



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ANÁLISE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE JOÃO
PESSOA/PB – BRASIL**

ALICE DE SOUSA MOREIRA LIMA

JOÃO PESSOA - PB

MAIO/2016

ALICE DE SOUSA MOREIRA LIMA

**ANÁLISE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE JOÃO
PESSOA/PB – BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal da Paraíba, como requisito obrigatório à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

ORIENTADOR(A): PROF.^a CLAUDIA COUTINHO NÓBREGA

JOÃO PESSOA - PB

MAIO/2016

FOLHA DE APROVAÇÃO

ALICE DE SOUSA MOREIRA LIMA

ANÁLISE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA/PB – BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso defendido em 30/05/2016 perante a seguinte Comissão Julgadora:

Prof.^a Dr.^a Claudia Coutinho Nóbrega

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Prof.^a Dr.^a Aline Flávia Nunes Remígio Antunes

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Prof.^a Dr.^a Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Prof.^a Dr.^a Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga

Coordenador(a) do Curso de Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a minha mãe, Ana Rosa, pela ajuda amorosa, pelas ferramentas necessárias a minha formação profissional e pela inspiração de competência e responsabilidade para a nossa profissão.

Ao meu pai, André, que mesmo não estando entre nós para testemunhar o final dessa etapa, foi essencial para meu desenvolvimento e um modelo de engenheiro civil para que eu possa me espelhar ao longo da minha carreira.

Ao meu irmão e familiares pela paciência e calma para lidar com minhas aflições e desesperos.

Aos meus amigos e, principalmente, Sérgio Pereira e Raphael Yazbek, que me ajudaram e me disseram que conseguiria seguir em frente, em horas que não acreditava que poderia ser possível.

A minha orientadora e amiga, Claudia Coutinho, pelo acompanhamento em toda a minha graduação, com conselhos que me fizeram crescer e desenvolver ideias essenciais para meu futuro.

Aos professores Aline Remígio, Ana Cláudia Medeiros, Carmem Gadelha, Marcílio Cruz, Leonardo Soares, Hamílcar José, Primo Fernandes e Gilson Athayde por me ajudarem em meu crescimento intelectual.

A Fabienne Neves, Socorro Gomes, Isabella Cartaxo, Antônio Cabral, Ricardo Marinho e a todos da PLANC pela ajuda diária nessa fase final do estágio curricular, permitindo meu crescimento como profissional.

Obrigada por acreditarem em mim como profissional, estudante, amiga, filha.

*Dedico este trabalho a meu pai, André,
que pode não estar presente de corpo,
mas carrego sempre em meu coração.*

RESUMO

O crescimento da urbanização, aliado a necessidade cada vez maior de utilização de água potável, faz prevalecer o desejo de melhorias quanto ao saneamento básico para desenvolvimento da população. A análise atual do Sistema Integrado de Abastecimento do Município de João Pessoa tem como base a universalização do acesso à água potável para promover atividade de origem pública, industrial, doméstica e comercial. Dentre os serviços de saneamento básico, além do abastecimento de água, setores como esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais e limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos são abordados segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico do Município. O presente trabalho descreve os elementos encontrados no sistema de abastecimento do município de João Pessoa, bem como indica os principais problemas enfrentados para suportar por mais 22 anos do horizonte de projeto imposto pelo Plano de Saneamento, concluindo a necessidade da manutenção das estruturas do sistema de abastecimento de água da grande João Pessoa como também a conscientização por parte da população para que se evitem desperdícios, visto que é considerado um bem em falta e essencial para seu desenvolvimento como um todo.

Palavras chaves: sistema de abastecimento de água, plano municipal de saneamento básico, saneamento básico, João Pessoa

ABSTRACT

Increasing urbanization, coupled with the enlarging need of using potable water, give precedence to the desire to improve the sanitation area for the development of population. The current analysis of the Integrated João Pessoa Municipality Supply System is based on universal access to safe drinking water to promote activity of public origin, industrial, domestic and commercial. Among the basic sanitation services, and water supply, industries such as sewage, rainwater drainage and urban sanitation and solid waste management are covered under the Municipal Basic Sanitation Plan. This paper describes the elements found in the city of João Pessoa supply system and indicates the main problems faced to endure for 22 more years of the planned project imposed by the Sanitation Plan, concluding the necessity of maintenance of the system structures water supply of large João Pessoa as well as awareness among the population for the avoidance of waste, since it is considered a scarce commodity and essential for its development as a whole.

