



UNILAB

**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA**

**INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM GESTÃO DE RECURSOS
HÍDRICOS, AMBIENTAIS E ENERGÉTICOS**

MARIA MILENA FERNANDES DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO
PERÍMETRO URBANO DO MUNICÍPIO DE JAGUARIBE – CE**

LIMOEIRO DO NORTE

2018

MARIA MILENA FERNANDES DA SILVA

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO
PERÍMETRO URBANO DO MUNICÍPIO DE JAGUARIBE – CE

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos.

Orientador: Prof. Me. Raulim de Oliveira Galvão

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Cunha Costa

LIMOEIRO DO NORTE

2018

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Silva, Maria Milena Fernandes da.

S578a

Avaliação do Sistema de Abastecimento de Água do Perímetro Urbano do Município de Jaguaribe - CE / Maria Milena Fernandes da Silva. - Redenção, 2018.

50f: il.

Monografia - Curso de Especialização Gestão De Recursos Hídricos, Ambientais E Energéticos, Instituto De Engenharias E Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2018.

Orientador: Prof. Raulim de Oliveira Galvão.

Coorientador: Prof. Alexandre Cunha Costa.

1. Água - Abastecimento. 2. Perdas de água. 3. Recursos hídricos. 4. Jaguaribe. I. Título

CE/UF/BSCL

CDD 553.7

UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA
AFRO-BRASILEIRA

MARIA MILENA FERNANDES DA SILVA

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO
PERÍMETRO URBANO DO MUNICÍPIO DE JAGUARIBE – CE

Monografia julgada e aprovada para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Data: ____/____/____

Nota: _____

Banca Examinadora

Prof. Me. Raulim de Oliveira Galvão (Orientador)
Universidade Federal do Mato Grosso

Prof. Dr. João Paulo Matias Paiva
Secretária de Educação do Estado do Ceará

Prof.^a M.^a Ana Paula Pinto Bastos
Universidade de Coimbra

AGRADECIMENTOS

A *Deus* por me ensinar que cada coisa tem seu devido tempo.

A minha *família* pelo amor, dedicação e incentivo em todos os momentos.

Ao meu orientador, o Prof. Me. *Raulim de Oliveira Galvão*, pelas suas contribuições para a concretização deste trabalho. Muito obrigada!

Ao meu coorientador, o Prof. Dr. *Alexandre Cunha Costa*, por ter me aceito como orientanda e me apoiado desde o início, participando de todas as etapas deste trabalho. Muito obrigada pelos seus ensinamentos, pela sua atenção e paciência. O senhor tem a minha gratidão e admiração.

À *Symara Dantas*, sanitarista ambiental do SAAE Jaguaribe, por sua ajuda, empenho e por ter sido sempre tão solícita comigo. Como já havia dito, não sei o que seria de mim sem você. Muito obrigada!

Ao *SAAE Jaguaribe*, por me receber tão bem e pelas informações disponibilizadas.

Ao meu amigo, *Alceu*, que sempre me ajuda com as traduções.

À *Adelannia*, por me ajudar na revisão deste texto.

Aos *professores e tutores* do curso por compartilharem seus conhecimentos e saberes.

À *Unilab* pela oportunidade de fazer parte deste curso.

Aos meus colegas desta especialização (aos que conheci pessoalmente ou virtualmente), em especial, ao meu amigo *Vinicius*, pelos momentos de dúvidas e esperança no grupo GRHAE 2017.2 (WhatsApp), pelos momentos de preocupação nas provas, pelos momentos de descontração e pela superação dos obstáculos, que muitas vezes dificultaram e desmotivaram a nossa caminhada. Aprendi muito com vocês em todos os sentidos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Setor 08: bairros Celso Barreira Filho, Manoel Costa Moraes e Expedito Diógenes	23
Figura 2 – Base de captação do SAAE Jaguaribe	27
Figura 3 – Estação de Tratamento de Água do SAAE Jaguaribe.....	29
Figura 4 – Calha Parshall.....	29
Figura 5 – Tanque de mistura rápida	30
Figura 6 – Tanque de floculação	30
Figura 7 – Decantadores.....	31
Figura 8 – Filtros (dois dos quatros filtros existentes na ETA)	31
Figura 9 – Sistema gerador de cloro Hidrogeron modelo HG PLUS 36	32
Figura 10 – Armazenamento do hipoclorito de sódio produzido.....	32
Figura 11 – Fluoretação	33
Figura 12 – Cisterna presente na ETA	33
Figura 13 – Tubulação de amianto localizada na ETA.....	34
Figura 14 – Reservatório localizado na ETA	35
Figura 15 – Booster e cisterna localizados no setor 08.....	37
Figura 16 – Reservatório localizado no bairro Expedito Diógenes	37

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Perdas na Distribuição e no Faturamento.....	39
Gráfico 2 – Produção e Consumo Per Capita de Água	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados operacionais de funcionamento da sede.....	27
Tabela 2 – Dados operacionais de funcionamento do setor 08.....	36

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional das Águas
EEAB	Estação Elevatória de Água Bruta
EEAT	Estação Elevatória de Água Tratada
ETA	Estação de Tratamento de Água
FSESP	Fundação Serviços de Saúde Pública
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IARC	Agência Internacional de Pesquisa em Câncer
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCA	Instituto Nacional do Câncer
IN022	Indicador do Consumo Médio Per Capita de Água
IN023	Indicador para o Índice de Atendimento Urbano de Água
IN049	Indicador para o Índice de Perdas na Distribuição
IPD	Índice de Perdas de Água na Distribuição
IPF	Índice de Perdas de Água no Faturamento
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 ÁGUA	15
3.2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	16
3.3 TRATAMENTO DE ÁGUA.....	18
3.4 INDICADORES DE DESEMPENHO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	20
3.4.1 Índice de Atendimento Urbano de Água	20
3.4.2 Consumo e Produção Per Capita de Água	20
3.4.3 Índices de Perdas	21
4 METODOLOGIA	21
4.1 ÁREA DE ESTUDO	22
4.2 TIPO DE ESTUDO	23
4.3 COLETA DE DADOS	23
4.4 ANÁLISE E REPRESENTAÇÃO DOS DADOS.....	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1 ESTRUTURA OPERACIONAL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	26
5.2 ESTRUTURA OPERACIONAL DO SETOR 08 DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	36
5.3 ÍNDICES DE PERDAS DE ÁGUA NA DISTRIBUIÇÃO E NO FATURAMENTO .	38
5.4 ÍNDICES DE PRODUÇÃO E CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA	42
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	46

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO PERÍMETRO URBANO DO MUNICÍPIO DE JAGUARIBE – CE

Maria Milena Fernandes da Silva¹

Raulim de Oliveira Galvão²

Alexandre Cunha Costa³

RESUMO

Para o avanço do crescimento econômico e social de um país é imprescindível a preocupação com a sustentabilidade e a segurança hídrica. Ao considerar que o Brasil apresenta sérios problemas de gestão no abastecimento de água, e que esses afetam fortemente a população de baixa renda dos pequenos municípios e das periferias dos grandes centros urbanos, a prestação desse serviço, quando realizada de maneira inadequada, gera impactos de ordem sanitária, econômica e ambiental. Deste modo, o presente trabalho tem por objetivo geral avaliar o sistema de abastecimento de água do setor 8 do município de Jaguaribe – CE. Por objetivos específicos, esta pesquisa propõe: identificar e descrever as unidades constituintes do sistema de abastecimento de água do setor 8 do município de Jaguaribe – CE; analisar a estrutura operacional do sistema de abastecimento de água do setor 8; conhecer e analisar a cobertura dos serviços de abastecimento; analisar os índices de perdas na distribuição e no faturamento de água do setor 8 e conhecer e analisar os índices de produção e consumo per capita do setor 8. A metodologia utilizada neste estudo se baseia nos pressupostos teóricos de Ferraz (2016) e apresenta uma abordagem qualitativa de caráter exploratório e descritivo, na qual consiste em pesquisa documental e pesquisa de campo. No desenvolvimento do estudo, foram realizadas visitas ao Serviço Autônomo de Abastecimento de Água e Esgoto de Jaguaribe (SAAE Jaguaribe), às suas bases de captação e tratamento de água e ao setor 08, que é formado pelos bairros Celso Barreira Filho, Manoel Costa Morais e Expedito Diógenes. Também foi realizada a análise de documentos sobre a estrutura física e operacional do sistema referentes aos períodos de janeiro a julho de 2017. Verificou-se que o sistema de abastecimento de água de Jaguaribe possui sua própria estação de tratamento de água e sua rede de distribuição é estruturada em doze setores, nove destes localizados no perímetro urbano, apresentando uma boa cobertura dos serviços prestados, com um índice de abastecimento urbano de água de 100%. Foram aferidos ainda que o consumo de água per capita se mostrou inferior às médias nacional, regional e estadual e que a ocorrência de elevadas perdas de água estão acima da média nacional, e indicam deficiências no sistema, provavelmente influenciadas pela ausência de macromedicação. Estas perdas contribuem para o agravamento da escassez hídrica comum na região e para o desperdício dos recursos públicos. Tendo em vista tais resultados, alguns investimentos, como a substituição de macromedidores com defeito na ETA, e a instalação de equipamentos como estes em cada setor traria mais exatidão nas medições e melhor controle do que é realmente consumido e perdido na distribuição, como também a implantação de um programa de redução de perdas de água que contribuiriam para a diminuição de perdas na distribuição e no faturamento, conseqüentemente para a melhoria do desempenho dos serviços prestados.

