



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

CENTRO DE ENGENHARIAS

CURSO ENGENHARIA CIVIL

MARINA MARIA DE MELO BEZERRA

**CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ANÁLISE
DE PERDAS: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE MOSSORÓ - RN**

MOSSORÓ

2018

MARINA MARIA DE MELO BEZERRA

**CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ANÁLISE
DE PERDAS: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE MOSSORÓ - RN**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Centro de Engenharias para obtenção do título
de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Arthuro Munay Dantas da
Silveira – UFERSA.

MOSSORÓ

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

B574c Bezerra, Marina Maria de Melo.

CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA E ANÁLISE DE PERDAS: UM ESTUDO DE CASO NA
CIDADE DE MOSSORÓ - RN / Marina Maria de Melo
Bezerra. - 2018.
48 f. : il.

Orientador: Arthuro Munay Dantas da Silveira.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2018.

1. Micromedição. 2. Macromedição. 3. Perdas. 4.
Recursos Hídricos. I. Silveira, Arthuro Munay
Dantas da, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

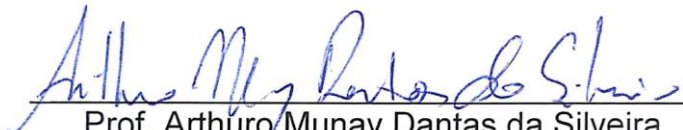
MARINA MARIA DE MELO BEZERRA

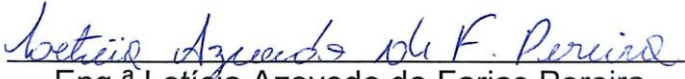
**CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ANÁLISE
DE PERDAS: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE MOSSORÓ - RN**

Monografia apresentada ao Centro de
Engenharias para obtenção do título de
Engenheiro Civil.

Defendida em: 17/09/2018.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Arthur Munay Dantas da Silveira
Presidente


Eng.ª Leticia Azevedo de Farias Pereira
Membro


Eng.ª Thayanne Lara Gondim Silva
Membro

Dedico este trabalho com muito amor aos meus pais, Múcio Luiz de Souza Bezerra e Francisca Maria de Melo Bezerra e também a minha irmã Muriellen de Melo Bezerra que são meus exemplos de determinação e sempre acreditaram na minha vitória. A vocês dedico também a minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela oportunidade de tentar ser cada dia uma pessoa melhor e de tentar mudar a minha realidade e daqueles que me cercam.

Aos meus pais e minha irmã por dedicarem seu tempo para cuidar de mim. Por nunca deixarem que nada faltasse, nem material e nem sentimental. Pela educação que me deram, pois foi isto que me tornou a pessoa que sou hoje.

A todos os meus familiares, principalmente aos meus avós, que não mediram esforços para me ajudar nessa caminhada com muito carinho e atenção.

Ao orientador professor Arthuro Munay Dantas da Silveira, por seu compromisso, ensinamentos, disponibilidade, amizade e paciência.

Aos meus amigos, pela amizade verdadeira que construímos durante esses anos, pois compartilhamos desde os estudos e as tensões antes das provas até os momentos de alegria a cada conquista.

A empresa Júnior de Engenharia Civil – Alpe Engenharia, pela oportunidade de vivenciar o mercado trabalho antes do fim da graduação, pelo aprendizado e pelas amizades que levarei para a vida.

Aos membros da banca examinadora por participarem me ajudando a conseguir concluir minha formação acadêmica.

Agradeço a todas as pessoas que fizeram parte desta etapa decisiva da minha vida.

RESUMO

A água é um elemento vital que está ligado ao desenvolvimento das atividades econômicas e a necessidade humana do abastecimento. A atual situação das crises hídricas no país faz com que a necessidade de estudos para um melhor gerenciamento desse recurso se torne indispensável para o bem comum. As perdas de água no abastecimento agravam a situação de escassez. Os grandes desafios encontrados para reduzir as perdas em todas as etapas do abastecimento, somente serão superados conhecendo e quantificando cada parte do sistema de abastecimento, melhorando-o e gerenciando-o em cada etapa. O objetivo deste estudo é caracterizar o sistema de abastecimento de água da cidade de Mossoró-RN, utilizando dados de macromedição e micromedição e análise de perdas, para isso usou-se dados disponibilizados pela CAERN (Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte) que possibilitaram a análise de cada etapa. Verificou-se que na cidade de Mossoró, 75,31% da água vem de poços artesianos e 24,69% provêm da barragem Armando Ribeiro Gonçalves na cidade de Assú-RN. O tratamento da água é adequado ao seu tipo de manancial. O sistema dispõe de reservatórios em vários bairros da cidade e é feita a distribuição. Os dados alarmantes de índice de perdas mostram que mais da metade do volume de água produzido, torna-se volume perdido, somando perdas reais e aparentes, expondo a necessidade de técnicas para redução de perdas neste sistema.

Palavras-chave: Micromedição. Macromedição. Recursos Hídricos. Perdas reais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Planta das partes constituintes do Sistema de Abastecimento de Água.....	21
Figura 2- Tipos de reservatórios de acordo com a posição.....	24
Figura 3 – Desvio de água tipo Derivação de ramal.....	27
Figura 4 – Fraude tipo “By-pass”.....	28
Figura 5 – Ligação Clandestina.....	28
Figura 10 – Componentes do controle de perdas reais.....	31
Figura 11 – Componentes do controle de perdas aparentes.	31
Figura 12 – Mapa do local de realização da pesquisa.	32
Figura 13 – Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves.....	35
Figura 14 – Captação flutuante na Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves.....	35
Figura 15 – Canal de derivação na Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves	36
Figura 16 – Estação de Tratamento de água do sistema adutor de Mossoró.....	37
Figura 17 – Planta adutora Jerônimo Rosado.....	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Participação de cada setor na demanda total- Cenário otimista 2025.	19
Gráfico 2– Indicadores de Perdas na cidade de Mossoró-RN	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Origem e magnitude das perdas reais.....	26
Quadro 2 – Origem e magnitude das perdas aparentes.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de atendimento com água dos municípios cujos prestadores de serviços são participantes do SNIS em 2016, segundo região geográfica e Brasil.....	18
Tabela 2 - Valores do consumo médio per capita de água.	19
Tabela 3 - Reservatório do Sistema de Abastecimento de água de Mossoró.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ANA	Agência Nacional de Águas
CAERN	Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
EE	Estação Elevatória
ETA	Estação de Tratamento de Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IWA	International Water Association
ONU	Organização das Nações Unidas
PAC	Policloreto de Alumínio
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
SEMARH	Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo geral	16
2.2	Objetivos específicos.....	16
3	REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1	O direito humano à água.....	17
3.1.1	Disponibilidade hídrica.....	17
3.1.2	Acesso à água.....	18
3.1.3	Consumo Per Capita	19
3.1.4	Macromedição e Micromedição	20
3.2	Sistema de Abastecimento de Água	20
3.2.1	Conceituação.....	20
3.2.2	Componentes de um Sistema de Abastecimento de Água	21
3.2.2.1	Manancial	21
3.2.2.2	Captação	22
3.2.2.3	Estação de Tratamento de Água	23
3.2.2.4	Adutoras	23
3.2.2.5	Estações Elevatórias	23
3.2.2.6	Reservatórios	24
3.2.2.7	Redes de Abastecimento de água.....	24
3.3	Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água	25
3.3.1	Perdas Reais.....	25
3.3.2	Perdas Aparentes.....	26
3.3.3	Indicadores de Perdas.....	28
3.3.4	Controle de Perdas.....	30
4	METODOLOGIA.....	32
4.1	Área de Estudo	32
4.2	Aquisição de dados e instrumentos de pesquisa.....	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1	CAPTAÇÃO.....	34
5.2	TRATAMENTO	36
5.3	ADUÇÃO.....	37

5.4 ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS.....	38
5.5 RESERVÁTORIOS E REDE DE DISTRIBUIÇÃO	38
5.6 DADOS DE MACROMEDIÇÃO E PERDAS.....	39
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
REFERÊNCIAS	44
APÊNDICE	47

1 INTRODUÇÃO

Para a sobrevivência das sociedades, a água é um elemento vital e está ligada ao desenvolvimento das atividades econômicas (HERRERA, 1996). A necessidade de abastecimento de água está ligada a história do homem. Desde que o homem abandonou a vida nômade e passou a utilizar a agricultura de subsistência, a demanda de água interferiu na localização das comunidades e o abastecimento de água para a população passou ser mais importante (SILVA, 2016).

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) deve garantir a população água em qualidade e quantidade suficiente para suprir suas necessidades. Porém, devido aos problemas de escassez e deterioração dos mananciais, torna-se público o problema de abastecimento e os desafios para gestão dos recursos hídricos (GONÇALVES et. al., 2015).

Um dos problemas recorrentes de serviços urbanos de água é o grande número de perdas decorrentes no abastecimento, que acontecem principalmente por deterioração das partes que compõem o sistema e também de edificações sem a devida micromedição, ou seja, a falta de hidrômetros.

A companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) se dedica, mesmo com as dificuldades encontradas, a manter a qualidade e quantidade de água adequada para a população do estado, porém nem sempre é possível atender a demanda com excelência.