Key Words: water supply system, João Pessoa, sanitation

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Exemplo de Rede Ramificada.....	20
Figura 02 - Exemplo de Rede Malhada em Blocos	21
Figura 03 - Exemplo de Rede Mista.....	21
Figura 04 – Localização do Município de João Pessoa/PB - Brasil	23
Figura 05 - Mapa do Ministério do Exército de 1946, Reconstituído em Base Digital, Mostrando a Expansão do Município em Direção ao Litoral.....	24
Figura 06 - Localização dos Poços em Planta (1974).....	25
Figura 07 - Planta da Rede de Distribuição Projetada por Saturnino de Brito.	26
Figura 08 - Sistema Integrado de Abastecimento de Água do Município de João Pessoa/PB no Ano de 2010.....	29
Figura 09 - Sistema Abiaí/Papocas Proposto em 2010.....	30
Figura 10 - Localização dos Mananciais Responsáveis pelo Abastecimento de Água para o Município de João Pessoa/PB.....	31
Figura 11 - Sangradouro Açude Gramame/Mamuaba.	32
Figura 12 - Açude Marés.....	33
Figura 13 - Rio Mumbaba.	34
Figura 14 - Poço Raso do Tipo Amazonas.....	34
Figura 15 - Torre de Tomada - Açude Marés.....	36
Figura 16 - Instalações ETA Marés.....	36
Figura 17 - Açude Gramame/Mamuaba.	37
Figura 18 - Captação e Elevatória Gramame/Mamuaba.....	37
Figura 19 - Estação Elevatória Gramame/Mamuaba.....	38
Figura 20 - Captação do Sistema Abiaí/Papocas.....	38
Figura 21 - RAP Sistema Abiaí/Papocas.....	39
Figura 22 - Estação Elevatória Sistema Abiaí/Papocas.....	39
Figura 23 - Distribuição dos Reservatórios.	47
Figura 24 - Reservatório R-5.....	51
Figura 25- Reservatório R-5 com Ferragens à Mostra	52
Figura 26 - Reservatório R-6.....	52
Figura 27 - Reservatório R-6 com Ferragem Aparente.....	53
Gráfico 01 - População total atendida com o abastecimento de água em João Pessoa/PB.....	54
Gráfico 02 – Extensão da rede de abastecimento em João Pessoa/PB.....	54
Gráfico 03 - Volume de água produzido para a cidade de João Pessoa/PB.	55
Gráfico 04 - Consumo médio per capita de água em João Pessoa/PB.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Classificação das Águas Naturais para Abastecimento Público.....	18
Tabela 02 - Coordenadas Geográficas dos Mananciais Responsáveis pelo Abastecimento de Água do Município de João Pessoa/PB	32
Tabela 03 - Trechos da Adutora de Água Bruta de Cada Sistema.....	35
Tabela 04 - Estações Elevatórias do Sistema Integrado de Abastecimento de Água da Grande de João Pessoa	40
Tabela 05 - Estações de Tratamento de Água.	40
Tabela 06 - Unidades Componentes da Estação de Tratamento.....	41
Tabela 07 - Irregularidades da ETA Informadas pelo Setor Operacional da Unidade de Tratamento.	42
Tabela 08 - Estações Elevatórias de Água tratada do Sistema Integrado de Abastecimento da Grande João Pessoa.	43
Tabela 09 - Adutoras de Água Tratada.....	44
Tabela 10 - Sub-Adutoras de Água Tratada.	44
Tabela 11 - Localização dos Reservatórios.	45
Tabela 12 - Área de Influência dos Reservatórios.	48
Tabela 13 - População Estimada das Áreas de Influência dos Reservatórios.....	50
Tabela 14 - Análise do Volume Requerido pelas Áreas de Influência dos Reservatórios.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS

- AAB – Adutora de Água Bruta
- AAT – Adutora de Água Tratada
- ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária
- ANA – Agência Nacional de Águas
- CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
- EE – Estação Elevatória
- EEAB – Estação Elevatória de Água Bruta
- ETA – Estação de Tratamento de Água
- FoFo – Ferro Fundido
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- OMS – Organização Mundial de Saúde
- PIB – Produto Interno Bruto
- PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico
- R - Reservatório
- RAP – Reservatório Apoiado
- SAT – Sub-Adutora de Água Tratada
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
- WHO – World Health Organization