Palavras-chave: Abastecimento de água. Perdas de água. Recursos Hídricos. Jaguaribe.

¹ Estudante do Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira e Universidade Aberta do Brasil, polo Limoeiro do Norte.

² Mestre em Engenharia Mineral. Professor Assistente – A na Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT).

³ Professor Doutor em Ciências Naturais (Hidrologia). Reitor da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira e Universidade Aberta do Brasil - UNILAB.

ABSTRACT

In order to advance a country's economic and social growth, it is essential to focus on sustainability and water security. Considering that Brazil presents serious water management problems, and that these affect the low-income population of small municipalities and peripheries of large urban centers, the provision of this service causes health, economic and environmental impacts, when performed in an inadequate manner. This study's general objective is to evaluate the water supply system of sector 8 of the municipality of Jaguaribe. For specific objectives, this research proposes: to identify and describe units of sector 8 water supply system of the municipality of Jaguaribe - CE; to analyze the operational structure of the water supply system of sector 8; to know and analyze the coverage of supply services; to analyze patterns of losses in the distribution and water billing of sector 8 and to know and analyze patterns of production and consumption per capita in the same sector. The methodology used in this study is based on that used by Ferraz (2016), which presents an exploratory and descriptive approach, consisting of documentary research and field research. During the study, visits were made to the Autonomous Water Supply Service and Jaguaribe Sewage (SAAE Jaguaribe), their water catchment and treatment bases and to sector 08, which is formed by the following neighborhoods: Celso Barreira Filho, Manoel Costa Morais and Expedito Diogenes. Analysis of documents on the physical and operational structure of the system was also done, for the periods from January to July 2017. Jaguaribe's water supply system has its own water treatment base and its distribution network is structured in twelve sectors, nine of these located in the urban perimeter. It has good coverage of the services provided, with an urban water supply index of 100%. Water consumption per capita is lower than national, regional and state averages. The occurrence of high water losses above the national average indicates deficiencies in the system, probably influenced by the absence of macromediation. These losses contribute to the worsening of the common water scarcity in the region and to the waste of public resources. Therefore, some investments such as replacing defective macromeditors in ETA and installing equipment like these in each sector would bring more accuracy in measurements and better control of what is actually consumed and lost in the distribution. Additionally, implementation of a reduction program would contribute to reducing losses in distribution and billing, consequently improving the performance of the services provided.

Keywords: Water supply. Loss of water. Water resources. Jaguaribe.

1 INTRODUÇÃO

O estado do Ceará está em sua maior parte territorial localizado na Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, apresentando uma pequena extensão na Região do Parnaíba. Apresenta clima semiárido, com temperaturas elevadas, chuvas com padrões pluviométricos irregulares e inferiores a 900mm, exibindo um balanço hídrico negativo. Devido aos frequentes e prolongados períodos de estiagem, suas reservas de água nos mananciais são insuficientes (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2006).

Jaguaribe é um município cearense com extensão territorial de 1.877 km² e uma população de 34.729 habitantes (IBGE, 2018), situado na bacia hidrográfica Médio Jaguaribe, seu manancial é o Rio Jaguaribe, que apresenta área de drenagem de 10.335 km² e percorre um total de 171 km (CEARÁ, 2009). O município apresenta clima quente semiárido brando a tropical quente semiárido, com pluviosidade média anual de 677 mm e temperatura média de 28°C (CEARÁ, 2017). A escassez hídrica é um dos problemas mais graves, devido aos períodos de seca característicos da região e ainda apresenta algumas áreas de seu território em processo de desertificação (GUERRA, 2009).

A Agência Nacional das Águas (ANA) destaca que além da comum insuficiência do atendimento no abastecimento de água, provocada pelos baixos níveis hídricos dos mananciais nos períodos de estiagem. Entre outros aspectos críticos estão o abastecimento intermitente e a ocorrência da poluição das águas, que são ocasionados pela deterioração ou obsolescência dos sistemas de captação e tratamento de água, pelos elevados índices de perdas, e a precária proteção de bacias e mananciais e a inexistência ou ineficiência dos sistemas de saneamento básico (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2010a).

Para o avanço do crescimento econômico e social de um país é imprescindível a preocupação com a sustentabilidade e a segurança hídrica. Ao levar em consideração que o Brasil apresenta sérios problemas de gestão no abastecimento de água, e que esses afetam mais fortemente a população de baixa renda dos pequenos municípios e das periferias dos grandes centros urbanos, a prestação desse serviço, quando realizada de maneira inadequada, gera impactos de

ordem sanitária, econômica e ambiental (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2010a; FERRAZ, 2016).

Partindo da perspectiva de que, a estrutura precária de funcionamento e a ineficiência dos sistemas de abastecimento de água geram perdas no aproveitamento e faturamento de água em todo o mundo (CARVALHO *et al*, 2004), o índice de perdas é um dos principais indicadores de eficiência da operação dos sistemas de abastecimento de água (ABES, 2013).

Segundo o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos, no ano de 2016, elaborado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (BRASIL, 2018), no Brasil, as perdas de água na distribuição representam 38,1%, e a região Nordeste apresenta um percentual de 46,3%, encontrando-se na segunda pior colocação do país, ganhando apenas da região Norte, que possui um índice de perdas de 47,3%. No estado do Ceará, o valor chega a 40,6%.

É extremamente comum os sistemas de abastecimento de água apresentarem perdas. Entretanto, esse quadro se torna preocupante quando essas são elevadas, pois ocasionam perdas dos recursos naturais, operacionais e financeiros para a empresa prestadora do serviço (BRASIL, 2018). A situação se agrava ainda mais pelo fato da maioria das empresas não medirem suas perdas de distribuição de forma regular (ABES, 2013). Desse modo, o controle das perdas de água constitui um grande desafio para a gestão de recursos hídricos no Brasil, principalmente em regiões onde há a sua escassez.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o sistema de abastecimento de água do setor 8 do município de Jaguaribe – CE;

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e descrever as unidades constituintes do sistema de abastecimento de água do setor 8 do município de Jaguaribe – Ceará;
- Analisar a estrutura operacional do sistema de abastecimento de água do setor 8;
- Conhecer e analisar a cobertura dos serviços de abastecimento;
- Analisar os índices de perdas na distribuição e no faturamento de água do setor 8;
- Conhecer e analisar os índices de produção e consumo per capita do setor 8.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ÁGUA

Segundo a Lei 9.433/97 (BRASIL, 1997), conhecida como a Lei das Águas, a água é um bem de domínio público, um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. O seu uso prioritário, em situações de escassez, é o consumo humano e a dessedentação de animais, a sua gestão deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades e sempre deve considerar o uso múltiplo das águas. A bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Calcula-se que a quantidade de água na Terra é de aproximadamente 1.386 milhões de km³, sendo que desse volume, 97,5% é de água salgada, presente nos oceanos, e apenas 2,5% corresponde à água doce. Do quantitativo doce, 68,9% encontra-se nas geleiras e calotas polares, 30% é subterrânea, 0,9% representa a umidade do solo e pântanos, e somente 0,3% está na superfície terrestre, como em rios e lagos (TONELLO, 2011).

O Brasil possui aproximadamente 12% do total de água doce do planeta, sendo considerado um dos países mais privilegiados em recursos hídricos, porém, a sua distribuição não é uniforme territorialmente, devido às condições geográficas e às variações climáticas. A região amazônica possui 74% da disponibilidade de água, mas demograficamente só representa 5% da população brasileira. Entretanto, a região Sudeste corresponde a 43% da população do país e em disponibilidade hídrica apenas 6% do total. A situação mais crítica ocorre no Nordeste, com apenas 3% de toda a água e uma população que representa 28% (GEO BRASIL, 2007).

Além disso, a abundância hídrica no país está sendo ameaçada pelas atividades antrópicas que afetam a quantidade e a qualidade da água. O aumento da demanda populacional e agroindustrial, a poluição, o desperdício e baixa eficiência dos sistemas de abastecimento, geram grandes perdas de água durante a distribuição são causas para a escassez dos recursos hídricos, que geram tanto problemas ambientais quanto econômicos (POLETO, 2008).

De acordo com o relatório GEO Brasil (2007), 46% dos recursos hídricos brasileiros são utilizados para a irrigação, 27% para o consumo humano nas cidades e 18% em atividades industriais. Em termos gerais, mais de 2/3 são consumidos em atividades produtivas como a agricultura, a indústria e a criação de animais e menos de 1/3 é usado no consumo humano (GEO BRASIL, 2007).

Os efeitos da ação humana na qualidade e na quantidade da água já são evidentes em várias partes do mundo, e a ameaça da falta de água tem se mostrado um evento cada vez mais iminente (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005).

Diante da situação apresentada acima, Rebouças (1997) afirma que a análise dos problemas hídricos de determinada região não podem se limitar a razão entre oferta e demanda, mas deve também considerar os aspectos geoambientais e socioculturais, para que se possa obter e assegurar qualidade de vida à população, como também o desenvolvimento socioeconômico e a conservação dos recursos naturais.

Segundo Rebouças (1997), o estímulo ao desenvolvimento de atividades como: a urbanização; a industrialização em locais com escassez hídrica; a ocupação inadequada do solo e o lançamento de esgotos em fontes de água são resultantes da falta de planejamento e da ineficiência na gestão de recursos hídricos.