A cidade de Mossoró tem seu abastecimento provindo de mananciais superficiais e subterrâneos. O principal manancial superficial que abastece parte da cidade é a Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves que pertence à bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu. Outra parte do local é abastecida por poços tubulares distribuídos em pontos estratégicos (SOUSA, ROCHA E ARAUJO, 2011).

De acordo com Sousa Filho (2014) o interesse por um SAA conveniente a população é o que motiva diversas pesquisas e projetos com o objetivo de aprimorar a distribuição, a qualidade da água e o controle de perdas, também considerando as pressões de ampliação para o atendimento de novas áreas urbanas.

A maioria das cidades do Brasil sofre com o estado precário da distribuição, que causa as perdas físicas (CARVALHO et. al., 2004). Assim, a preocupação com a quantificação e o estudo dos tipos de perdas atreladas à utilização da água é de extrema importância para minimizá-las ou extingui-las. As perdas nas redes de distribuição de água chegam a 40% do volume que é produzido, no Brasil (IBNET apud MATOS e LOPES, 2016).

Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo quantificar o abastecimento proveniente de repesa e de poços tubulares, além de analisar e quantificar as perdas de água potável presentes no SAA da cidade, propondo soluções para minimizá-las ou erradicá-las. Os desafios encontrados no abastecimento de água na cidade do Mossoró- RN mostram a importância de um estudo aprofundado sobre o tema. Os órgãos responsáveis não detêm de dados suficientes para este seguimento.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Caracterizar o Sistema de Abastecimento de Água do Município de Mossoró-RN.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar cada parte que constitui o sistema de abastecimento de água de Mossoró;
- Quantificar o abastecimento a partir de mananciais subterrâneos e de mananciais superficiais;
- Analisar a macromedição;
- Analisar as perdas decorrentes na cidade de Mossoró;
- Propor soluções para a minimização das perdas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O direito humano à água

O crescimento populacional fez com que crescesse também a preocupação com a disponibilidade de água para consumo humano. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), que implantou o Pacto Internacional sobre Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (ICESCR), o comentário geral nº15 reconhece o direito à água como direito humano, econômico, social e cultural, além de assegurar que uma quantidade segura de água é necessária para reduzir risco de doenças, para cocção, consumo, higiene pessoal, entre outros (UN, 2015 apud. ZORZI, TURATTI, MAZZARINO, 2016).

3.1.1 Disponibilidade hídrica

A água compõe 70% da extensão terrestre, incluindo rios, lagoas, lagos, oceanos, todas as águas subterrâneas e também o gelo. De acordo com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2015), apenas 3% da água disponível no planeta é doce, sendo que 2,7% encontram-se em geleiras, vapor de água e aquíferos com profundidade maior que 1.000m. Então, está disponível para consumo apenas 0,3% do volume total, sendo 0,01% encontrada em fontes superficiais.

Além da desigual distribuição e da pequena porcentagem de água potável no planeta, a disponibilidade hídrica está relacionada também com questões climáticas e, sobretudo, com as modificações que o ambiente vem sofrendo ao longo dos anos. Essas mudanças não são homogêneas no espaço, assim há grande diferença na disponibilidade em cada região (HELLER, PÁDUA, 2010).

Relacionando a utilização e o gerenciamento dos recursos, SHUBO (2003) revela que estas atividades têm elevado o risco a escassez de água e comprometem a qualidade de vida da população. Além disto, a racionalidade na utilização desse recurso é necessária para atender as necessidades dessa e das gerações futuras.

A Agência Nacional de Águas, na elaboração do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água (ANA, 2010), mostra a irregularidade na distribuição da água na extensão territorial brasileira, onde 81% da disponibilidade hídrica superficial se concentra nos estados do Amazonas, Amapá, Acre, Rondônia, Roraima e parte do Mato Grosso, sendo 45% do território do país.

Já a Região Nordeste, sendo a menos favorecida devido às elevadas temperaturas durante o ano, baixa amplitude térmica e o baixo índice pluviométrico, dispõem de açudes reguladores de vazões para garantir a oferta contínua de água (ANA, 2017).

3.1.2 Acesso à água

Segundo o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS), nos anos de 2015 e 2016, o país teve uma média de índice de atendimento total com rede de abastecimento de água de 83,3%. O índice, quando relacionado à população urbana, alcança 93,0%. Na Tabela 1 é possível verificar os valores médios dos índices por região no Brasil, no ano de 2016.

Tabela 1 - Níveis de atendimento com água dos municípios cujos prestadores de serviços são participantes do SNIS em 2016, segundo região geográfica e Brasil.

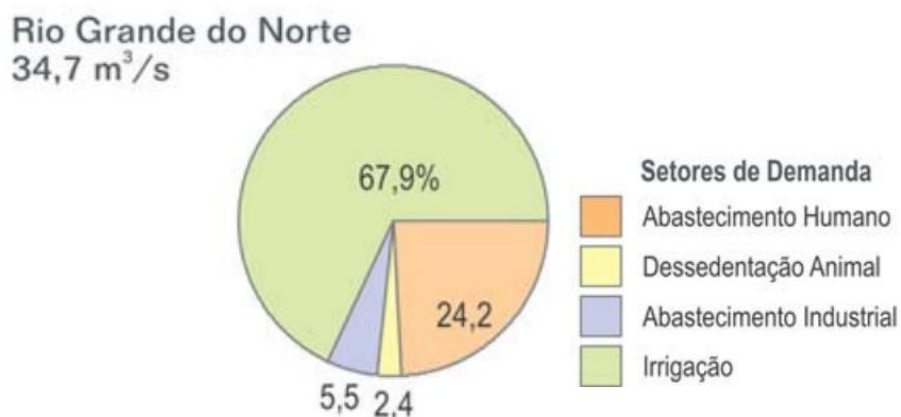
Região	Índice de atendimento com rede (%)	
	Água	
	Total	Urbano
Norte	55,4	67,7
Nordeste	73,6	89,3
Sudeste	91,2	96,1
Sul	89,4	98,4
Centro-oeste	89,7	97,7
Brasil	83,3	93

Fonte: SNIS (2016).

A Região Nordeste apresenta pequena redução no índice de atendimento urbano de água de 2015 para 2016, saindo de 89,6% e indo para 89,3%. Uma das prestadoras de serviço que causou grande impacto na variação desse índice foi a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (SNIS, 2016).

O Atlas Nordeste de 2006, elaborado pela ANA, mostra que, no Rio Grande do Norte, a porcentagem de demanda de água para abastecimento humano, numa projeção otimista para 2025 é de apenas 24,2%, sendo a maior parcela de demanda da irrigação, como mostra o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Participação de cada setor na demanda total - Cenário otimista 2025.



Fonte: ANA, 2006.

3.1.3 Consumo Per Capita

O consumo Per capita é determinante para cálculos das capacidades das várias partes de uma instalação de Sistema de Abastecimento de Água. Este consumo é obtido pela razão entre a média diária do volume anual consumido por uma dada população e a população abastecida. A unidade deve ser L/hab.dia (HELLER, PÁDUA, 2010).

O SNIS (2016) mostra que o Consumo Per Capita “é a média diária, por indivíduo, dos volumes utilizados para satisfazer os consumos domésticos, comercial, público e industrial”. A Tabela 2 mostra a média do consumo per capita nos anos de 2013, 2014 e 2015 na Região Nordeste e em cada estado.

Tabela 2 - Valores do consumo médio per capita de água.

Estado/Região	Média dos anos 2013, 2014 e 2015 (L/hab.dia)
Alagoas	99,7
Bahia	113,7
Ceará	129,5
Maranhão	165,6
Paraíba	124,9
Pernambuco	104,0
Piauí	138,0
Rio Grande do Norte	114,9
Sergipe	121,0
Nordeste	120,3

Fonte: SNIS, 2016.

Segundo HELLER e PÁDUA (2010), o nível socioeconômico da população, o clima, o porte, características e topografia da cidade e a administração do sistema de abastecimento de água interferem diretamente no consumo per capita.

3.1.4 Macromedição e Micromedição

Os sistemas de medição são substanciais para a eficácia do Sistema de Abastecimento de Água. Conhecer verdadeiramente as variáveis envolvidas permite obter as melhores formas de operação do SAA, desde a etapa de captação até a sua distribuição. Os sistemas de medição englobam a Macromedição e a Micromedição (SNIS, 2016).

A macromedição corresponde às medições de pressão, vazão e nível de reservatórios realizados desde a captação até a chegada à unidade consumidora (RODRIGUES, 2014). Os dados reais da macromedição são necessários para desenvolver medidas eficazes para redução e controle de perdas e para análise dos volumes de tratamento e adução de água tratada.

A micromedição é a medição do consumo feita no ponto de abastecimento de um determinado usuário, independentemente da categoria. É a medição permanente do volume de água consumido e registrado pelos hidrômetros (SILVA, 2015).

A medição do consumo em cada ponto do SAA promove a divisão de custos com a manutenção e instalação do sistema, além de evitar o desperdício de água por parte do consumidor. A macromedição e a micromedição associadas ajudam a identificar perdas na distribuição e indica as informações necessárias ao controle do SAA (SNIS, 2016).