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	GERAL	13
2.2	ESPECÍFICOS	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	14
3.2	SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	14
3.3	MANANCIAS	15
3.4	SISTEMAS DE CAPTAÇÃO	15
3.4.1	BARRAGENS	16
3.4.2	TOMADA DE ÁGUA	16
3.4.3	GRADEAMENTO	16
3.4.4	DESARENADOR	16
3.4.5	DISPOSITIVOS DE CONTROLE	16
3.4.6	CANAIS E TUBULAÇÕES	17
3.5	ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS	17
3.6	ADUTORAS	17
3.7	ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA	18
3.8	RESERVATÓRIOS	19
3.9	REDES DE DISTRIBUIÇÃO	20
4	METODOLOGIA	22
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	23
5.1	ÁREA DE ESTUDO	23
5.2	O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA	25
5.2.1	HISTÓRICO	25
5.2.2	COMPOSIÇÃO DA REDE DE ABASTECIMENTO	27
5.2.3	SISTEMAS INTEGRADOS	28
5.2.4	PANORAMA ATUAL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO	53
6	CONCLUSÃO	57
7	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional acarretou uma ocupação acelerada dos municípios de forma irregular, sem planejamento e de caráter desordenado. É de extrema importância que a ocupação, uso e apropriação de áreas seja de forma programada, com estudos prévios para atender a população, principalmente em relação aos serviços de saneamento básico.

O saneamento básico engloba as ações de serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem pluvial, segundo a Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007, que, dentre os serviços públicos de saneamento básico, define como princípio fundamental a universalização do acesso, que consiste em atender por total a população nos serviços interligados ao saneamento.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (2014), a cada dólar investido em saneamento básico e água, são economizados 4,3 dólares em custos de saúde no mundo. Assim, investimentos em saneamento são fundamentais para o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) global, pois é necessário um ambiente asséptico para o desenvolvimento da população, bem como o do seu país (WHO, 2014).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) divulgou, em 2013, que 82,5% da população brasileira tem acesso ao abastecimento de água, sendo considerado um resultado excelente, visto que os demais serviços de saneamento básico relatados, anteriormente, são avaliados como deficientes e precários por não se aproximarem de 50%.

Assim, para atender ao princípio de universalização de serviços, pela Lei Federal nº 11.445/2007, foi inaugurada uma nova fase da prestação dos serviços de saneamento no Brasil ao estabelecer os instrumentos de gestão da política de saneamento, a Política e o Plano Municipal de Saneamento Básico (Falcão, 2015). São elaboradas ferramentas de planejamento com o objetivo de regular, fiscalizar e executar os serviços, além de incluir a participação e o controle social.

Assim, o presente trabalho tem como base o diagnóstico do Plano Municipal de Saneamento do Município de João Pessoa/PB – Brasil acerca do sistema de abastecimento de água, que foi aprovado e entrou em vigor a partir do ano de 2016.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

O objetivo geral do presente trabalho é descrever e analisar o sistema de abastecimento de água do município de João Pessoa – PB.

2.2 ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Apresentar um histórico do abastecimento de água do município de João Pessoa.
- Localizar, identificar e descrever as unidades constituintes do sistema de abastecimento de água do município de João Pessoa.
- Apresentar um panorama do sistema de abastecimento de água do município de João Pessoa através de indicadores.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O saneamento básico é definido como o conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais interligadas ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (Lei nº 11.445/2007). Dessa forma, atrelado ao conceito de tornar um ambiente saudável e com condições favoráveis à habitação (OMS, 2011), a universalização do saneamento básico permite o desenvolvimento da sociedade em um ambiente favorável a sua melhora da qualidade de vida, sem enfermidades, de forma a permitir sua evolução de caráter social e econômico.

3.2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Visto que a água é considerada como um recurso natural limitado e dotado de valor econômico (Lei nº 9.433/1997), a criação de sistemas que possam distribuí-la de forma constante e mediante parâmetros como a qualidade do produto para garantir sua potabilidade, é de extrema importância para a população. O sistema de abastecimento de água consiste na retirada da água da natureza, ajuste da sua qualidade, transporte à população e o seu fornecimento em quantidade adequada às necessidades dos residentes. O Manual de Saneamento da Funasa (2010) define como Sistema de Abastecimento Público de Água como o conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a produzir e distribuir água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população. Dessa forma, é valorizado devido a sua importância social e sanitária, pois tem como objetivo controlar e prevenir doenças, facilitar a limpeza pública, propiciar conforto e bem-estar a população, auxiliar na implantação de hábitos higiênicos e, aumentar a esperança de vida da população, resultando em uma redução da mortalidade e aumento da produtividade humana.