Azevedo (2012) afirma que conflitos pelo uso da água tendem a aumentar em lugares em que a falta de água é constante. Dessa forma, é importante que as entidades responsáveis pela gestão de tal recurso investiguem medidas adequadas para o seu monitoramento e gerenciamento.

3.2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Da concepção de desenvolvimento de um país, a garantia do abastecimento urbano de água é considerada estratégica e prioritária. Entretanto, para se alcançar tal feito faz-se necessário superar alguns aspectos críticos, como a oferta de água em quantidade insuficiente em relação à sua demanda, o abastecimento intermitente, decorrente da baixa eficiência dos sistemas produtores de água gerada pela precariedade e deterioração das estações de tratamento e de distribuição de água e pelos altos índices de perdas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2010b).

O serviço de abastecimento de água é realizado

[...] através de rede geral caracteriza-se pela retirada da água bruta da natureza, adequação de sua qualidade, transporte e fornecimento à população através de rede geral de distribuição. Há de se considerar, ainda, formas alternativas de abastecimento das populações (água proveniente de chafarizes, bicas, minas, poços particulares, carros-pipas, cisternas, etc.) (IBGE, 2010, p. 33).

Os sistemas produtores de água podem ser classificados em sistemas integrados ou em sistemas isolados. Os integrados são aqueles que abastecem a partir de uma mesma fonte mais de um município, enquanto os isolados atuam em somente um município (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2015).

Os sistemas isolados abastecem a maioria dos municípios brasileiros, (86%), e os sistemas integrados estão presentes em apenas 14% das cidades. Nas regiões Nordeste e Sudeste, os integrados são mais comuns, em razão dos municípios presentes no semiárido que sofrem com a baixa disponibilidade hídrica da região e a alta demanda por água nos grandes centros urbanos (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2010b).

No Brasil, 69% dos municípios têm Companhias Estaduais de Saneamento como responsáveis pelos serviços de abastecimento de água (produção e distribuição), 27% têm serviços autônomos ou prefeituras a frente desses serviços, e em 4%, encontram-se as empresas do setor privado. Os órgãos estaduais administram a maioria dos sistemas integrados (3.856 cidades), principalmente os presentes na região Nordeste e regiões metropolitanas. Os Serviços Autônomos de Água e Esgotos - SAAE ou equivalentes estão em 36% das sedes urbanas (540 cidades) gerenciadas por órgãos municipais. Entretanto, 1.091 sedes urbanas comandadas por prefeituras sofrem com a falta de garantia da oferta de água, pois apesar da simplicidade dos sistemas operacionais utilizados são municípios pequenos, e contam com reduzida capacidade institucional (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2010b).

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, referente ao ano de 2008 (IBGE, 2010), 5.531 (99,4%) dos municípios brasileiros realizavam abastecimento de água por rede geral de distribuição em pelo menos um de seus distritos. A pesquisa ainda apontou que 33 municípios não usufruíam de rede geral de distribuição de água, realizando o abastecimento por meio de carros-pipas, poços

particulares, chafarizes, bicas ou minas. Destes 33 municípios, 63,3% pertencem à região Nordeste, sendo que 11 estavam localizados nos estados da Paraíba e 5 no Piauí, 21,2% situados na região Norte, com 4 municípios do estado de Rondônia (IBGE, 2010).

Um sistema convencional de abastecimento de água, segundo a COPASA (2009), é constituído por várias unidades, como manancial, captação, adução, estação elevatória, estação de tratamento, reservação, redes de distribuição e ligações domiciliares. O manancial é componente fundamental de um sistema de abastecimento de água, pois é de onde a captação de água ocorrerá. Os mananciais podem ser superficiais ou subterrâneos. Normalmente, a captação de água do manancial ou de água bruta se dá por bombeamento.

A adução é o transporte de água através de tubulação da unidade de captação para a estação de tratamento ou da estação para o reservatório e para a rede de distribuição. Os sistemas também apresentam estações elevatórias ou recalques, que são instalações e equipamentos de bombeamento, que são necessárias para transportar a água para locais distantes ou mais elevados, ou para aumentar a vazão das adutoras.

Podem ser Estações Elevatórias de Água Bruta (EEAB), que conduzem a água bruta para a Estação de Tratamento de Água ou Estações Elevatórias de Água Tratada (EEAT), que transportam água tratada proveniente da Estação de Tratamento de Água para os reservatórios e redes de distribuição. A estação de tratamento de água é onde acontece a purificação da água bruta, sendo constituída de várias etapas (CESAN, 2013).

Após o tratamento, a água é transportada até reservatórios, em que será armazenada. Os reservatórios são essenciais para a regularização do abastecimento. Em situações como a manutenção de equipamentos, é necessário paralisar a produção de água. A última unidade do sistema é a rede de distribuição, formada por canalizações e adutoras que levarão a água até seus usuários (COPASA, 2009).

3.3 TRATAMENTO DE ÁGUA

O tratamento de água é o processo que tem por objetivo a retirada de impurezas que possam causar danos à saúde, de modo que a água bruta retirada do

manancial se torne potável ao consumo humano (RECESA, 2008). De maneira geral, o tratamento é constituído das seguintes etapas:

- **Coagulação:** Adição de substâncias químicas, conhecidas como coagulantes, normalmente é utilizado sulfato de alumínio, com a intenção de que as impurezas e partículas dissolvidas na água se aglomerem e formem flocos (RECESA, 2008).
- **Floculação:** No floculador é adicionado à água um polímero, que possibilita o aumento do tamanho e do peso dos flocos (CESAN, 2013).
- **Decantação:** ocorre pela sedimentação dos flocos, que se depositam no fundo do tanque de decantação devido a passagem lenta da água. Esse processo torna a água mais limpa com um aspecto clarificado (RECESA, 2008).
- **Filtração:** ocorre pela passagem da água por filtros de areia, seixos e carvão antracito, que retêm impurezas que não foram eliminadas pela decantação. Nesse processo, também podem ser retirados alguns micro-organismos causadores de doenças, além de melhorar a turbidez da água (CESAN, 2013).
- **Desinfecção:** Esse processo é necessário para eliminar micro-organismos que não foram retidos nas etapas anteriores. Podem ser utilizadas substâncias químicas como cloro gasoso, hipoclorito de cálcio, hipoclorito de sódio, dióxido de cloro, ozônio e radiação ultravioleta (RECESA, 2008). Segundo a portaria 2.914/2011, o teor máximo de cloro residual livre em qualquer ponto do sistema deve ser de 2 mg/L (BRASIL, 2011).
- **Fluoretação:** A adição de ácido fluossilícico ocasiona a liberação do fluoreto na água. O fluoreto quando ingerido junto com a água por um longo período, tem sua concentração aumentada no organismo humano, e esse fato torna os dentes mais resistentes às cáries, pois auxilia no processo de remineralização dos dentes. Geralmente, a concentração de flúor usada na água é de 0,6 a 0,8 mg/L. A fluoretação é considerada um dos responsáveis pela diminuição de casos de cárie dentária no Brasil (CESAN, 2013).
- **Correção do pH:** A portaria 2.914/2011 orienta que o pH da água tratada deve ser na faixa de 6,0 a 9,5 (BRASIL, 2011). Para isso pode ser adicionado cal para aumentar o pH ou ácido ou CO_2 para diminuir. A água com pH alto pode causar incrustações na tubulação e o pH baixo pode ocasionar corrosão da tubulação (RECESA, 2008).

3.4 INDICADORES DE DESEMPENHO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Os indicadores de desempenho dos sistemas de abastecimento de água proporcionam informações importantes para a gestão e o planejamento dos órgãos prestadores desse serviço, representando uma ferramenta poderosa de diagnóstico, análise e avaliação (AGIR, 2016).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS possui 84 indicadores de desempenho de sistemas de água e esgoto (BRASIL, 2018). No entanto, os indicadores geralmente mais utilizados no Brasil são os índices de atendimento à população, índices de perda e o consumo per capita, pois demonstram de forma mais clara o desempenho do serviço prestado, e são de fácil entendimento para os usuários (FERRAZ, 2016).

3.4.1 Índice de Atendimento Urbano de Água

O Índice de Atendimento Urbano de Água (IN023) é a razão entre população urbana atendida com abastecimento de água e a população urbana residente do município, ou seja, é o percentual (%) da população que vive na zona urbana que usufrui dos serviços públicos de abastecimento de água (BRASIL, 2018).

3.4.2 Consumo e Produção Per Capita de Água

O consumo per capita de água (IN022) corresponde à média (l/hab.dia) diária da quantidade de água consumida nos usos domésticos, comercial, público e industrial, por habitante. É importante para projeções de demanda, avaliar sistemas de água e de esgotos e para o controle e manutenção operacional (BRASIL, 2018). É função da diferença entre volume de água consumido e exportado, dividida pela população atendida com o abastecimento de água e os dias de consumo.

Já a produção per capita de água (l/hab.dia) pode ser calculada pela relação entre o volume de água produzido e a população atendida com o abastecimento de água (FERRAZ, 2016).

3.4.3 Índices de Perdas

As perdas de água existem em todos os sistemas de abastecimento, e estão relacionadas à infraestrutura e à eficiência operacional e comercial dos sistemas. Entretanto, não existe perda zero, por mais satisfatória que seja a estrutura e operação (SABESP, 2017).