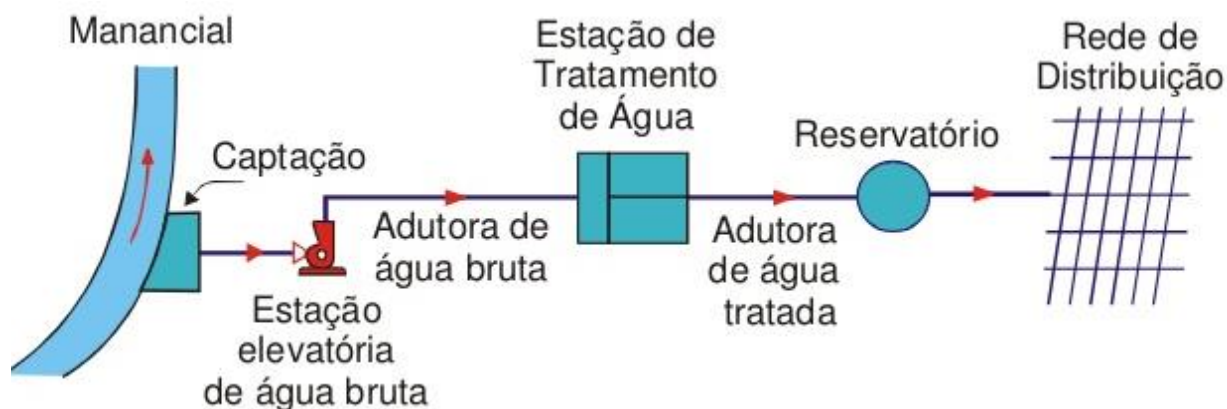
3.2 Sistema de Abastecimento de Água

3.2.1 Conceituação

A Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde define o Sistema de Abastecimento de água para consumo humano como uma instalação composta por obras civis, materiais e equipamentos, destinados à produção e fornecimento coletivo da água tratada, por distribuição sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão (BRASIL, 2011).

Este sistema é constituído dos seguintes componentes: Manancial, Captação, Estação Elevatória (EE), Estação de Tratamento de Água (ETA), Adutoras, Reservatório e Rede de Distribuição, a sequência é mostrada na Figura 1.

Figura 1- Planta das partes constituintes do Sistema de Abastecimento de Água.



Fonte: TSUTIYA, 2006.

As normas da ABNT para projeto do SAA e seus componentes são:

- NBR 12211 - Estudos da Concepção de Sistema Públicos de Abastecimento de água, de 1992.
- NBR 12212 - Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea, de 2017.
- NBR 12213 - Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público, de 1992.
- NBR 12214 - Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público, de 1992.
- NBR 12215 - Projeto de adutora de água, de 2017.
- NBR 12216 - Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público, de 1992.
- NBR 12217 - Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público, de 1992.
- NBR 12218 - Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público, de 2017.

3.2.2 Componentes de um Sistema de Abastecimento de Água

3.2.2.1 Manancial

De acordo com TSUTIYA (2006), Manancial é a fonte de água doce, superficial ou subterrânea, de onde é feita a retirada da água para o abastecimento, atendendo as necessidades da população ou comerciais. Deve fornecer vazão suficiente para atender a

demanda de água no período do projeto e deve atender ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria Nº 2914/2011 do Ministério da Saúde.

Mananciais superficiais são fontes para retirada da água para abastecimento, geralmente constituídos por rios, lagos, represas e córregos. A água deve corresponder aos padrões de potabilidade, assim a água proveniente desse manancial deve passar por tratamento antes de ser distribuída a população. (TSUTIYA, 2006).

As águas subterrâneas ocorrem nos poros presentes nas formações geológicas sedimentares ou nas falhas e fendas das formações ígneas e metamórficas. Os aquíferos são formações geológicas que contêm água e permitem seu movimento. Os aquíferos podem ser livres (sob um extrato permeável e acima de um extrato impermeável) confinados (capa superior e inferior impermeáveis), semiconfinado (possui teto semipermeável e piso impermeável) (TSUTIYA, 2006).

3.2.2.2 Captação

A Captação consiste na estrutura responsável pela extração de água do manancial, facilitando o transporte para a próxima unidade. A captação de água bruta é regulamentada por lei. Pode ser feita de diferentes formas, em função do tipo de manancial. Para a captação em mananciais superficiais é necessário levar em consideração, para o projeto, as características do curso d'água e das suas margens, além das variações de vazão durante o ano (HELLER; PÁDUA, 2010).

Para regiões onde a vazão não é suficiente para abastecer durante todo o ano, é feita a construção de barragens de regularização para ser realizada a captação. HELLER e PÁDUA (2010) discorrem que a captação de água de superfície divide-se em cinco tipos principais:

- Captação direta ou a fio de água;
- Captação com barragem de regularização de nível de água;
- Captação com reservatório de regularização de vazão destinado prioritariamente para o abastecimento público de água;
- Captação em reservatórios ou lagos de usos múltiplos;
- Captações não convencionais.

A captação em lençóis freáticos pode ser realizada por galerias filtrantes, drenos, poços rasos e poços tipo amazonas. Em poços tubulares geralmente é feita utilizando os conjuntos motor-bomba submersos, fontes de encosta (TSUTIYA, 2006).

3.2.2.3 Estação de Tratamento de Água

A Estação de Tratamento de Água (ETA) é o conjunto de equipamentos e instalações intencionadas a realizar o tratamento da água captada do manancial, a água bruta. Este tratamento possui etapas com processos físicos e químicos aplicados à água para adequar a qualidade de acordo com os padrões de potabilidade. O sistema mais utilizado no tratamento de água é composto por um sistema de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção (RODRIGUES, 2014).

O tratamento de água é de implantação sempre necessária para proteção da saúde do consumidor, deve-se adequar a água bruta de acordo com a portaria MS nº518/2004 (BRASIL, 2004). A portaria estabelece condições mínimas para o tratamento:

- Toda água fornecida coletivamente deve ser submetida a processo de desinfecção;
- Toda água suprida por manancial superficial e distribuída por meio de canalização deve incluir tratamento por filtração.

3.2.2.4 Adutoras

Adutora é a canalização destinada a conduzir água entre as unidades que antecedem a rede de distribuição. Portanto, não distribuem água aos consumidores, mas podem existir derivações chamadas sub-adutoras. Interliga a captação, estação de tratamento e reservatórios. Dependendo da natureza da água pode-se denominar Adutora de água bruta (tubulações que conduzem a água após a captação, ou seja, sem tratamento) ou Adutora de água tratada (tubulações que conduzem a água após passar pelo tratamento necessário para adequação aos padrões de potabilidade) (TSUTIYA, 2006).

3.2.2.5 Estações Elevatórias

Para melhores resultados de economia, manutenção, operação e segurança, seria desejável que todo o sistema funcionasse com escoamento por gravidade, porém nem todos os locais de abastecimento, propiciam esse tipo de escoamento. Assim, em função, principalmente do relevo, são adotadas as Estações Elevatórias para vencer desníveis geométricos, atingir níveis mais elevados ou aumentar a capacidade de adução do sistema. (SILVA, 2016).

As elevatórias podem ser classificadas de acordo com o líquido a conduzir, podendo ser elevatória de água bruta ou de água tratada. São de extrema importância para o sistema e sua instalação deve ser estudada com cuidado, devido ao alto custo de manutenção e de

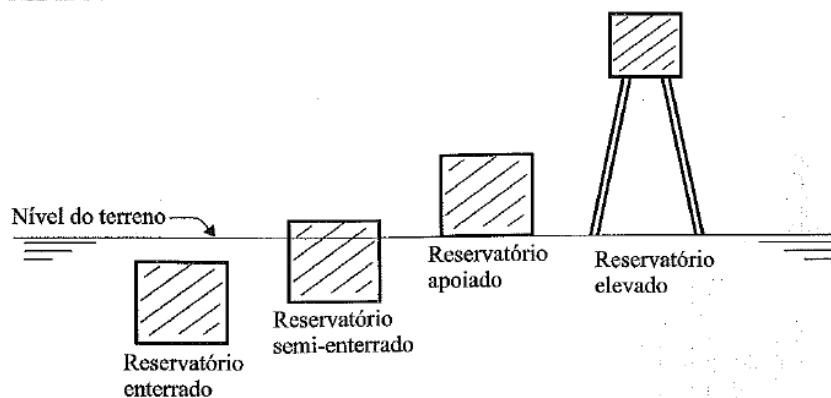
energia elétrica, se existir bombeamento. Este custo representa boa parte no valor da companhia de saneamento (TSUTIYA, 2006).

3.2.2.6 Reservatórios

Um dos principais fatores da distribuição de água, o reservatório determina pressões e vazões distribuídas na maioria dos sistemas. A água tratada é aduzida para um reservatório, e pode ser aduzida para outros reservatórios setoriais, para só então ser feita a distribuição da água, pela rede de distribuição (SILVA, 2016).