Um sistema de abastecimento, segundo Tsutyia (2006), é composto por várias etapas até o seu destino final, dentre as quais se podem citar:

- Manancial.
- Captação.
- Estações Elevatórias.
- Adução.

- Tratamento.
- Reservação.
- Distribuição.

3.3 MANANCIAIS

Os mananciais são a fonte primária da água compostos por córregos, rios, lagos e represas. Para atender às necessidades da população, são analisados pré-requisitos para assegurar a qualidade da água a ser distribuída futuramente.

Através da avaliação de consumidores de água, verifica-se se o manancial analisado atende as necessidades domésticas, comerciais, industriais e públicas da área servida (TSUTYIA, 2006). Então, para o cálculo do consumo, deve-se levar em consideração a população a ser abastecida – não apenas no ano inicial do projeto, como também a sua projeção de acordo com o crescimento da população até o horizonte de projeto -, o consumo per capita, a variação diária de consumo e o número de horas de funcionamento do sistema (FUNASA, 2016).

É importante também analisar os mananciais em termos de quantidade e quantidade, visto que há uma degradação das bacias hidrográficas devido ao aumento da malha urbana aliado ao despejo inadequado de esgoto sem tratamento prévio (TSUTYIA, 2006).

Outros fatores como proximidade da área de consumo, locais favoráveis à construção da captação de água e o transporte de sedimentos pelo curso de água, são essenciais para a escolha do manancial a ser utilizado.

3.4 SISTEMAS DE CAPTAÇÃO

O conjunto de equipamentos, estruturas e dispositivos montados para a tomada de água de um determinado manancial, com a finalidade de lançar a água para o sistema de abastecimento, é caracterizado pelo sistema de captação de água.

Segundo Tsutiya (2006), o sistema de captação é constituído por: barragem, tomada de água, gradeamento, desarenador, dispositivos de controle, canais e tubulações.

3.4.1 BARRAGENS

Caracterizadas pela elevação do nível da água de um manancial devido à construção de uma estrutura que impede a livre passagem da água com o objetivo de facilitar a captação da mesma e assegurar o bom funcionamento das bombas.

3.4.2 TOMADA DE ÁGUA

Tem como objetivo transportar a água do manancial para as demais partes da captação, através de condutos livres ou forçados, podendo ser classificada como tubulação de tomada, caixa de tomada, canal de derivação, poço de derivação, tomada de água com estrutura em balanço, captação flutuante ou torre de tomada, sendo o mais simples e mais utilizado, as tubulações de tomada (HELLER, PÁDUA, 2006).

3.4.3 GRADEAMENTO

O gradeamento é composto por grades e telas com o objetivo de reter materiais de grande dimensão que possam causar o mau funcionamento das bombas ou entupimento de condutos.

3.4.4 DESARENADOR

O corpo hídrico transporta, ao longo de seu curso, uma quantidade considerável de areia em suspensão. Para evitar a danificação dos equipamentos, bem como manter o bom funcionamento do sistema, o desarenador ou caixa de areia permite a sedimentação desses sólidos em suspensão de uma determinada granulometria.

3.4.5 DISPOSITIVOS DE CONTROLE

Os dispositivos de controle são comportas e válvulas responsáveis pela livre passagem de água ou o seu confinamento. Caso haja necessidade de interrupção do fluxo, bem como o aumento da intensidade, variando conforme solicitado.

3.4.6 CANAIS E TUBULAÇÕES

A ligação entre unidades do sistema são feitas por condutos livres, em que atua somente a pressão atmosférica para permitir a passagem de água, ou por condutos forçados, em que o fluido preenche totalmente a seção do conduto e opera com uma pressão diferente da atmosférica.

3.5 ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS

As estações elevatórias são utilizadas em diversas partes do sistema, pois devido às diferentes cotas em que as unidades estão localizadas, o escoamento por gravidade não é ideal devido às perdas de energia constantes ao longo do trajeto de uma unidade para outra (HELLER, PÁDUA, 2006).

Dessa forma, as estações elevatórias permitem a condução do líquido para cotas mais elevadas, ou para aumentar a capacidade de adução do sistema de abastecimento.

