse problema seria um controle nas perdas, aumento do número de casas com hidrômetro e diminuição do número de ligações clandestinas com melhor fiscalização.

Figura 23 – Variação do indicador de desempenho financeiro entre os anos de 2008 e 2017



Fonte: Adaptado SNIS (2019).

6 CONCLUSÃO

O sistema de abastecimento de água no município de Manaíra – PB apresenta como pontos positivos o manancial, que possui grande capacidade de água, refletindo nos indicadores da qualidade que demonstram nos últimos anos, melhorias no atendimento, em especial o consumo per capita, porém algumas unidades apresentam dificuldades para atender a demanda da população, principalmente nos critérios de quantidade e qualidade.

Para o porte do município, o SAA possui um manancial com capacidade de garantia de fornecimento. Alguns problemas encontrados estão na captação em períodos chuvosos onde a água é captada com bastante turbidez. Na primeira parte da adução foram encontrados tubos com problemas devido ao tempo. No tratamento da água bruta a filtração é direta e ultrapassada. Além disso, a reservação do sistema já não é suficiente para atender todos de maneira ininterrupta, e a estação elevatória de água bruta apresenta muitos defeitos ao longo do ano por estar sobrecarregada.

Devido as condições de infraestrutura do SAA de Manaíra, é possível verificar um potencial para aperfeiçoamento das unidades que têm capacidade para melhorar e ampliar a prestação de serviço. Neste sentido, seria interessante substituir o sistema de captação por outro que garanta melhor qualidade, trocar as tubulações da adutora de água bruta assim como as bombas dos sistemas elevatórios, uma renovação do sistema de tratamento para que seja possível tratar uma maior quantidade de água no menor período de tempo, além da verificação da estrutura do reservatório que se encontra bastante deteriorado.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR N° 12.216. **Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro. ABNT. 2005.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR N° 12.217. **Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro. ABNT. 1994.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Volume do açude Catolé I**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/volume-acude/?id_acude=4694>. Acesso em: 05 de dezembro de 2019.

CHADE, J. ONU vê risco de conflito em 46 países por causa da água. **O Estado de São Paulo**, Internacional. São Paulo, 20 mar. 2008.

CORDÃO, M. J. S. **MODELAGEM E OTIMIZAÇÃO DA DISPOSIÇÃO ESPACIAL DE UNIDADES DE RESERVAÇÃO EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS**. 2009. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

DUTRA, A. MOLIN, L. H. D. ESTUDO DE CASO: PROPOSTA DE MODELO MULTICRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO: UM ESTUDO DE CASO NA SECRETARIA MUNICIPAL DE INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE TUBARÃO/SC. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, Blumenau, v.7, n.1, p.15-47, 2013.

J. C. C. T. **Proposição de Método para definição de cotas Per Capita Mínimas de água para consumo Humano**. 2007. Dissertação (Mestrado em tecnologia ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007. f. 23.

GOOGLE EARTH-MAPAS. **Município de Manaíra – PB**, Disponível em <<https://www.google.com.br/maps/place/Mana%C3%ADra>>. Acesso em 15 de novembro de 2019.

HADDAD, J. C. **Sistema de abastecimento de água**. Belo Horizonte: UFMG, 1997.

HELLER, L; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG. 2010.

IBGE. **Panorama do Município (2010)**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 de novembro de 2019.

MATOS, J. C. C. T. **Proposição de Método para definição de cotas Per Capita Mínimas de água para consumo Humano**. 2007. Dissertação (Mestrado em tecnologia ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007. p. 15.

MCCANN, D. G. C.; Moore, A.; Walker, M. E. The water/health nexus in disaster medicine: II. Watercontamination in disasters. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 3, p. 486–490, 2011a.

OLIVEIRA, M. L. **Desenvolvimento de método para avaliação de desempenho de sistemas de abastecimento de água: aplicação ao caso da ride DF e entorno**. 2016. Dissertação (Mestrado em tecnologia ambiental e recursos hídricos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

PEIXOTO, F; BONDAROVSKY, S. H. **Água, bem econômico e de domínio público**. Revista CEJ, Brasília, 2000.

RAMACHANDRA, T. V.; BHARATH, A. H.; SOWMYASHREE, M. V. **Monitoring urbanization and its implications in a mega city from space: Spatiotemporal patterns and its indicators**. Journal of environmental management, v. 148, p. 67-81, 2015.

SANTOS, L. L; et al. Aplicação da tecnologia de filtração em margem para população difusa no Semiárido Pernambucano. RBRH – **Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 19 n.4** –Out/Dez 2014, 49-58. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/173/ad109e7f0254a34804b85ffe434f47f6_2ddf5adaac1cfbe4f73a2364561630ef.pdf. Acesso em: 03/12/2019

SANTOS, A.R. **Enchentes e deslizamentos: causas e soluções**. São Paulo: Pini, 2012, 128p.