O reservatório destina-se, entre outras funções a compensar as vazões de produção (proveniente da captação-tratamento-adução), que geralmente é fixa ou possui poucas variações, a vazão de consumo que varia ao longo de todo o dia e, também, ao longo dos dias do ano. Esta unidade pode assumir diversas formas, de acordo com sua posição (elevado, enterrado, apoiado ou semienterrado, mostrado na Figura 2), ou com sua posição em relação à rede de distribuição (de montante ou de jusante) (HELLER; PÁDUA, 2010).

Figura 2- Tipos de reservatórios de acordo com a posição.



Fonte: TSUTIYA (2006).

3.2.2.7 Redes de Abastecimento de água

As Redes de Abastecimento de água tem como função distribuir água até as residências, estabelecimentos comerciais, indústrias e locais públicos. É composta por tubulações, conexões, peças especiais localizadas e logradouros públicos. Pode possuir configurações simples até muito complexas, em função do porte, densidade demográfica, distribuição e topografia da área que será abastecida (HELLER; PÁDUA, 2010).

Esta é a unidade mais cara do sistema, custando de 50 a 75% de todas as obras realizadas na implantação do sistema, sendo também a unidade de maior dificuldade de acesso, pois as tubulações encontram-se enterradas e em vários logradouros públicos. (TSUTIYA, 2006).

3.3 Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água

As perdas de água constituem uma das fontes causadoras da ineficiência no gerenciamento de recursos hídricos. Correspondem à diferença entre o volume de água que entra no sistema e o volume que foi consumido e faturado pela operadora do sistema de abastecimento. Uma parcela considerável de água não chega até o consumidor ou não é realizada a devida cobrança pelo seu consumo (RODRIGUES, 2014).

Um dos maiores desafios encontrados pelos órgãos responsáveis pelo SAA é o controle de perdas. As perdas, de acordo com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES, 2013) são divididas em dois tipos, as perdas físicas ou reais e as perdas aparentes ou comerciais.

- Perdas reais ou físicas: Um volume de água, após o tratamento, disponibilizado para distribuição é perdido antes mesmo de chegar com consumo. Podem ocorrer devido a vazamentos, extravasamento dos reservatórios, entre outros.
- Perdas comerciais ou aparentes: Um volume utilizado que não seja devidamente computado nas unidades de consumo. Assim, é cobrado de forma inapropriada. Podem ocorrer pela ausência de micromedição, de ligações clandestinas, etc.

3.3.1 Perdas Reais

As perdas reais geralmente acontecem devido às condições físicas precárias da rede de abastecimento, onde vazamentos e extravasamentos são contribuintes deste tipo de perdas. A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES, 2013), mostra três tipos de vazamentos:

- Vazamentos não visíveis de baixa vazão, não detectável pelos métodos acústicos de pesquisa;
- Vazamentos não visíveis, que podem ser detectados pelos métodos acústicos de pesquisa;

- Vazamentos visíveis, aflorantes ou visíveis nos cavaletes, extravasamentos e nos reservatórios.

Relacionado às perdas reais, deve-se levar em consideração a conservação dos recursos naturais, pois quanto menos volume de água se perde no sistema, menor a necessidade de ampliar ou explorar as captações, diminuindo o impacto ambiental causado por esta atividade. Além disso, dando a devida importância a saúde pública e a decorrência de vazamentos, qualquer despressurização pode acarretar na contaminação da água pela entrada de agentes nocivos na tubulação (TSUTIYA, 2006). O Quadro 1 mostra à origem a magnitude das perdas.

Quadro 1 – Origem e magnitude das perdas reais

PERDAS REAIS	Subsistema	Origem	Magnitude
	Adução de água	Vazamentos nas tubulações Limpeza do poço de sucção	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Tratamento	Vazamentos estruturais Lavagem de filtros Descarga de lodo	Significativa, função do estado das instalações e da eficiência operacional
	Reservação	Vazamentos estruturais Extravasamentos Limpeza	Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional
	Adução de água tratada	Vazamento nas tubulações Limpeza do poço de sucção Descargas	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Distribuição	Vazamentos na rede Vazamentos em ramais Descargas	Significativa, função do estado das tubulações e das pressões

Fonte: TSUTIYA (2006) apud SILVA (2015).

3.3.2 Perdas Aparentes

Correspondem aos volumes decorrentes de uso por ligações clandestinas e por *by-pass* irregular no ramal de ligações cadastradas, além de erros de leituras, fraudes em hidrômetros ou a ausência deles (HELLER, PÁDUA, 2010). O Quadro 2 mostra a origem e magnitude das perdas aparentes.

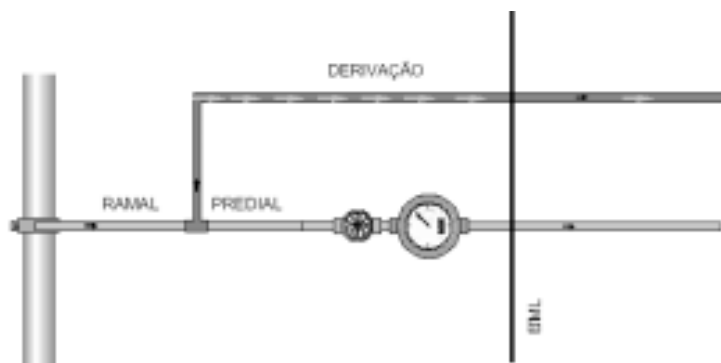
Quadro 2 – Origem e magnitude das perdas aparentes.

PERDAS APARENTES	Origem	Magnitude
	Ligações clandestinas/irregulares Ligações não hidrometradas Hidrômetros parados Hidrômetros que submedem Ligações inativas reabertas Erros de leitura Número de economias errado	Podem ser significativas, dependendo de: Procedimentos cadastrais e de faturamento, manutenção preventiva, adequação de hidrômetros e monitoramento do sistema.

Fonte: TSUTIYA (2006) apud SILVA (2015).

O desvio de água é comum nas ligações industriais e residenciais. Este fato acontece pela alteração e adulteração da ligação realizada pela concessionária, por meios que impeçam ou alterem a micromedição no local. Geralmente é utilizada a derivação do ramal, onde é usada uma conexão antes da passagem do hidrômetro, fazendo com que a água não passe totalmente pelo mesmo, derivando pela conexão, como mostrado na Figura 3 a seguir (CARVALHO et al., 2004).

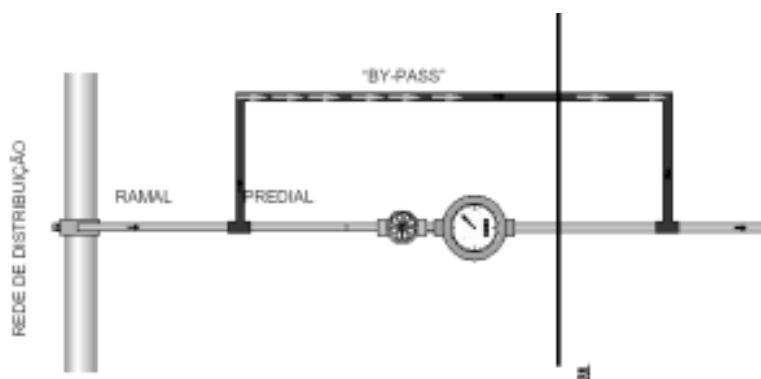
Figura 3 – Desvio de água tipo Derivação de ramal.



Fonte: EMBASA, 2001 apud CARVALHO et al., 2004.

Pelo sistema “By-pass”, usa-se uma conexão antes do hidrômetro, fazendo uma tubulação auxiliar, ligando ao seu ramal predial desviando parte da água, assim o fluido não passa totalmente pela medição e deriva pela ligação feita por essa conexão (Figura 4). A água usada não é totalmente contabilizada (CARVALHO et al., 2004).

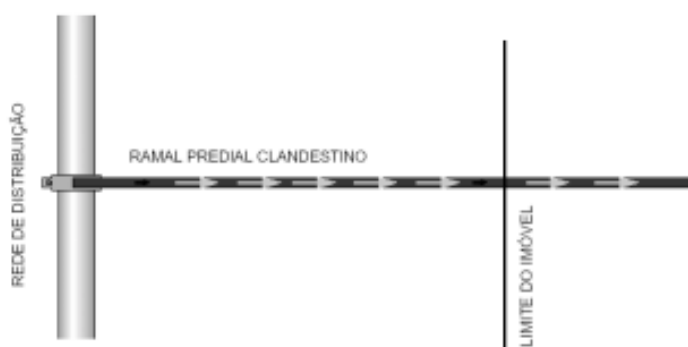
Figura 4 – Fraude tipo “By-pass”.



Fonte: EMBASA, 2001 apud CARVALHO et al., 2004.

As ligações clandestinas caracterizam-se pela falta de hidrômetros. É feita a ligação direta de rede de distribuição da concessionária sem nenhum tipo de cadastro e instalação de micromedição, portanto sem cobrança pelo uso da água. A ligação é mostrada na Figura 5 (CARVALHO et al., 2004).

Figura 5 – Ligação Clandestina.



Fonte: EMBASA, 2001 apud CARVALHO et al., 2004.