Segundo Tsutiya (2006), as estações elevatórias apresentam os seguintes componentes:

- Estrutura.
- Componentes elétricos.
- Componentes mecânicos.
- Tubulação.

Os componentes elétricos e mecânicos são subdivididos em bombas, motores, painel de controle, transformador e linha de transmissão.

3.6 ADUTORAS

As adutoras são canalizações do sistema de abastecimento responsáveis pela ligação entre as seguintes unidades:

- Captação e Estação de Tratamento de Água.
- Captação e o reservatório de distribuição.
- Captação e a rede de distribuição.
- Estação de Tratamento de Água (ETA) e o reservatório de distribuição.
- ETA e a rede de distribuição.

Podem ser classificadas de acordo com a natureza da água transportada, podendo ser de água bruta ou de água tratada; de acordo com a energia utilizada para o escoamento, como as adutoras por gravidade, recalque ou mistas; de acordo com o modo de escoamento, podendo ser de conduto livre ou forçado; ou de acordo com a vazão de dimensionamento, considerado como um sistema com reservatório de distribuição (FUNASA, 2006).

3.7 ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

As Estações de Tratamento de Água (ETAs) são responsáveis pela manutenção da qualidade da água, seguindo tratamentos necessários para atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 1.469/2000 do Ministério da Saúde (FUNASA, 2006).

O tratamento da água é feito para adequação ao consumo humano, uma vez que é exigido pelo Ministério da Saúde pela Portaria de nº 2.914/2011, na qual define que:

Art. 3º Toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água.

Art. 4º Toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água.

Assim, a água passa por etapas na estação de tratamento até atingir o nível de qualidade adequado para a população atendida (Tabela 01).

Tabela 01 - Classificação das Águas Naturais para Abastecimento Público.

Tipos	A	B	C	D
DBO 5 dias (mg/L)				
Média	Até 1,5	1,5 - 2,5	2,5 - 4,0	> 4,0
Máxima, em qualquer amostra	1 - 3	3 - 4	4 - 6	> 6
Coliformes (NMP/100ml)				
Média mensal em qualquer mês	50 - 100	100 - 5.000	5.000 - 20.000	> 20.000
Máximo	> 100cm menos de 5% das amostras	> 5.000 cm menos de 20% das amostras	> 20.000 cm menos de 5% das amostras	-
pH	5 - 9	5 - 9	5 - 9	3,8 - 10,3
Cloretos	< 50	50 - 250	250 - 600	> 600
Fluoretos	< 1,5	1,5 - 3,0	> 3,0	-

NMP = Número mais provável

Fonte: NBR 12.216/1992

As seguintes etapas para o tratamento de água convencional para distribuição pelo sistema de abastecimento de água são descritas a seguir:

- Medição de vazão e adição de coagulantes;
- Floculação, permitindo a formação de flocos com as impurezas encontradas na água;
- Decantação, proporcionando a deposição dos flocos mais pesados no fundo das câmaras;
- Filtração, retendo as impurezas de maior dimensão nos filtros;
- Correção do pH e cloração.

3.8 RESERVATÓRIOS

Os reservatórios de distribuição de água permitem a regularização da vazão pois recebem uma vazão constante e acumulam água quando a demanda da vazão for inferior à fornecida pelo sistema, fornecem água de forma ininterrupta, permitindo a não parada do sistema ao se deparar com problemas operacionais que necessitem a interrupção do mesmo, reservação de água para incêndio e regularização das pressões. Para que atendam a esses objetivos, são enfrentadas algumas dificuldades como o elevado custo para sua construção e adversidades quanto a sua localização, para atender corretamente a demanda de água.

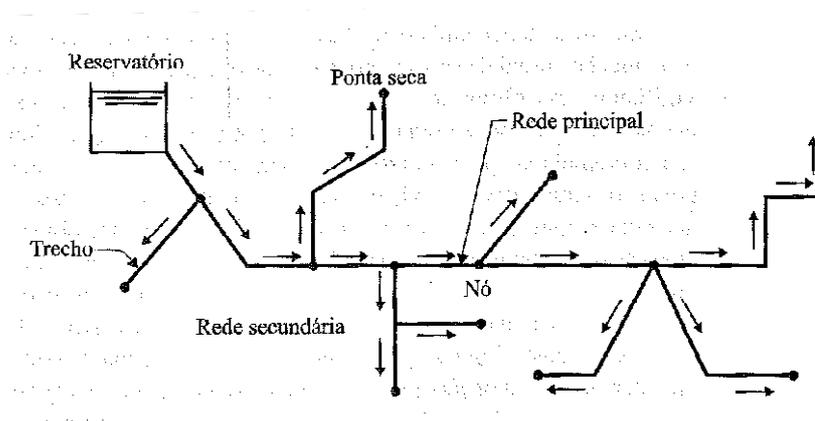
Segundo Tsutyia (2006), os reservatórios podem ser classificados:

- Quanto à sua localização no sistema (reservatório de montante, jusante ou de posição intermediária);
- Quanto à sua localização no terreno (reservatório enterrado, semi-enterrado, apoiado ou elevado);
- Quanto à sua forma;
- Quanto aos materiais de construção (concreto armado, aço, poliéster armado com fibras de vidro).

3.9 REDES DE DISTRIBUIÇÃO

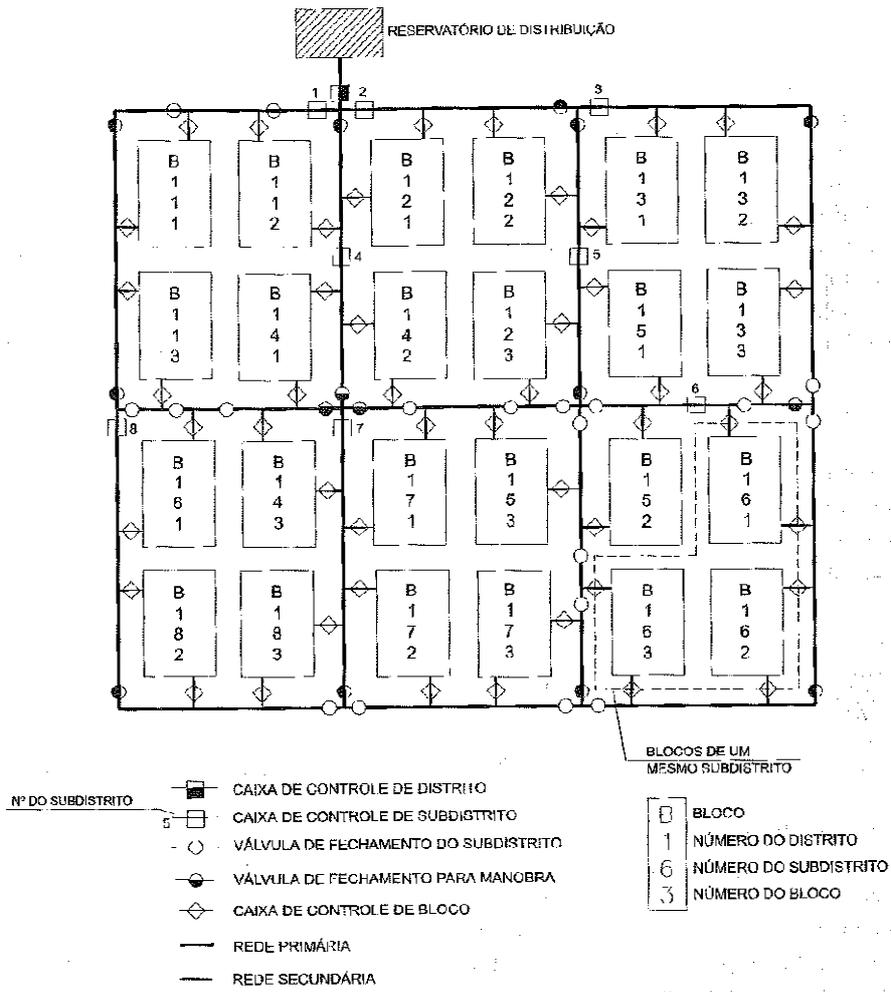
As redes de distribuição são formadas pelas tubulações e acessórios com o objetivo de distribuir a água potável ao consumidor de forma ininterrupta, com qualidade e a pressão adequada (TSUTIYA, 2006). Consiste no trajeto das unidades do sistema de abastecimento até as ligações prediais e é constituída por dois tipos de canalizações: as principais, de maior diâmetro e responsáveis pelo abastecimento da rede secundária, e a secundária, consideradas de menor diâmetro e fornecem água diretamente aos ramais prediais. Além dessa classificação, de acordo com a disposição das canalizações, a rede pode ser classificada em ramificada, malhada ou mista, como se pode observar nas Figuras 01, 02 e 03.