SELBORNE, L. **A ética do Uso da água doce: um levantamento**. Brasília.UNESCO, 80p. 2002.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Série Histórica**. 2019. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 22 de novembro de 2019.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Disponível em:

http://www.epsjv.fiocruz.br/upload/Diagnostico_AE2014.pdf. Acesso em: 26 de novembro de 2014.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

TORRES, C. J. F. **DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO PARA APOIO À TOMADA DE DECISÃO SOBRE O PROGRAMA DE EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Universidade Federal da Bahia Escola Politécnica, Salvador, 2014.

ANEXO A – Relatório de ensaio da qualidade da água



CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
GERÊNCIA REGIONAL DAS ESPINHARAS
Subgerência de Tratamento e Controle de Qualidade
Laboratório de Análise da Estação de Tratamento de Água de Patos

CAGEPA

RELATÓRIO DE ENSAIO N ° 139/2018

DADOS DO SOLICITANTE

Nome: Companhia de Água e Esgotos da Paraíba

Município: MANAÍRA - PB

Endereço:

RA N°:

DESCRIÇÃO DA AMOSTRA

Procedência: Hospital

Responsável pela Coleta: Alekes Alves

Manancial: Superficial

Ponto de Coleta: Torneira interna

Natureza da Amostra: Distribuída

Data/Hora da Coleta: 17/04/18 às 12:55 hs

Apresentação/Quantidade: Garrafa de 300 ml e Frasco de 125 ml

Entrada no Laboratório: 17/04/18 às 16:50 hs

ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA

| PARÂMETRO | RESULTADO | UNIDADE | Valor de Referência ¹ (Portaria de Consolidação 5/2017 MS, Anexo XX) |
|-------------------------------|----------------|--------------------|--|
| Aspecto In Natura: | LÍMPIDO | Qualitativo | Límpido |
| Temperatura: | 24° | °C | - |
| pH: | 6,5 | - | 6,0 a 9,5 |
| Cor Aparente: | 9,9 | u.H. | 15 |
| Turbidez: | 0,92 | UT | 5 |
| Cloro Residual: | 2,0 | mg/L | 0,2 a 5,0 |
| Alcalinidade em Hidróxidos: | | mg/L | - |
| Alcalinidade em Carbonatos: | | mg/L | - |
| Alcalinidade em Bicarbonatos: | | mg/L | - |
| Alcalinidade Total: | | mg/L | - |
| Dióxido de Carbono: | | mg/L | - |
| Oxigênio Consumido: | | mg/L | - |
| Cloretos: | | mg/L | 250 |
| Dureza Total: | | mg/L | 500 |
| Dureza em Cálcio: | | mg/L | - |
| Dureza em Magnésio: | | mg/L | - |
| Ferro: | | mg/L | 0,3 |
| Condutividade: | | µS/cm | - |
| Sólidos Dissolvidos Totais: | | mg/L | 1000 |
| Salinidade | | mg/L | < 0,5: água doce; 0,5 a 3,0: água salobra |

Data/Hora da Análise: 17/04/18 às 17:04 hs

ANÁLISE BACTERIOLÓGICA

| PARÂMETRO | RESULTADO | Valor de Referência ¹ (PRT de Consolidação 5/2017 MS, Anexo XX) |
|-----------------------------|----------------|--|
| Coliformes Totais: | AUSENTE | Ausente em 100ml |
| E. Coli ou Termotolerantes: | AUSENTE | Ausente em 100ml |

Data/Hora da Análise: 17/04/18 às 17:00 hs

Parecer Técnico:

De acordo com os parâmetros analisados a água se apresenta em conformidade com os padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria MS/GM 5/2017, Anexo XX.

Observações

¹Portaria de Consolidação nº5 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde - Anexo XX

Os Resultados encontrados se referem exclusivamente a amostra de água analisada.

Os dados de identificações da amostra e a divulgação do resultado desta análise é de exclusiva responsabilidade do interessado.

Método de análises baseados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

CAGEPA - Cia de Água e Esgotos da Paraíba
GERÊNCIA REGIONAL DAS ESPINHARAS
Jairo Batista de Oliveira - CRCL-1920017
Químico Químico

ASSINATURA DO QUÍMICO

Laboratório de Análise da Estação de Tratamento de Água de Patos
Rua Projetada S/N - Bairro do Jatobá - Patos-PB
Fone: 3423 - 9512
joacoliveira@cagepa.pb.gov.br