3.3.3 Indicadores de Perdas

Conforme Tsutiya (2006), os indicadores de perdas permitem retratar o cenário das perdas, gerenciar a evolução dos volumes perdidos, comparar diferentes sistemas de abastecimento de água, além de direcionar ações de controle de perdas. Para aplicação e compreensão dos índices, deve-se ter o entendimento universal sobre as parcelas que compõem as perdas, as medições devem ser sistematizadas e manter critérios claros para a estimativa de volumes perdidos. Há diferentes tipos de indicadores, os mais importantes são:

- Indicador Percentual: É o mais simples de ser compreendido e o mais utilizado, este método relaciona todo o volume perdido (de perdas reais e aparentes) com o volume produzido ou disponibilizado pela concessionária, anualmente. A equação (1) é mostrada a seguir:

$$IP = \frac{\text{Volume perdido total}}{\text{Volume fornecido}} \times 100 \quad \text{Equação (1)}$$

- Índice de perdas por Ramal: relaciona o volume total perdido anual com o consumo médio dos ramais presentes na rede distribuição de água que será analisada, mostrado na Equação (2). Para melhor compreensão é utilizado o fator de escala, a equação deste método é:

$$\text{Índice de perdas por ramal} = \frac{\text{Volume perdido anual}}{(\text{Nº de ramais} \times 365)} \quad (\text{m}^3/\text{ramal. dia}) \quad \text{Equação (2)}$$

- Índice de perdas por Extensão de rede relaciona o todo o volume perdido em um ano com a extensão da rede em análise, assim tem-se, como na Equação (3):

$$\begin{aligned} &\text{Índice de perdas por} \\ &\text{extensão da rede} = \frac{\text{Volume perdido anual}}{(\text{Extensão da rede} \times 365)} \quad (\text{m}^3/\text{km. dia}) \quad \text{Equação (3)} \end{aligned}$$

- Índice infraestrutural de perdas: é uma proposta mais atual para análise de perdas e permite que seja feita uma comparação entre sistemas de abastecimento diferentes (Equação (4)) O cálculo é de um numero adimensional apresentado a partir da relação entre o nível de perdas encontrado em um sistema e o nível mínimo de perdas esperado para este:

$$\text{Índice infraestrutural} = \frac{\text{Volume perdido anual}}{\text{Volume perdido total inevitável anual}} \quad (\text{adimensional}) \quad \text{Equação (4)}$$

Quanto maior este índice, pior é a condição de perdas do sistema em estudo. Este indicador considera na sua formulação a influência das pressões de operação no sistema.

3.3.4 Controle de Perdas

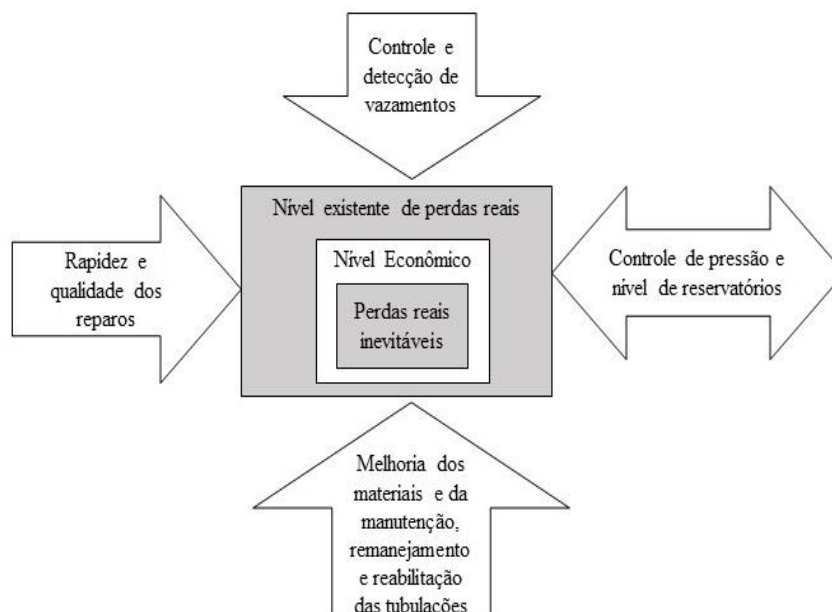
Uma das maiores dificuldades encontradas pelas empresas de saneamento está relacionada com o controle das perdas existentes desde a captação até a distribuição, pois o aumento das perdas se relaciona com a qualidade da infraestrutura e com o gerenciamento deste recurso. Dessa forma, os custos decorrentes das perdas devem ser minimizados e estar sujeitos à gestão apropriada, pois são repassados para os consumidores (SNIS, 2016).

A International Water Association (IWA) criou terminologias para uniformizar os dados relacionados às perdas e contribuiu para definir os limites de perdas de um sistema, relacionando um limite econômico que seria a partir do qual se gasta mais na redução de perdas que o valor inerente aos volumes recuperados, e o limite técnico referente às perdas inevitáveis ligadas ao alcance da tecnologia, assim tendo sempre um valor considerado perdido no sistema (ABES, 2013).

Desta forma, nota-se que nos países em desenvolvimento é imprescindível à execução de planos de combate as perdas no sistema, sendo executado, até mesmo, em longo prazo, visto que extinguir as perdas reais, do ponto de vista econômico, torna-se inviável (RODRIGUES, 2014).

Para reduzir as perdas reais, de acordo com Tsutiya (2006), as condições locais influenciam na escolha das alternativas para compor o programa e para reduzir e conservar as perdas em valores aceitáveis. O controle da pressão, setorização (separação da rede por zonas), a instalação de válvulas redutoras de pressão, instalação de *boosters*, controle ativo de vazamentos, rapidez e qualidade de reparo dos locais de vazamento, gerenciamento da infraestrutura, entre outras, são medidas para reduzir as perdas reais, como mostra a Figura 10 a seguir (TSUITIYA, 2006).

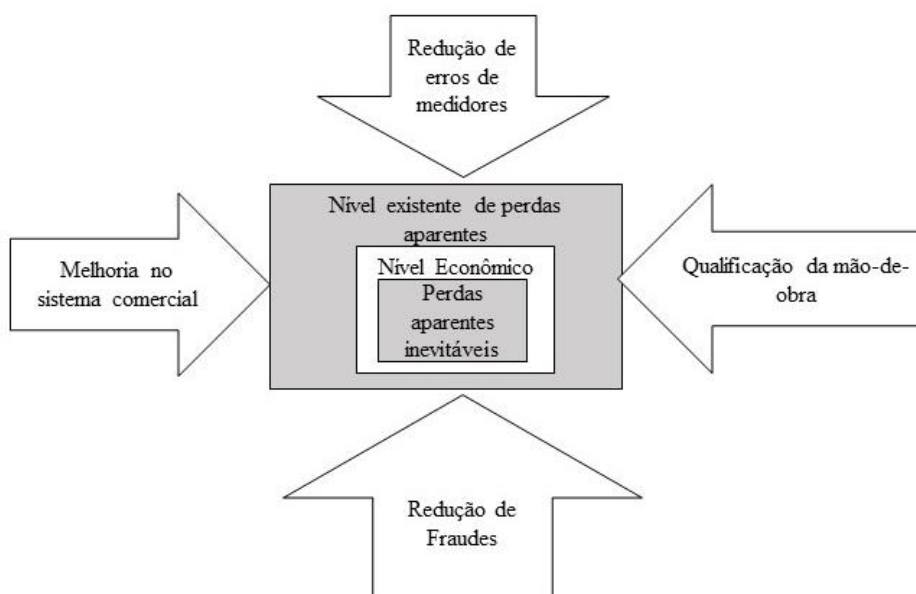
Figura 6 – Componentes do controle de perdas reais.



Fonte: TSUTIYA, 2006.

As perdas aparentes ou não físicas causam problemas financeiros que refletem na arrecadação das empresas de saneamento. As ações que combatem esses efeitos devem ser relativas à manutenção na micromedição e controle de fraudes. Já as ações que combatem as causas são relativas à instalação e calibração de hidrômetros e aperfeiçoamento do sistema comercial, como mostra a Figura 11 (TSUTIYA, 2006).

Figura 7 – Componentes do controle de perdas aparentes.