Figura 01 - Exemplo de Rede Ramificada.



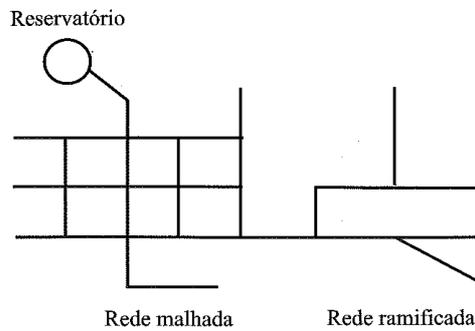
Fonte: Tsutiya (2006)

Figura 02 - Exemplo de Rede Malhada em Blocos



Fonte: Tsutiya (2006)

Figura 03 - Exemplo de Rede Mista.



Fonte: Tsutiya (2006)

4 METODOLOGIA

Este presente trabalho foi fundamentado a partir do Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de João Pessoa, no qual a etapa inicial foi realizar o diagnóstico do sistema de abastecimento de água do referido município.

Inicialmente, foi realizada pesquisa bibliográfica com o objetivo de definir as etapas dos sistemas de abastecimento convencionais, bem como seus elementos encontrados.

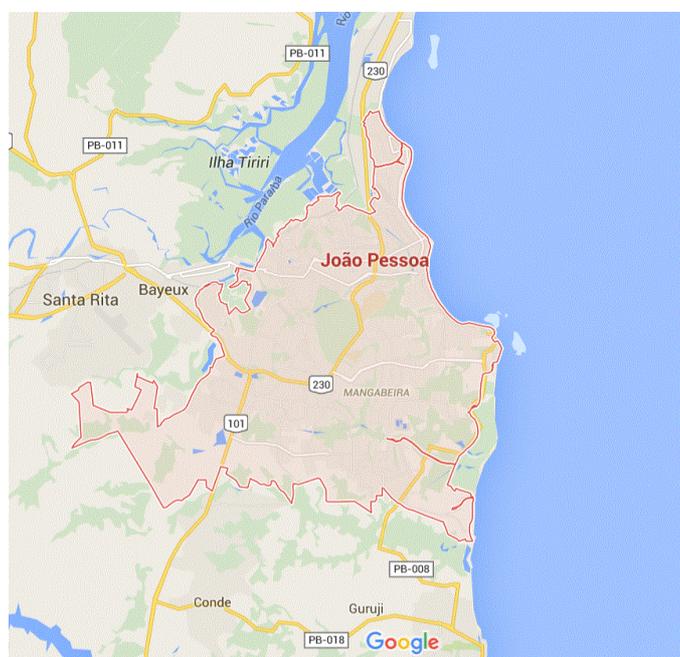
Em seguida, foi feito um levantamento de dados junto a Companhia de Água e Esgoto da Paraíba - CAGEPA - aliado ao levantamento em campo. E por fim, foram realizadas associações das informações encontradas e a proposta de possíveis soluções para o melhoramento do sistema.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de João Pessoa possui uma população de 723.515 habitantes segundo o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), com população estimada de 791.438 habitantes para o ano de 2015. O município supracitado tem uma área de 211.475 km² com uma densidade demográfica de 3.421,28 habitantes por km². Está localizado entre as coordenadas 7°14'29" e 7°03'18" de latitude sul e 34°58'36" e 34°47'36" de longitude oeste no litoral paraibano (Figura 04).