As perdas podem ser classificadas em reais e aparentes. Perdas reais ou físicas são provenientes de vazamentos na distribuição e em reservatórios e a água não chega a ser consumida (BRASIL, 2014). Afetam a disponibilidade de água e os custos de produção de água tratada, portanto a redução dessas perdas permite que menos água seja retirada do manancial e que menos recursos financeiros sejam gastos com o tratamento (FERRAZ, 2016).

Segundo SNIS (BRASIL, 2018), esse tipo de perda por ser calculado pelo Índice de Perdas na Distribuição – IPD (IN049), expresso em percentual (%), que considera a diferença entre o volume produzido e o volume consumido de água, dividido pelo volume de água produzido, sendo descontado o volume usado para atividades operacionais e especiais e somado ao volume tratado importado (BRASIL, 2018).

Nas perdas aparentes ou não físicas, a água é consumida, mas não é medida nem faturada. Esse tipo de perda ocorre por ligações clandestinas, falhas, fraudes e pela submedição dos hidrômetros (BRASIL, 2014). São determinadas pelo Índice de Perdas de Faturamento – IPF (%), que representa a diferença entre os volumes produzidos e aqueles que são efetivamente faturados, dividida pelo volume de água produzida (ABES, 2015).

No Brasil, o volume de água perdido na distribuição corresponde a 38,1%, do total produzido, segundo dados do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos do ano de 2016 (BRASIL, 2018). As regiões Norte (47,3%) e Nordeste (46,3%) sofrem mais com esse problema, destaca-se ainda que no estado do Ceará, o percentual de perdas representa 40,6% (BRASIL, 2018). As perdas de água são apontadas como uma das causas para a baixa eficiência na maioria dos sistemas de abastecimento, sendo considerado um problema mundial, entretanto, com pesquisa, recursos e planejamento é possível reduzir os níveis de perdas nos sistemas (ABES, 2015).

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no município de Jaguaribe, localizado na microrregião do Médio Jaguaribe no estado do Ceará, a 291 km de distância da capital do estado. Está situado na bacia hidrográfica Médio Jaguaribe, apresenta clima quente semiárido brando a tropical quente semiárido, com pluviosidade média anual de 677 mm (CEARÁ, 2017). Possui extensão territorial de 1.877 km² (CEARÁ, 2017), população estimada de 34.729 habitantes (IBGE, 2018).

Segundo o último censo demográfico realizado pelo IBGE (2010), a população urbana de Jaguaribe é composta aproximadamente por 23.268 habitantes, distribuídos em 6.987 domicílios.

O município está organizado em doze setores de abastecimento de água, sendo que nove estão localizados no perímetro urbano:

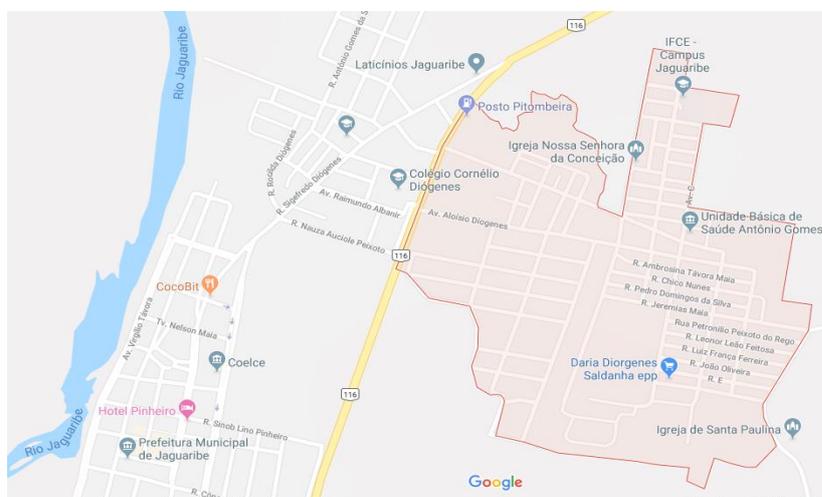
- Setor 01 – Bairros Nova Brasília, Vila Pinheiro e Acrízio Barreira;
- Setor 02 – Bairros João Paulo II, José Pessoa Filho e José Pinheiro da Silva;
- Setores 03, 04, e 06 – Bairro Centro
- Setor 05 – Bairros Centro e Aldeota
- Setor 07 – Bairros Aloísio Diógenes e Edmar Barreira
- Setor 08 – Bairros Celso Barreira Filho, Manoel Costa Moraes e Expedito Diógenes;
- Setor 09 – Prédios públicos.

Os demais setores estão situados na zona rural:

- Setor 10 – Distrito de Mapuá;
- Setor 11 – Distrito de Feiticeiro;
- Setor 12 – Distrito de Nova Floresta.

O setor 08, composto pelos bairros Celso Barreira Filho, Manoel Costa Moraes e Expedito Diógenes (Figura 1), é a área de estudo deste trabalho, pois apresenta o maior número de ligações ativas (2.051) e a maior população abastecida (7.186) da cidade.

Figura 1 - Setor 08: bairros Celso Barreira Filho, Manoel Costa Morais e Exedito Diógenes



Fonte: GOOGLE MAPS (2018).

4.2 TIPO DE ESTUDO

A metodologia deste trabalho se baseia nos pressupostos teóricos de Ferraz (2016) e apresenta abordagem qualitativa, de natureza básica, de caráter exploratório e descritivo, e consiste em pesquisa documental e pesquisa de campo.

4.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados ocorreu por meio de visitas ao órgão responsável pelo abastecimento de água em Jaguaribe, o Serviço Autônomo de Abastecimento de Água e Esgoto (SAAE), à suas bases de captação e tratamento de água e ao setor 08. Foi realizado o registro fotográfico das instalações.

Foram realizados estudos de documentos referentes aos meses de janeiro a julho de 2017 sobre a estrutura, as instalações, o funcionamento e a cobertura dos serviços realizados pela citada instituição, com a intenção de obter dados sobre o volume de água produzido, do volume de água consumido, do volume de água faturado, do número de pessoas atendidas pelo serviço, do número de ligações de água e da extensão da rede de distribuição. O período utilizado na pesquisa não incluiu os meses de agosto a dezembro de 2017 por dificuldade nos acesso as informações fornecidas pelo SAAE Jaguaribe.

4.4 ANÁLISE E REPRESENTAÇÃO DOS DADOS

Os dados coletados através do estudo de documentos foram utilizados para calcular:

- Índice de Atendimento Urbano de Água (%)

$$\text{Índice de Atendimento Urbano de Água} = \left(\frac{AG026}{G06A} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

AG026 = População Urbana Atendida com Abastecimento de Água.

G06A = População Urbana Residente do Município, calculada a partir de projeções do Censo Demográfico do IBGE.

- Consumo Per Capita de Água (l/hab.dia)

$$\text{Consumo Médio Per Capita de Água} = \left(\frac{AG010 - AG019}{AG001} \right) \cdot \left(\frac{1000}{\text{dias de consumo}} \right) \quad (2)$$

AG010 = Volume de água consumido (m³).

AG019 = Volume de água exportado (m³).

AG001 = População atendida com o abastecimento de água.

- Produção per capita de água (l/hab.dia)

$$\text{Produção Per Capita de Água} = \left(\frac{\text{Volume de Água Produzido (m}^3\text{)}}{\text{População Atendida}} \right) \cdot \left(\frac{1000}{\text{dias de produção}} \right) \quad (3)$$

- Índice de Perdas na Distribuição - IPD (%)

$$IPD = \left(\frac{AG006 + AG018 - AG024 - AG010}{AG006 + AG018 - AG024} \right) \cdot 100 \quad (4)$$

AG006 = volume da água produzido (m³).

AG010 = volume da água consumido (m³).

AG018 = volume tratado importado (m³).

AG024 = volume usado para atividades operacionais e especiais (m³).

- Índice de Perdas no Faturamento - IPF (%).

$$IPF = \left(\frac{\text{Volume de Água Produzido (m}^3\text{)} - \text{Volume de Água Faturado (m}^3\text{)}}{\text{Volume de Água Produzido (m}^3\text{)}} \right) \cdot 100 \quad (5)$$

As fórmulas anteriormente citadas foram pesquisadas nos fundamentos apresentados no estudo de Ferraz (2016) e no SNIS, apresentando de forma mais precisa a análise dos resultados da presente pesquisa. Os resultados obtidos foram organizados em gráficos e tabelas para melhor visualização e análise dos mesmos, com o intuito de realizar diagnóstico de desempenho do sistema de abastecimento de água.

As informações obtidas foram comparadas com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e com estudos referentes ao tema deste trabalho.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ESTRUTURA OPERACIONAL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O tratamento e abastecimento de água em Jaguaribe – CE é realizado pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE, que foi criado por meio da Lei Municipal, nº 67/66 em 05 de dezembro de 1966, através de convênio com a Fundação Serviços de Saúde Pública - FSESP, atualmente Fundação Nacional de Saúde - FUNASA, órgão executivo do Ministério da Saúde, que exerceu controle técnico e administrativo desse serviço no município até 31 de março de 1999, quando passou a ser uma autarquia da prefeitura municipal. Atualmente, o SAAE é uma autarquia municipal de caráter jurídico próprio que possui autonomia econômico-financeira e administrativa dentro dos limites legais (SAAE JAGUARIBE, 2018).

O SAAE é composto por doze setores, sendo nove localizados na sede municipal e três nos distritos. Dessa forma, possui atuação tanto na zona urbana quanto na zona rural do município.