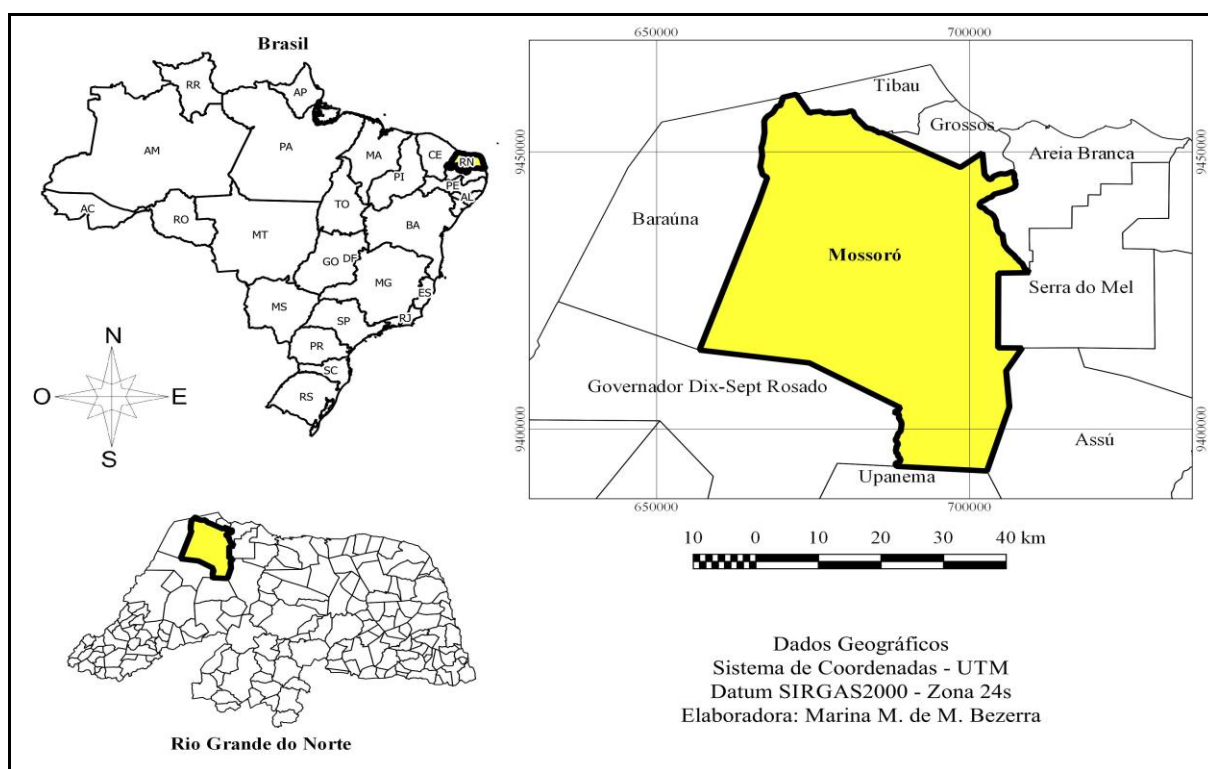
Fonte: TSUTIYA, 2006.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

A presente pesquisa foi desenvolvida no município de Mossoró, na região Oeste do Rio Grande do Norte, distante 278Km da capital Natal. O município limita-se com as cidades de Tibau, Grossos, Areia Branca, Serra do Mel, Assú, Upanema, Governador Dix-Sept Rosado e Baraúna, como mostra a Figura 12. Está localizado a 5°11' de latitude S e 37°20' de longitude W, a uma altitude de 18m. O clima da região é seco e quente, com duas estações climáticas: uma seca, de junho a dezembro e uma chuvosa, de fevereiro a maio (CARMO FILHO, 1991 apud Ramos, 2013).

Figura 8 – Mapa do local de realização da pesquisa.



Fonte: Arquivo da pesquisadora (2017).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, no censo de 2010, a cidade possuía 259.815 habitantes, com densidade demográfica de 123,76 hab/km², sendo estimada para 2018, 294.076 habitantes. O censo também afirma que 64,6% dos domicílios da cidade tem esgotamento sanitário adequado. As pesquisas do IBGE, em 2008, mostram, sobre abastecimento de água, o número de 75.073 economias abastecidas e o volume de água tratada distribuída por dia de 41.800 m³.

4.2 Aquisição de dados e instrumentos de pesquisa

O levantamento das informações iniciais foi realizado por meio de uma pesquisa bibliográfica, onde, por meio de estudos em artigos, revistas, sites, livros, teses, dissertações e monografias, foi possível realizar uma contextualização da atual situação do sistema de abastecimento de água e das perdas intrínsecas a este sistema em âmbito nacional e regional.

Em seguida, com intuito de caracterizar o sistema de abastecimento de água no Município de Mossoró-RN, analisando cada parte constituinte, quantificando a captação proveniente dos dois tipos de mananciais, analisando a macromedição e a micromedição além do estudo de perdas, foi elaborado um questionário (Apêndice) para empresa de saneamento do estado, Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). Inicialmente buscaram-se informações nos meios de comunicação eletrônica da empresa, em seguida, elaborado o requerimento para acesso aos dados da concessionária, elaborado pela Universidade Federal Rural do Semi-árido. A aplicação do questionário foi realizada nos meses julho e agosto de 2018.

Por meio das respostas obtidas pelo questionário enviado à CAERN, pode-se realizar uma análise das informações por meio de estatística descritiva, calculando-se as médias e porcentagens. Posteriormente as análises, foram elaborados gráficos visando auxiliar na interpretação visual das informações.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Sistema de Abastecimento de Água de Mossoró é de responsabilidade do serviço da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte. São apresentados a seguir os dados obtidos na pesquisa realizada na empresa de saneamento no do estado do Rio Grande do Norte, a CAERN, por meio do requerimento da Universidade Federal Rural do semi-árido.

5.1 CAPTAÇÃO

Para suprir a demanda de toda a cidade é necessária a utilização de dois tipos de fontes de obtenção de água, uma fonte subterrânea e outra superficial. Os mananciais subterrâneos, no total de 19 poços artesianos distribuídos pelo município, segundo a CAERN, são responsáveis por 75,31% do abastecimento da cidade de Mossoró devido a sua abundância, pois a geologia mossoroense favorece a formação de aquíferos confinados que possuem água de maior qualidade de acordo com os padrões de potabilidade.

A captação superficial, responsável por 24,69% do abastecimento, é realizada na barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves (Figura 13), localizada na cidade de Assú no distrito de Oiticica II, à 2 Km da cidade de Itajá e distante 71 Km do município de Mossoró. Está situada na bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu com área de 37.770 Km² e precipitação média anual de 600mm. A barragem foi construída no ano de 1983 pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e chega a ser o segundo maior reservatório construído pelo departamento (SEMARH, 2001). De acordo com a medição realizada em 14 de setembro de 2018 pela Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SEMARH), o reservatório está com 25,87% do seu volume total.

Figura 9 – Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves



Fonte: Arquivo da pesquisadora (2018).

Nos poços artesianos profundos, a captação é feita com bombas submersas alimentadas por uma subestação própria de cada poço e na Barragem Armando Ribeiro Gonçalves a tomada d'água é realizada por captação direta de duas formas: captação flutuante montada sobre balsas, como mostrado na Figura 14 e por canal de derivação (Figura 15).

Figura 10 – Captação flutuante na Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves



Fonte: Arquivo da pesquisadora (2018).

Figura 11 – Canal de derivação na Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves



Fonte: Arquivo da pesquisadora (2018).

O canal deriva a água para realizar a captação e está locado dentro da estação de tratamento de água, assim não necessita de adução da água bruta. Já na captação feita flutuante, em balsas, a água é levada pela adutora de água bruta por 11 Km até a chegada na estação de tratamento de água.

5.2 TRATAMENTO

O tipo de tratamento depende principalmente do tipo de manancial. Para o manancial superficial é necessária uma Estação de Tratamento de Água mais completa (Figura 16). Na captação feita no tanque de reunião, a água é levada a uma câmara de carga para equilibrar a pressão e levar essa água até os filtros. Antes da entrada nos filtros é adicionada Policloreto de Alumínio (PAC) para aglomerar as partículas sólidas em suspensão. Os filtros da ETA de Assu são ascendentes, ou seja, a água é filtrada de baixo para cima, de forma que a água filtrada cai na calha e essa água é direcionada para um tanque de reunião. Já no tanque, é adicionado cloro a água para retirada de impurezas e, quando necessário, podem ser acrescentados produtos para correção de PH, turbidez e cor.

Figura 12 – Estação de Tratamento de água do sistema adutor de Mossoró



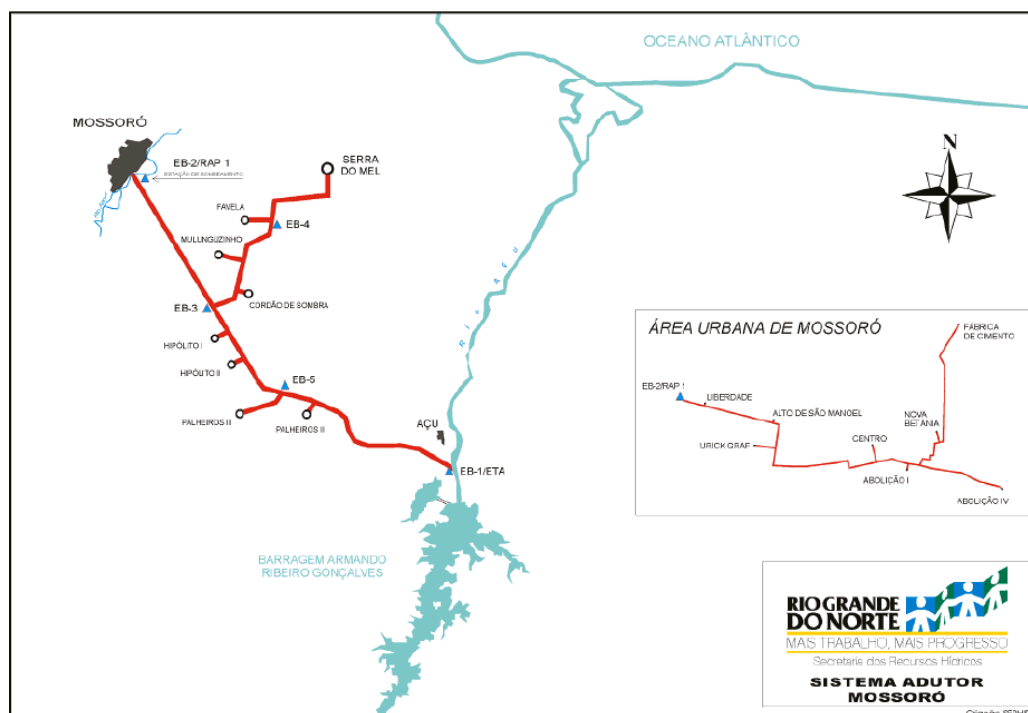
Fonte: Arquivo da pesquisadora (2018).