O manancial utilizado para o abastecimento é o Rio Jaguaribe, situado na sub-bacia do Médio Jaguaribe, onde é o principal rio, sua área de drenagem é de 10.335 km² e possui extensão de 171 km (CEARÁ, 2009). A cidade de Jaguaribe foi erguida às margens deste rio, recebendo o seu nome. A base de captação de água está localizada no trecho do rio que atravessa a BR 226 (Figura 2) e possui gradeamento externo e crivo na válvula de sucção do motor bomba para impedir a passagem de materiais grosseiros.

Figura 2 – Base de captação do SAAE Jaguaribe

Fonte: Própria autora (2018).

Foram captados pelo SAAE de janeiro a julho de 2017, um total de 1.122.580 m³ de água durante 3.929 horas de bombeamento, o que representa um volume de 285,72 m³ por hora aduzidos do manancial (Tabela 1). Desse total, 1.100.260 m³ foram tratados e 1.015.757 m³ foram distribuídos para uma média de 7.895 ligações ativas, divididas pelos 8 setores da sede durante o referido período, o que representa em média uma população abastecida de 27.634 habitantes (a população abastecida é estimada pelo SAAE através da multiplicação de 3,5 habitantes por ligação ativa com base em cálculos do IBGE).

Tabela 1 – Dados operacionais de funcionamento da sede

DADOS OPERACIONAIS DE FUNCIONAMENTO						
Meses	População abastecida	Total de ligações	Ligações ativas	Volume captado (m³)	Volume tratado (m³)	Volume distribuído (m³)
Jan	26.071	9.309	7.449	171.750	170.230	161.981
Fev	27.944	9.335	7.984	153.600	151.840	144.394
Mar	27.755	9.349	7.930	169.660	162.540	143.414
Abr	27.748	9.373	7.928	167.580	160.140	139.440
Mai	27.926	9.427	7.979	163.090	161.250	154.169
Jun	28.010	9.442	8.003	160.650	159.290	148.558
Jul	27.982	9.459	7.995	136.250	134.970	123.801
Total	-	-	-	1.122.580	1.100.260	1.015.757
Média	27.634	9.385	7.895	160.369	157.180	145.108

Fonte: Dados do SAAE Jaguaribe (adaptada) (2018).

É importante ressaltar que o SAAE não possui macromedição na ETA para a entrada de água captada e nem na saída da água tratada para distribuição, pois os dois macromedidores utilizados se encontram com problemas. Os volumes são aferidos pela vazão de bombeamento dos motores multiplicada pelas horas trabalhadas. Isso dificulta o controle de perdas e a manutenção do sistema.

Segundo dados coletados na presente pesquisa, o índice de atendimento urbano de água em Jaguaribe é de 100%. Este fato é extremamente relevante e positivo, pois o município de Jaguaribe está entre os 2.428 municípios brasileiros com índice de atendimento urbano por rede de água igual a 100%, o que equivale a 47% do total da amostra (5.161 municípios) utilizada pelo SNIS 2016, ou seja, nestes municípios o acesso aos serviços de água está universalizado (BRASIL, 2018).

Ainda segundo informações do SNIS 2016, o índice de atendimento total com rede de abastecimento de água era de 83,3% e o índice de atendimento urbano é de 93%. Em relação à região Nordeste, tal índice é de 89,3% (BRASIL, 2018). Segundo Galvão Júnior (2009), o déficit no setor de saneamento básico no Brasil é maior no que se refere ao esgotamento sanitário, principalmente nas periferias dos centros urbanos e nas zonas rurais, onde a população mais pobre se concentra. Esta informação vai de acordo com o SNIS 2016, que afirma que 51,9% do esgoto é coletado e que apenas 44,9% do esgoto gerado no Brasil recebe tratamento (BRASIL, 2018). Assim, a universalização dos serviços de água e de esgoto é ponto chave na elaboração de políticas públicas, pois afeta diretamente a saúde, o ambiente e a cidadania (GALVÃO JÚNIOR, 2009).

Todo o volume de água distribuído na cidade de Jaguaribe é tratado. Esta informação corrobora com dados da PNSB 2008, de que a maioria dos municípios brasileiros (87,2%) distribuía água totalmente tratada, entretanto, em 6,2%, a água recebia apenas tratamento parcial e, em 6,6%, não recebia nenhum tratamento (IBGE, 2010).

O tratamento executado pelo SAAE é o convencional, que segundo a PNSB 2008, era realizado em 69,2% da água distribuída pela rede geral no Brasil. Já a maior parte do volume de água distribuída (75,1%) era tratada por método não convencional, utilizando processos como estação de tratamento de água (ETA) compacta, filtração direta, dessalinização, dentre outros. Em 23,1% da água distribuída ocorreu a simples desinfecção, quando a água bruta passa por métodos como a cloração (IBGE, 2010).

A água captada do Rio Jaguaribe segue para a Estação de Tratamento de Água – ETA (Figura 3), através do processo de bombeamento. A ETA localiza-se na Rua 12 de Agosto, s/n, bairro Nova Brasília, próximo a BR 226. Ao chegar à calha Parshall (Figura 4), ou seja, o local de entrada da água bruta no sistema, ocorre a pré-cloração com a aplicação de hipoclorito de sódio, como também a medição da vazão de água que chega à estação.

Figura 3 – Estação de Tratamento de Água do SAAE Jaguaribe



Fonte: Própria autora (2018).

Figura 4 – Calha Parshall



Fonte: Própria autora (2018).

Agregado à calha Parshall está o tanque de mistura rápida (Figura 5), onde a água é agitada e recebe o sulfato de alumínio, coagulante que provoca a

aglomeração de partículas presentes na água, para que ganhe volume e peso formando flocos.

Figura 5 – Tanque de mistura rápida



Fonte: Própria autora (2018).

A água é transferida para o tanque de floculação (Figura 6), por onde passa a uma baixa velocidade de forma que os flocos se tornem maiores, devido a aplicação do floculante.

Figura 6 – Tanque de floculação



Fonte: Própria autora (2018).

Depois da floculação, a água é lançada em dois decantadores (Figura 7), nos quais os flocos sedimentam devido ao próprio peso e ficam retidos com o auxílio das placas atenuadas.

Figura 7 – Decantadores

Fonte: Própria autora (2018).

Após a água ficar livre dos flocos é direcionada ao tanque de união, de onde será distribuído para quatro filtros de fluxo ascendente (Figura 8), que são compostos de cascalho com granulometria variada em sua extensão e, que reterão as partículas que não foram eliminadas durante a decantação e alguns micro-organismos.

Figura 8 – Filtros (dois dos quatro filtros existentes na ETA)

Fonte: Própria autora (2018).

A água filtrada pode ainda conter alguns micro-organismos patógenos, por isso é necessário o processo de cloração para a eliminação desses organismos. O SAAE produz o seu próprio hipoclorito de sódio através do sistema gerador de cloro

Hidrogeron modelo HG PLUS 36 (Figura 9) e o armazena no reservatório central visualizado na Figura 10.

Figura 9 – Sistema gerador de cloro Hidrogeron modelo HG PLUS 36



Fonte: Própria autora (2018).

Figura 10 – Armazenamento do hipoclorito de sódio produzido



Fonte: Própria autora (2018).

A última etapa do tratamento é a fluoretação (Figura 11). Nessa fase, ocorre a adição do fluossilicato de sódio, que é importante para a prevenção de cárie dentária na população atendida.

Figura 11 – Fluoretação

Fonte: Própria autora (2018).

Após a fluoretação, a água é armazenada em uma cisterna com capacidade para 300 m³ (Figura 12). Desse reservatório, a água é distribuída para todos os setores da sede.

Figura 12 – Cisterna presente na ETA

Fonte: Própria autora (2018).

Os distritos que possuem unidades do SAAE dispõem de seus próprios mananciais, não dependendo da água que é tratada na sede. As localidades rurais, que recebem abastecimento por carros-pipas, utilizam a água proveniente da ETA, mas o SAAE não possui controle da quantidade de água que é utilizada nesse tipo de abastecimento, o que também afeta o controle de perdas e conseqüentemente a disponibilidade hídrica.

A rede de distribuição de água da sede é composta por tubulação de ferro, PVC e ainda de amianto em alguns trechos antigos (Figura 13). Um estudo realizado no município de Princesa Isabel, no estado da Paraíba, mostra que esse fato é incomum nos municípios brasileiros. Foi identificado que mais da metade da extensão da sua rede de distribuição ainda é composta por tubulação de amianto, de um total de 20 mil metros, cerca de 10.510 m são de amianto (SANTOS; DOMINGOS; FIRMINO, 2016).

Figura 13 – Tubulação de amianto localizada na ETA



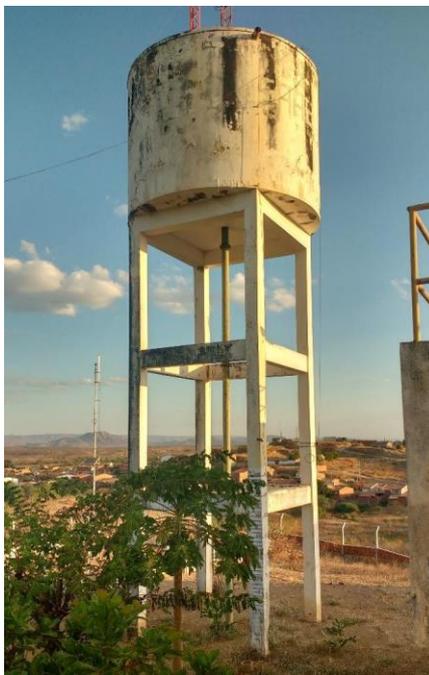
Fonte: Própria autora (2018).