Para o tratamento de água providas de poços profundos, o tipo de tratamento é diferenciado, já que a água tem maior qualidade. O tratamento consiste na adição de cloro e fluoretação, obrigatório desde 1945.

5.3 ADUÇÃO

A adução de água tratada para a cidade de Mossoró é feita pela Adutora Jerônimo Rosado que transporta água da estação de tratamento de água localizada em Assu para os reservatórios da cidade. Além da cidade de Mossoró, a adutora abastece também a cidade de Serra do Mel. A Figura 17 demonstra a planta da adutora e todos os pontos de abastecimento. A adução de água bruta e tratada somam 123,40 km de extensão.

Figura 13 – Planta adutora Jerônimo Rosado



Fonte: SEMARH (2011) apud. SOUSA, ROCHA E ARAUJO (2011).

5.4 ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS

As estações elevatórias estão dispostas ao longo da maioria dos sistemas de abastecimento de água no Brasil devido aos desníveis geométricos encontrados no sistema. No SAA de Mossoró são encontradas duas estações elevatórias, uma localizada na adutora Jerônimo Rosado, próximo ao Km 83 da BR 304 distante aproximadamente 40 Km do município e outra já na cidade, no bairro do Sumaré.

A água sai da EE da BR 304 com uma vazão de 1342,80 m³/h, distribuindo em vários pontos até chegar à segunda EE no bairro Sumaré onde é feito o tratamento com cloro gasoso e distribuí pelos reservatórios da cidade com vazão de 800m³/h (SOUSA, ROCHA E ARAUJO, 2011).

5.5 RESERVATÓRIOS E REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Atualmente, de acordo com a CAERN, quatorze reservatórios fazem parte do abastecimento da cidade de Mossoró, todos com características diferentes de capacidade, formatos e posições. A Tabela 3 traz o reservatório e o bairro onde está localizado.

Tabela 3 – Reservatório do Sistema de Abastecimento de água de Mossoró

Reservatório	Bairro
R-1.1	Centro
R-1.2	Alto do Xerém
R-2.1	Abolição I
R-2.2	Centro
R-3	Nova Betânia
R-4.1	Alto de São Manoel
R-4.2	Urlick Graff
R-Abolição IV	Abolição IV
R-Abolição V	Abolição V
R-Vingt Rosado	Vingt Rosado
R-Liberdade	Liberdade
R- Alphaville	Empreendimento Alphaville
R-Ninho	Empreendimento Ninho
R-EB II	Sumaré
Reservatório Apoiado em Construção	Nova Betânia

Fonte: CAERN (2018)

A rede de distribuição deste sistema de abastecimento de água varia de acordo com o estilo do setor. Em setores com conjuntos habitacionais, geralmente tem-se uma rede malhada em anéis. Para os setores tipo bairros com redes mais antigas, em sua maioria, tem-se rede ramificada tipo espinha de peixe (SOUSA et al., 2009).

5.6 DADOS DE MACROMEDIÇÃO E PERDAS

Os dados de macromedição foram disponibilizados pela CAERN. O volume de água produzido no ano de 2017 foi igual ao volume de água macromedido, que foi de 25.967.878 m³. A empresa também informou que utiliza os valores do Coeficiente do dia de maior consumo (K1) e do Coeficiente da hora de maior consumo de acordo com os valores de projeto, 1,2 e 1,5, respectivamente. A partir destes dados foi possível calcular o consumo per capita aproximado da cidade de Mossoró no último ano, adaptando alguns dados e utilizando a seguinte fórmula:

$$Q = \frac{K_1 K_2 Pq}{86.400} + Q_{\text{esp}} \quad (\text{Equação 5})$$

Realizando os cálculos necessários para encontrar a vazão diária e considerando que toda a vazão é consumida pela população estimada pelo IBGE no ano de 2017 (295.619 habitantes), pois não foi disponibilizada a vazão específica de grandes consumidores, o consumo per capita calculado para o ano de 2017 é de 133,70 L/hab.dia. De acordo com o SNIS, em 2013 o consumo per capita de água em Mossoró era de 110,6 L/hab.dia, sendo aproximadamente 27,3% menor que o valor calculado para 2017. Este fato além de estar, provavelmente, atrelados as mudanças dos costumes da população de Mossoró, também pode ser relacionado às considerações e aproximações feitas no cálculo do ano de 2017 assim como as perdas do sistema.

A contribuição de cada tipo de fonte de água para o volume produzido reafirma a porcentagem citada acima de 75,31% da água vinda de poços artesianos e apenas 24,69% vindas até o consumidor através da barragem Armando Ribeiro Gonçalves, totalizando as contribuições de 19.557.003 m³ e 6.410.845 m³, respectivamente.

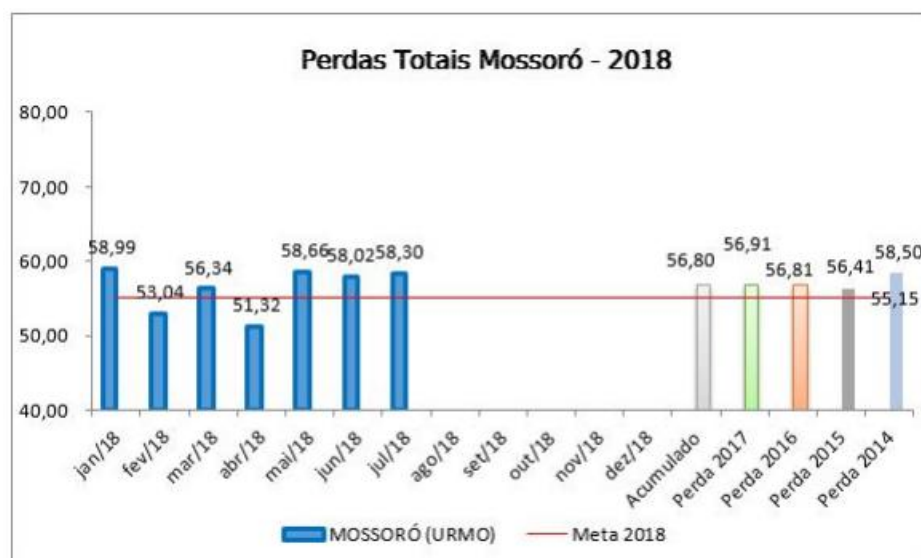
No ano 2016, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o volume de água macromedido foi de 20.256.170 m³, aproximadamente 22% menor que em 2017. Em 2016, o SNIS mostra 75.649 ligações ativas de água na cidade de Mossoró.

Comparando o volume produzido de Mossoró com uma cidade de população próxima, Juazeiro do Norte, localizada no estado do Ceará com população de 266.022 estimada pelo IBGE de 2015, o seu volume produzido em 2015 foi de 19.786.142 m³ (IPECE, 2016). Sendo a Macromedição de Mossoró 23,8% maior.

Os dados de micromedição não foram disponibilizados assim como os dados de perdas reais e aparentes do último ano, pois, segundo a CAERN, o balanço hídrico encontra-se em fase de implementação. Os dados de perdas em Mossoró são escassos e é importante que esta implementação do balanço hídrico seja divulgada aos consumidores e sejam propostas medidas que minimizem as perdas.

A companhia disponibilizou dados de perdas totais da cidade de Mossoró dos primeiros meses do ano de 2018 (janeiro a julho do presente ano), e a média anual de 2014 a 2017, como mostrado no Gráfico 2.

Gráfico 2– Indicadores de Perdas Percentuais na cidade de Mossoró-RN



Fonte: CAERN (2018)

Está presente no gráfico a meta dos indicadores de perdas para o ano de 2018. Isso mostra que até a metade do ano, somente os meses de fevereiro e abril cumpriram a meta estipulada, sendo abril o mês de menores perdas. O mês de janeiro foi o mês de maior índice de perdas, provavelmente devido ao maior consumo nesta época do ano, o verão, onde as temperaturas são mais altas e, além disso, teriam sido iniciadas as medidas previstas no ano anterior para mitigação das perdas. O mês seguinte teve uma redução considerável no número que indica as perdas. Os meses de março, maio, junho e julho têm valores de indicadores de perdas muito próximos, o que é uma constância nas perdas dessa época do ano.

Dentre os anos de 2014 a 2017, a maior perda está no ano de 2014, destoando bastante no ano de 2015 que teve uma diminuição considerável em relação ao ano anterior. Em 2015 as políticas para diminuição das perdas foram eficientes e mostram um resultado bastante proveitoso. Os valores das perdas em 2015 e 2016 se mantiveram muito próximos, porém em 2017, estes valores voltam a subir e o valor acumulado do ano de 2018 já se mostra menor que a média do ano de 2017.

A partir da macromedição e do índice de perdas do ano de 2017 foi possível estimar o valor perdido, considerando índice de perdas percentual, mostrado na Equação (1). O volume perdido calculado de acordo com estes dados foi de 14.778.319,37 m³ de água para perdas reais e totais. Sendo contabilizado como micromedição a diferença entre a macromedição e valor perdido, o volume micromedido aferido foi de 11.189.558,63 m³.

O volume perdido no ano de 2017, a partir dos cálculos realizados, foi maior que o volume consumido quantificado. É um dado alarmante, já que atualmente vive-se secas e crises hídricas em todo o país, sendo necessário com urgência a criação de medidas e programas contra as perdas físicas e reais, como: programas para implementação de hidrômetros em todos os pontos de consumo, maior fiscalização para evitar fraudes, manutenção da rede com mais frequência, evitando assim perdas por vazamentos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, conclui-se que o Sistema de Abastecimento de Água de Mossoró está em constante mutação, quanto a sua captação, visto que os mananciais superficiais e subterrâneos se complementam abastecendo toda a cidade. Assim quando a barragem Armando Ribeiro Gonçalves está num baixo nível, como nos dias atuais com apenas 25,87% do volume, os poços artesianos distribuídos pela cidade aumentam sua contribuição suprimindo maior parte da população, atingindo 75% do abastecimento.

A água recebe o tratamento e é entregue a população nos padrões de potabilidade exigidos pelo ministério de saúde. A adução é feita pela adutora Jerônimo rosado e necessita de estações elevatórias para vencer os 71 Km até a cidade de Mossoró, onde é distribuída em quatorze reservatório, sendo dois desses dentro de grandes empreendimentos da cidade.

A distribuição é feita por rede malhada e do tipo espinha de peixe. Os dados de perdas calculados a partir dos dados fornecidos pela CAERN são alarmantes, visto que os indicadores percentuais de perdas mostram mais da metade do volume macromedido, sendo perdido por meios físicos e reais. Assim é necessária a criação de medidas urgentes para mitigação deste problema que afeta toda a população, pois a água é um recurso natural de valor inestimável para vida da população e para sustentabilidade do nosso planeta.

Como sugestões para trabalhos futuros, é necessário um estudo mais aprofundado de perdas, contabilizando as perdas reais e aparentes em cada bairro da cidade, para assim identificar qual o maior problema da rede e propor soluções para minimizar as perdas existentes. Além disto, é de suma importância a fiscalização, para que possa ser evitando as fraudes por roubo de água.

REFERÊNCIAS

- ABES- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Perdas em sistemas de abastecimento de água: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate.** São Paulo, SP, 2013.
- ANA, Atlas Brasil – **Abastecimento Urbano de água.** Agência nacional de águas, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2010.
- ANA, **Atlas Nordeste – Abastecimento Urbano de Água.** Agência nacional de águas, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2006.
- ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2017** / Agência Nacional de Águas – Brasília: ANA, 2017.
- BRASIL. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União. Brasília. DF. 2011.
- CARVALHO, F. S. de; PEPLAU, G. R. CARVALHO, G. da S. PEDROSA, V. de A. **Estudos sobre perdas no sistema de abastecimento de água da cidade de Maceió.** In: VII Simpósio de recursos hídricos do Nordeste. 7., Maceió. 2004.
- FUNASA – Fundação Nacional de saúde. **Manual de Saneamento 2007.** 3. Ed. Ver. – Brasília, DF, 2006.
- GONÇALVES, K. O; FERNANDES, L. L; GIRARD, L. **Diagnóstico do serviço de abastecimento de água na percepção do usuário no município de Barcarena – Pará.** Revista Monografias Ambientais - REMOA v.14, n.1, Jan-Abr. 2015, p20-25.
- HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Orgs). **Abastecimento de água para consumo humano.** 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

HERRERA, O. M. **Caracterização e análise do sistema de abastecimento de água potável no município de Botucatu, SP**. 1996. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Faculdade de Ciências Agrônomicas. 1996. 114f.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro>>. Acesso em: 22 julho 2018.

IBNET. The international benchmarking network for water and sanitation utilities.

IBNET , 2011. Consulta de dados. Disponível em: <<http://https://database>.

ibnet.org/quick?goto=country_profile&type=country>. Acesso em: 12 fevereiro de 2016.

Apud MATOS, Camila Ribeiro LOPES, Thais de Paiva Rodrigues Martins. **Consumo de água no campus Darcy Ribeiro da universidade de Brasília- estudo de medidas para redução de perdas**. 2016. 214f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Brasília. 2016.

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **PERFIL BÁSICO MUNICIPAL 2016 JUAZEIRO DO NORTE**. Disponível em:

<http://www.ipece.ce.gov.br/perfil_basico_municipal/2016/Juazeiro_do_Norte.pdf>. Acesso em: 23 set 2018.

MATOS, C. R.; LOPES, T. de P. R. M. **Consumo de água no campus Darcy Ribeiro da universidade de Brasília- estudo de medidas para redução de perdas**. 2016. 214f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Brasília. 2016.

RAMOS, M. M. S. **Geologia aplicada na Engenharia Civil em Mossoró-RN**. 2013. 50 f. Tese (Graduação em Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2013.

RODRIGUES, T. L. **Diagnóstico do sistema de abastecimento do município de Riachão do Bacamarte – PB**. 2014. 59f. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual da Paraíba. 2014.

SEMARH – Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Disponível em:

<<http://sistemas.searh.rn.gov.br/monitoramentovolumetrico>>. Acesso em: 14 set 2018.

SHUBO, T. **Sustentabilidade do abastecimento e da qualidade da água potável urbana.** 2003. 126f. Dissertação de Mestrado - Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz. 2003

SILVA, A. C. do N. **Panorama de perdas em sistema de abastecimento de água no Brasil.** 2015. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual da Paraíba. 2015.

SILVA, F. B. **O sistema de Abastecimento d'água de Santa Rita Rita – PB.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Paraíba. 2016. 59f.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO.
Diagnóstico dos serviços de água e esgoto – 2016. Brasília, DF, 2016.

SOUSA, I. M; ROCHA, V. A. G. M.; ARAUJO, J. K. **Descrição do sistema de abastecimento de água da cidade de Mossoró RN.** In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 18. Maceió. 2011.

SOUSA FILHO, J. F. de. **Caracterização e avaliação do macro sistema urbano de distribuição de água de Natal RN.** 2014. 96f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária. Universidade federal do Rio Grande do Norte. 2014.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água.** Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 3ª Edição, 2006.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION
- UNESCO. Declaração Universal dos Direitos Humanos. Paris, 1948. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001394/139423por.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2015.

ZORZI, L.; TURATTI, L.; MAZZARINO, J. M. **O direito humano de acesso à água potável: uma análise continental baseada nos Fóruns Mundiais da Água.** Rev. Ambient. Água vol. 11 n. 4 Taubaté – Oct. / Dec. 2016.

APÊNDICE

Entrevista estruturada aplicada à Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte - CAERN sobre o Sistema de Abastecimento de água da cidade de Mossoró-RN.

Nome do Responsável: _____

Data: ____/____/____

1. Dados da Macromedicação e Micromedicação.
2. Dados de perdas aparentes e reais (Podem ser de um bairro específico)
3. Dados sobre indicadores de perdas.
4. Como é feita a captação.
5. Qual é a porcentagem de captação de mananciais subterrâneos e de mananciais superficiais.
6. Quantos poços e Barragem abastecem a cidade de Mossoró-RN
7. Quantidade de estações elevatórias.
8. Dados do consumo per capita.
9. Como é a malha da rede de distribuição.
10. Coeficiente do dia de maior consumo (K1) e Coeficiente da hora de maior consumo (K2).



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

REQUERIMENTO

À Companhia de Águas e Esgoto do Rio Grande do Norte.

Marina Maria de Melo Bezerra, brasileira, solteira, estudante do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, inscrita no CPF 103.961.894-40 e no RG 002631448, vem respeitosamente informar que, devido à sua pesquisa de Trabalho Final de Graduação com o tema “CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ANÁLISE DE PERDAS: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE MOSSORÓ – RN”, orientado pelo Professor Arthuro Munay Dantas da Silveira, necessita de acesso aos dados da Companhia de Águas e Esgoto do Rio Grande do Norte.

Portanto, requer os seguintes dados:

1. Dados da Macromedição Registrada no último ano na cidade de Mossoró;
2. Dados Micromedição e do número de pontos de Micromedição do último ano na cidade de Mossoró;
3. Dados de perdas aparentes e reais dos últimos anos na cidade de Mossoró ou em bairros específicos;
4. Dados sobre indicadores de perdas na cidade de Mossoró;
5. Porcentagem de Captação de mananciais superficiais e porcentagem de captação em mananciais profundos;
6. Localização dos Poços de captação.

Termos em que,

Pede deferimento.

Mossoró, 08 de Agosto de 2018.

Coordenador do Curso de Engenharia Civil
Francisco Alves da Silva Júnior