A utilização de tubulações de amianto é preocupante, devido aos riscos que oferece à saúde. Segundo o Instituto Nacional do Câncer (INCA, 2018), o amianto é uma substância cancerígena, não existindo níveis seguros à sua exposição e a ele são associados a ocorrência de diversas patologias, malignas e não malignas. É classificado pela Agência Internacional de Pesquisa (IARC) no grupo 1, como cancerígeno para os seres humanos (IARC, 2012).

A rede de distribuição conta com dois *boosters* que são “equipamentos eletromecânicos inseridos nas adutoras ou nas redes de distribuição de água para elevar a pressão” (ABES, 2015, p. 89), que realizam a elevação de água em dois setores, setor 01 (bairro Placa Verde) e setor 08. Em relação aos reservatórios, há uma cisterna e uma caixa d’água no setor 08 (abordado mais detalhadamente na próxima seção) e outra caixa d’água (100 m³) que está localizada na ETA, que é

utilizada para o abastecimento do bairro João Paulo II (setor 02) e para a manutenção da estação, como na limpeza e demais serviços (Figura 14).

Figura 14 – Reservatório localizado na ETA



Fonte: Própria autora (2018).

O SAAE não possui informação sobre a extensão total da rede de distribuição da sede. Entretanto, essa informação poderia ser obtida pelo mapeamento da rede através do Sistema de Informação Geográfica (SIG). Paulo (2001), utilizou a tecnologia *ArcInfo 8.1*, para mapear e construir um sistema de cadastro de rede de infraestruturas básicas de distribuição de água e de esgoto em Portugal, com o auxílio de cartas topográficas ou com base na localização de construções e pavimentos.

Segundo o mesmo autor, é comum que as entidades gestoras possuam o registro de suas redes em formato analógico e desatualizado, mas com a utilização da tecnologia SIG, é possível: a visualização geográfica do sistema de abastecimento; uma melhor compreensão da engenharia da rede e de seus problemas; maior eficiência operacional; maior custo benefício; e proporciona ainda melhores condições para planejamento e expansão da rede, além da possibilidade de integração com outros sistemas (PAULO, 2001).

5.2 ESTRUTURA OPERACIONAL DO SETOR 08 DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O setor 08 é formado pelos bairros Celso Barreira Filho, Manoel Costa Moraes e Expedito Diógenes. É a área com o maior número de ligações ativas e apresentou uma média de 2.051 ligações para o período de janeiro a julho de 2017 (Tabela 2).

Tabela 2 – Dados operacionais de funcionamento do setor 08

Meses	População abastecida	Ligações	Ligações ativas	Conjunto motor bomba				Volume bombeado (m³)	Volume consumido (m³)	Volume faturado (m³)
				12,5 CV (vazão 40m³/h)		25 CV (vazão 65 m³/h)				
				Horas	Volume (m³)	Horas	Volume (m³)			
Jan	7.084	2.296	2.024	532	21.280	177	11.505	32.785	17.386	24.602
Fev	7.126	2.303	2.036	514	20.560	123	7.995	28.555	19.535	26.046
Mar	7.070	2.311	2.020	530	21.200	140	9.100	30.300	14.519	22.842
Abr	7.091	2.323	2.026	490	19.600	179	11.635	31.235	16.487	24.133
Mai	7.290	2.375	2.083	449	17.960	212	13.780	31.740	16.791	24.666
Jun	7.379	2.379	2.096	446	17.840	219	14.235	32.075	18.670	25.980
Jul	7.259	2.388	2.074	558	22.320	154	10.010	32.330	15.924	24.166
Total				3.519	140.760	1.204	78.260	219.020	119.312	172.435
Média	7.186	2.339	2.051	502,71	20.108,57	301	11.180	31.288,57	17.044,57	24.633,57

Fonte: Dados do SAAE Jaguaribe (adaptada) (2018).

Este setor possui uma cisterna (16 m³) e um *booster* (Figura 15), localizados no bairro Celso Barreira Filho, que bombeia a água para o reservatório elevado (500 m³) presente no bairro Expedito Diógenes (Figura 16), onde ocorre a distribuição para todo o setor. O SAAE estima que a extensão total da rede de distribuição do setor 08 seja de aproximadamente 22 km. Em 2017, ocorreu a ampliação de 340m.

Figura 15 – Booster e cisterna localizados no setor 08



Fonte: Própria autora (2018).

Figura 16 – Reservatório localizado no bairro Expedito Diógenes



Fonte: Própria autora (2018).

No intervalo de tempo utilizado nesta pesquisa, o setor 8 distribuiu um total de 219.020 m³ de água para o abastecimento de uma média de 7.186 pessoas (Tabela 2). O volume distribuído pelo setor 08 foi obtido pela multiplicação das vazões de funcionamento dos dois motores (um com vazão de 40 m³/h e o outro com 65 m³/h) da estação elevatória do setor (*booster*) pelas horas trabalhadas, como pode ser verificado na Tabela 1. O cálculo realizado foi necessário devido não haver a macromedição no referido setor.

O valor distribuído tem tendência a ser impreciso, pois podem ocorrer problemas técnicos nas máquinas, ocasionando a parada do equipamento e conseqüentemente um menor volume de água pode ser distribuído, por exemplo. Isso

também prejudica a aferição dos indicadores de perdas de água (TRATA BRASIL, 2018), o que dificulta o controle destas no referido setor.

A macromedição é fundamental para a contabilização tanto das perdas reais e aparentes, quanto para o monitoramento do sistema (ABES, 2015), e se presente, ofereceria uma avaliação precisa dos volumes entregues nesta área do sistema de abastecimento. Segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES, 2015), o baixo índice de macromedição é bastante comum em várias cidades brasileiras, inclusive em capitais.

Alegre *et al.* (2005) afirmam que, frequentemente, as prestadoras desse serviço não possuem dados precisos sobre o volume de água que entra no sistema e o volume de água fornecido aos consumidores. Geralmente, leva a subestimar os indicadores de perdas, desvalorizando a questão econômico-financeira.

5.3 ÍNDICES DE PERDAS DE ÁGUA NA DISTRIBUIÇÃO E NO FATURAMENTO

No Gráfico 1, observam-se os resultados obtidos para os índices de perdas no setor 08, referentes aos meses de janeiro a julho de 2017. As perdas na distribuição apresentam-se muito elevadas, com percentuais mensais variando de 31% a 52%, exibindo uma média para o período estudado de 45,5%. A variação analisada pode ser explicada por fevereiro ter sido o mês que apresentou o menor volume de água bombeado e o maior volume de água consumido (Tabela 2), o que resultou em um IPD de 31,6%, menor valor verificado para o período estudado. O volume consumido é medido para um período de 30 dias e o volume bombeado considera apenas os 28 dias do mês de fevereiro. Então, essa discrepância nos períodos pode ter levado a tal situação.

Gráfico 1 – Perdas na Distribuição e no Faturamento

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

No comparativo com a média nacional (38,1%), o índice do setor se mostrou elevado e bem semelhante com as médias regional (46,3 %) e estadual (40,6%) (BRASIL, 2018). Segundo o SNIS 2016, ainda é comum os serviços brasileiros de abastecimento de água apresentar elevados níveis de perdas em relação aos países desenvolvidos. A Alemanha e o Japão, reduziram suas perdas para aproximadamente 10% e a Austrália e a Nova Zelândia exibem atualmente números inferiores a 10% (BRASIL, 2018).

O alto nível de perdas em Jaguaribe e, de modo geral, no Nordeste brasileiro, é extremamente preocupante, pois a região convive com a escassez hídrica, e o desperdício de água ocasionado pelas perdas agrava ainda mais o problema (ABES, 2015). A quantificação das perdas tem importante relevância para a avaliação de desempenho e eficiência dos sistemas de distribuição de água, mas “pouco é discutido a respeito dos limites inferiores e superiores desses indicadores e sobre a priorização das ações” (KURSTERKO *et al*, 2018, p. 624).

De acordo com Negrisolli (2009), índices de perdas na distribuição superiores a 40% indicam más condições do sistema, situação intermediária para valores entre 40% e 25%, e bom gerenciamento de perdas para percentuais abaixo de 25%.

O presente trabalho não tem como objetivo investigar a origem dessas perdas, mas segundo a literatura, as perdas reais ou físicas são ocasionadas

principalmente por vazamentos na rede de distribuição, nas adutoras e nos reservatórios, o que significa que, parte da água produzida não chega aos usuários finais.

As redes de distribuição e os ramais prediais são os locais onde geralmente acontece o maior número de vazamentos e também o maior volume de água é perdido. Entretanto, a identificação desse tipo de perda é prejudicada pelo fato de parte dos vazamentos não serem visíveis, sendo difíceis de detectar (RECESA, 2009) por se tratarem de obras enterradas e estarem distribuídas por grandes áreas urbanas (MORAIS; CAVALCANTE; ALMEIDA, 2010).

Ao longo dos anos, as redes e os ramais vão se deteriorando, o que gera rompimentos nas tubulações, ocasionando vazamentos em que, geralmente, a água escoar pelo esgoto ou por redes de água pluvial, e isso acaba por impossibilitar a detecção do problema facilmente (MORAIS; CAVALCANTE; ALMEIDA, 2010).

Segundo Miranda (2002), as perdas atingiram níveis elevados e são consideradas como um dos maiores problemas brasileiros dos sistemas de abastecimento de água. De acordo com o mesmo autor, vários fatores contribuem para o aumento das perdas:

[...] poucos investimentos e menor desenvolvimento tecnológico nas redes de distribuição e nas ações de melhoria operacional; cultura do aumento da oferta e do consumo individual, sem preocupações com a conservação e o uso racional; decisões pragmáticas, não previstas em projeto, de ampliação da carga e extensão das redes até áreas mais periféricas dos sistemas, para atendimento aos novos consumidores (MIRANDA, 2009, p. 17).

No que diz respeito às perdas no faturamento, verifica-se que os índices mensais variam desde 8,8% até 25,3% e, apontaram uma média para o período em estudo de 21,27% (Gráfico 1). O baixo índice apresentado em fevereiro (8,8%), pode ser justificado devido o mês ter exibido o menor volume de água bombeado e os maiores volumes consumidos e faturados para todo o período em estudo (Tabela 2). O setor de faturamento do SAAE considera para a cobrança 30 dias de consumo e a distribuição de água realizada pela ETA registra apenas os volumes para o mês, no caso, para 28 dias. Provavelmente, essa variação se deva a esse fato.

Torna-se evidente que as perdas no faturamento são menores do que as perdas na distribuição, que normalmente são as de maior magnitude, o que corrobora com o que é apontado pela literatura (MORAIS; CAVALCANTE; ALMEIDA, 2010).

O índice de perdas no faturamento é menor, pois assim como na maioria dos sistemas de abastecimento de água no Brasil, o SAAE Jaguaribe adota o faturamento de 10 m³/mês como o valor mínimo. Então, mesmo que seja consumido (micromedido: medição apurada nas leituras mensais dos hidrômetros) um valor inferior a esse, será cobrado pela empresa o valor mínimo padrão de 10 m³. Assim, os volumes de água faturados são maiores que os consumidos (ABES, 2015).

As perdas no faturamento são decorrentes, principalmente, de ligações clandestinas, falhas, fraudes e pela submedição dos hidrômetros (BRASIL, 2014; SABESP, 2017). O SAAE Jaguaribe não possui nenhuma equipe ou programa destinado a fiscalização de ligações ilícitas de água. Tal fato contribui para o aumento das perdas e conseqüentemente prejudica o seu controle.

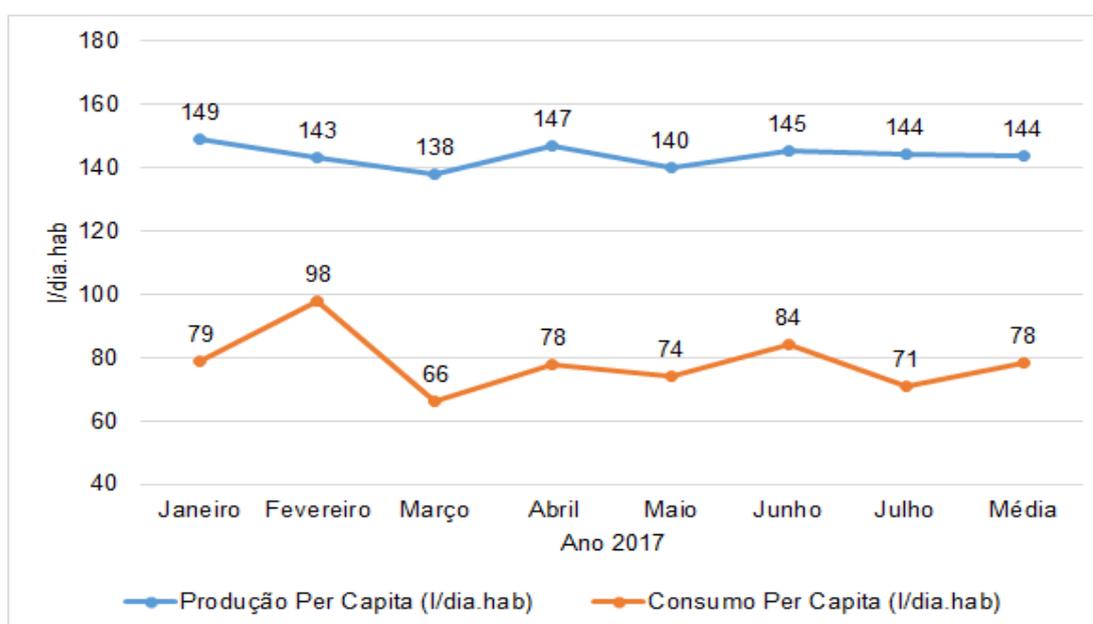
O tratamento, o transporte e a distribuição de água geram custos elevados, pois envolvem gastos com equipamentos, mão de obra, produtos químicos, energia elétrica e serviços de manutenção do sistema, que são atribuídos à tarifa cobrada aos usuários pelas operadoras, portanto, o controle das perdas é importante para a racionalização de tais custos (ALEGRE *et al*, 2005).

O controle e a redução das perdas traz inúmeros benefícios como a diminuição do desperdício dos recursos públicos, que são arrecadados dos usuários, o que proporciona maior eficiência do sistema e a aplicação desses recursos economizados em melhorias necessárias (SOBRINHO; BORJA, 2016), como na modernização de equipamentos e capacitação técnica; possibilita ainda a economia e eficiência energética; reduz o impacto ambiental sobre a crise hídrica, pois menos água é captada pelos sistemas e; também influencia o meio sociocultural, por meio da realização de ações educativas e campanhas sociais para a conscientização da população sobre ligações clandestinas e o consumo de água (KURSTERKO *et al*, 2018).

5.4 ÍNDICES DE PRODUÇÃO E CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA

No Gráfico 2, é possível observar a produção per capita de água (l/hab.dia) para cada mês estudado, bem como a média para o período total, que foi de 144 l/hab.dia. Em comparação, há no mesmo gráfico, os valores para os consumos per capita (l/hab.dia), em que a média de consumo diário por habitante foi de 78 l/hab.dia. Ao analisar as duas médias, percebe-se que quase metade da água que é produzida não é consumida pela população, o que aponta a necessidade de adequação do volume de água que é captado e distribuído.

Gráfico 2 – Produção e Consumo Per Capita de Água



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

De acordo com o SNIS, em 2016, cada brasileiro consumiu em média 154,1 l/hab.dia, na região Nordeste foram 112,5 l/hab.dia e no estado do Ceará utilizou-se 125,0 l/hab.dia (BRASIL, 2018). Essas informações apontam que o consumo de água no setor 08 é menor que o valor nacional, o regional e o estadual, sendo um dado positivo para o diagnóstico de funcionamento do sistema de abastecimento, pois a redução do consumo per capita traz determinadas vantagens, como a sustentabilidade hídrica e energética, gerando impactos ambientais benéficos, e ainda a maior durabilidade e conservação das infraestruturas físicas, principalmente das tubulações.

Além disso, os municípios que apresentam problemas na escassez hídrica e previsões de crescimento populacional devem adotar medidas para controlar a propensão do aumento do consumo per capita, como a sensibilização da população sobre o uso consciente da água, incentivos para o uso de equipamentos sanitários de baixo consumo, hidrometração individualizada em condomínios e aplicação de tarifas penalizantes para consumos excessivos (BRASIL, 2018).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de abastecimento de água de Jaguaribe possui sua própria estação de tratamento de água e sua rede de distribuição é estruturada em doze setores, nove destes localizados no perímetro urbano. Apresenta boa cobertura dos serviços prestados, com um índice de abastecimento urbano de água de 100%, em que toda a água distribuída recebe tratamento adequado. O consumo de água per capita mostrou-se inferior as médias nacional, regional e estadual, o que é considerado positivo do ponto de vista da racionalização e consumo consciente de água. Entretanto, a produção per capita precisa de adequação, pois sua média para o período aponta que quase metade da água produzida não foi utilizada pela população.

Verificou-se que o SAAE Jaguaribe não possui um controle aprimorado dos dados sobre o abastecimento de água do município, pois não conhece a extensão de sua rede distributiva no perímetro urbano, além de não realizar o monitoramento dos volumes de água utilizados para o abastecimento em carros-pipas. Outro ponto negativo que atesta tal situação, é a falta de macromedição na captação, na distribuição realizada na ETA e nos setores, onde a medição é feita sem precisão, sendo apenas uma estimativa dos volumes sem a devida exatidão necessária para o acompanhamento e gerência do serviço.

A ocorrência de elevadas perdas de água acima da média nacional indicam deficiências no sistema, provavelmente influenciadas pela ausência de macromedição. Estas perdas contribuem para o agravamento da escassez hídrica comum na região e para o desperdício dos recursos públicos.

Faz-se necessário sob tais aspectos, a realização de um estudo sobre o mapeamento da extensão de sua rede de distribuição, a fim de obter conhecimentos e buscar melhorias a partir de informações mais precisas sobre a própria rede. Além disso, alguns investimentos são fundamentais, como a substituição da tubulação de amianto ainda existente por outra menos nociva a saúde da população, a troca dos macromedidores com defeito na ETA e a instalação de equipamentos como estes em cada setor traria mais exatidão nas medições e melhor controle do que é realmente consumido e perdido na distribuição.

A melhor gestão e controle de seus dados, como o monitoramento dos volumes de água distribuídos por carros-pipas, o investimento em um programa de redução de perdas de água, em que ocorresse ações como a fiscalização de ligações ilícitas e campanhas de conscientização da população sobre o consumo consciente contribuiriam para a diminuição de perdas na distribuição e no faturamento. Sob ainda o mesmo ponto de vista, um estudo sobre as condições econômicas do SAAE Jaguaribe também poderia apontar pontos relevantes para a melhoria e sustentabilidade dos serviços prestados.

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.** Rio de Janeiro: ABES, 2013. 45 p. Disponível em: <<http://www.abes-sp.org.br/arquivos/perdas.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

ABES. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água: posicionamento e contribuições técnicas da ABES.** Rio de Janeiro: ABES, 2015. 99 p. Disponível em: <http://abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas_Abes.pdf>. Acesso em: 19 set. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (Brasil). **Atlas Nordeste: abastecimento urbano de água: alternativas de oferta de água para as sede municipais da Região Nordeste do Brasil e do norte de Minas Gerais.** Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos; Consórcio Engecorps/Projetec/Geoambiente/Riverside Technology. Brasília: ANA, SPR, 2006. 80 p.

_____. **Atlas Brasil: Abastecimento urbano de água: resultados por estado.** Agência Nacional de Águas. Engecorps/Cobrape. Brasília: ANA: Engecorps/Cobrape, 2010a. 92 p.

_____. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional.** Agência Nacional de Águas. Engecorps/Cobrape. Brasília: ANA: Engecorps/Cobrape, 2010b. 72 p.

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras – Edição Especial.** Brasília: ANA, 2015. 163 p.

AGIR. Agência Intermunicipal de Regulação do Médio Vale do Itajaí. **Anexo I Metodologia para Avaliação dos Indicadores de Desempenho.** Blumenau: AGIR, 2016. 40 p.

ALEGRE, H.; COELHO, S. T.; ALMEIDA, M. C.; VIEIRA, P. **Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição.** Instituto Regulador de Águas e Resíduos - (IRAR). Lisboa, Portugal: IRAR, 2005. p. 328.

AZEVEDO, D. C. F. **Água: Importância e Gestão no Semiárido Nordestino. Polêm!ca,** v. 11, n. 1, p. 74-81, jan/mar, 2012.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos,** Brasília, DF, jan 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm> Acesso 11 set. 2018.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018. 220 p.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 2. ed. – Brasília: Funasa, 2014. 172 p.

_____. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água**, Brasília, DF, dez. 2011. Disponível em: <http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html> Acesso 19 set. 2018.

CARVALHO, F. S.; PEPLAU, G. R.; CARVALHO, G. S.; PEDROSA, V. A. Estudos sobre perdas no sistema de abastecimento de água da cidade de Maceió. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 7., 2004, São Luís. **Anais eletrônicos...** São Luís: do VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2004, São Luís, ABRH 2004. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/professor/vap/perdassistemadeabastecimento.pdf>> Acesso 23 nov. 2017.

CEARÁ. Assembleia Legislativa. **Caderno regional da sub-bacia do Médio Jaguaribe**. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, Assembleia Legislativa do Estado do Ceará; Eudoro Walter de Santana (Coordenador). – Fortaleza : INESP, 2009. 102 p. : il. – (Coleção Cadernos Regionais do Pacto das Águas, v. 6).

CESAN. **Apostila Tratamento de Água**. Companhia Espírito Santense de Saneamento – CESAN. Vitória: CESAN, 2013. 18p.

COPASA. **Saneamento – Tratamento e Abastecimento de Água**: O futuro do planeta está em nossas mãos. Faça a sua parte! Programa Chuá - Educação Sanitária e Ambiental da Copasa. Belo Horizonte: COPASA, 2009. 13 p. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/wps/wcm/connect/771d71f8-d24f-4cdb-abf8-e3461660d5f6/COPASA_Agua.pdf?MOD=AJPERES> Acesso 19 set. 2018.

FERRAZ, G. S. **Diagnóstico do Abastecimento de Água na Zona Urbana do Município de Morro Redondo - RS**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2016. 45 p.

GALVÃO JÚNIOR, A.C. Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Revista Panamericana de Salud Publica**, v. 25, n.6, p. 548–56, 2009. Disponível em: <http://www1.eesc.usp.br/ppgsea/files/texto_galvao.pdf> Acesso 29 set. 2018.

GEO BRASIL. **GEO Brasil: recursos hídricos**: resumo executivo. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. Programa das Nações Unidas para o Meio

Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007. 60 p. (GEO Brasil Série Temática: GEO Brasil Recursos Hídricos).

GOOGLE MAPS. **[Jaguaribe, Ceará]**. [2018]. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Celso+Barreira+Filho,+Jaguaribe++CE,+63475-000/@-5.8837248,-38.6161047,16z/data=!3m1!4b1!4m13!1m7!3m6!1s0x7bb5f2e3f48e199:0x8573083f8998ff3f!2sJaguaribe+++CE!3b1!8m2!3d-5.8927582!4d-38.6219755!3m4!1s0x7bb5f27e1d46dc3:0x5b4cbe23fac1b989!8m2!3d-5.8831!4d-38.6114019>> Acesso 01 out. 2018.

GUERRA, M. D. F. **A problemática da desertificação nos sertões do médio Jaguaribe, Ceará: o contexto do município de Jaguaribe**. 2009. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2009. p.170.

IARC. **IARC participation in a conference in Kiev, Ukraine, entitled: "Chrysotile Asbestos: Risk Assessment & Management"**. International Agency for Research on Cancer – IARC, 2012. Disponível em: <<https://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/Chrysotile.pdf>> Acesso 11 out. 2018.

IBGE. Censo Demográfico de 2010. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/> . Acesso em: 10 out. 2018.

_____. **Cidades. Jaguaribe. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2018. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/jaguaribe/panorama>> Acesso 19 de ago.2018.

_____. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45351.pdf>> Acesso 17 set. 2018.

INCA. **Prevenção e fatores de riscos: Amianto**. Instituto Nacional do Câncer - INCA, 2018. Disponível em: <<http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/cancer/site/prevencao-fatores-de-risco/amianto>> Acesso 11 out. 2018.

KUSTERKO, S.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; CHAVES, L. C. Gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água: uma abordagem construtivista. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.23 n.3, p. 615-626, maio-jun, 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v23n3/1809-4457-esa-23-03-615.pdf>> Acesso 12 set. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Consumo sustentável: Manual de educação**. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/IDEC, 2005. 160 p.

MIRANDA, E. C. **Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água – Indicadores de Perdas e Metodologias para Análise de Confiabilidade**. 2002.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade de Brasília. Distrito Federal, 2002. p. 215.

MORAIS, D. C.; CAVALCANTE, C. A. V.; ALMEIDA, A. T. Priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água. **Pesquisa Operacional**, v.30, n.1, p.15-32, jan-abr, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pope/v30n1/02.pdf>> Acesso 12 out. 2018.

NEGRISOLLI, R. K. **Análise de dados e indicadores de perdas em sistema de abastecimento de água – estudo de caso**. 2009. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2009. p.191.

PAULO, C.V. As Redes como um Modelo de Dados Geográfico em Evolução: Caso Prático num SIG. In: Congresso da Geografia Portuguesa, 4., 2001, Lisboa. **Anais eletrônicos...** Lisboa: IV Congresso da Geografia Portuguesa, 2001, Lisboa, Associação Portuguesa de Geógrafos, 2001. Disponível em: <http://www.apgeo.pt/files/docs/CD_IV_Congresso_APG/Actas_CD/Comunica/cart_tecn/redes.pdf> Acesso 18 out. 2018.

POLETO, C. **Gestão de recursos hídricos**. Porto Alegre: Escola Técnica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. 40 p.

REBOUÇAS, A. C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 11 n. 29, p. 127-154, 1997.

RECESA. **Abastecimento de água: operação e manutenção de estações de tratamento de água**. Guia do profissional em treinamento: nível 2. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). Belo Horizonte: ReCESA, 2008. 92 p.

SAAE JAGUARIBE. **Histórico**. Sistema Autônomo de Água e Esgoto Jaguaribe – Ceará. Disponível em: <<http://saae.jaguaribe.ce.gov.br/instituicao/historico/>> Acesso 10 ago. 2018.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **O que são perdas de água?** Inadequação do índice de perdas por porcentagem e vantagens da notação de perdas em litros por ligação por dia. São Paulo: SABESP, 2017. 6 p. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/cartilha_perdas_dez2017.pdf> Acesso 18 set. 2018.

SANTOS, M. A. F.; DOMINGOS, L. A.; FIRMINO, V. A. Mapeamento da tubulação de cimento-amianto na rede de distribuição de água de Princesa Isabel – PB. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, [S.l.], n. 29, p. 69-76, jun. 2016. Disponível em: <<http://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/623/417>> Acesso 11 out. 2018.

SOBRINHO, R. A.; BORJA, P. C. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.21 n.4, p. 783-795, out-dez, 2016. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n4/1809-4457-esa-21-04-00783.pdf>> Acesso 12 set. 2018.

TONELLO, K. C. **Gestão e Planejamento de Recursos Hídricos no Brasil: conceitos, legislações e aplicações**. São Carlos: UAB-UFSCar, Universidade Federal de São Carlos, 2011. 115 p.