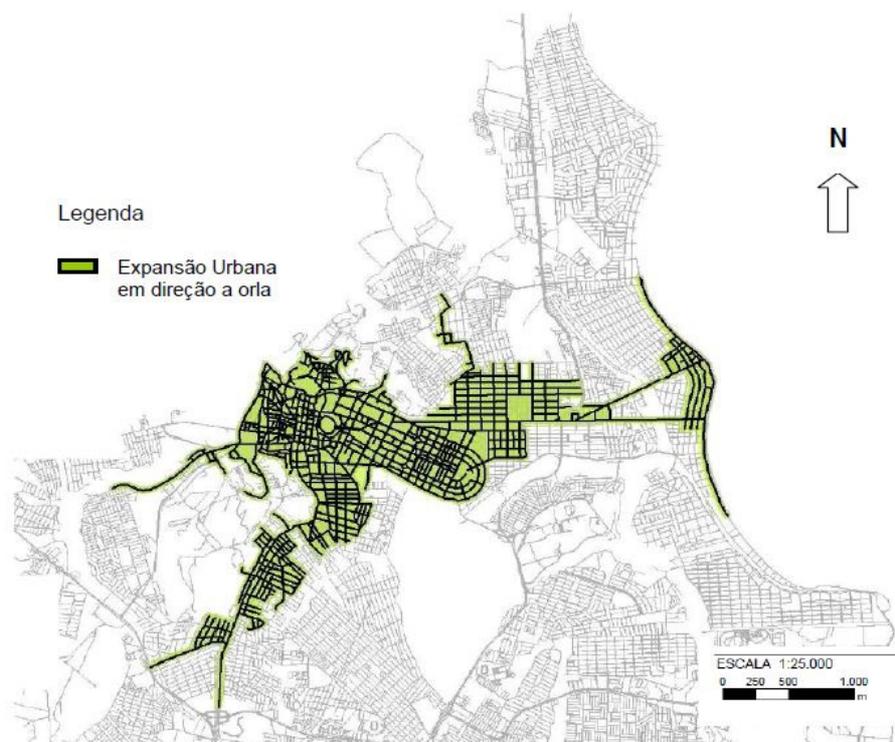
Figura 04 – Localização do Município de João Pessoa/PB - Brasil



Fonte: Google Maps, 2016.

A capital paraibana é delimitada pelos municípios de Cabedelo, ao norte, Conde, ao Sul, Bayeux, a oeste, e a sudeste e noroeste, por Santa Rita. O município de João Pessoa é composta por 64 bairros que evoluíram urbanisticamente em torno do centro, em direção ao litoral, como mostra a Figura 05.

Figura 05 - Mapa do Ministério do Exército de 1946, Reconstituído em Base Digital, Mostrando a Expansão do Município em Direção ao Litoral.



Fonte: Morais (2009) apud PMSB (2015)

A rede hidrográfica municipal é composta por nove bacias, tendo como principais rios os seguintes cursos d'água:

- Rio Paraíba e seus afluentes.
- Rio Sanhauá.
- Rio Marés.
- Rio Jaguaribe.
- Rio Cuiá.
- Rio Cabelo.
- Rio Mandacaru.
- Rio Gramame e seus afluentes.

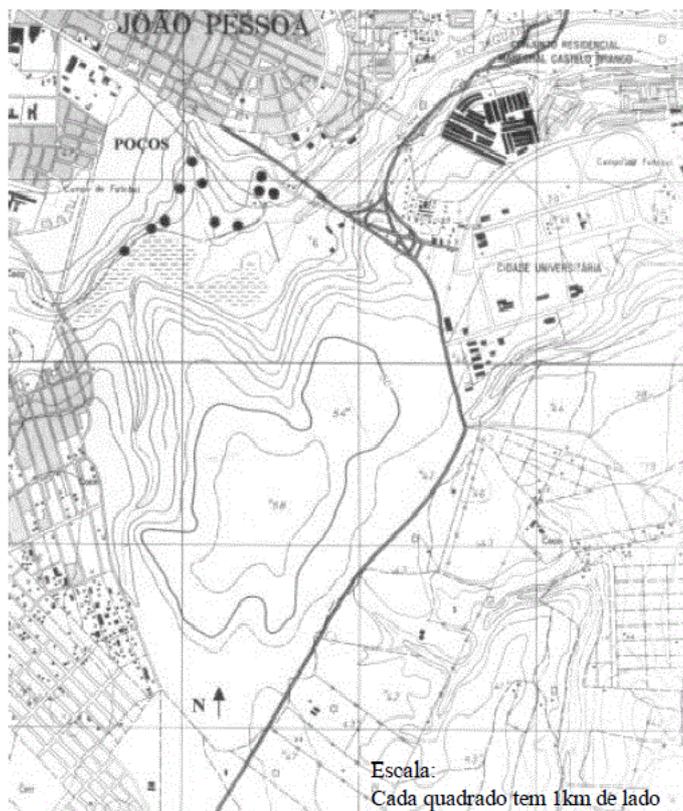
Em termos gerais, os rios que cruzam o perímetro urbano sofrem danos devido a ações antrópicas, impedindo sua utilização para abastecimento humano, sendo necessária a busca de mananciais distantes da região, com menor atividade urbanística.

5.2 O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA

5.2.1 HISTÓRICO

O início da construção do sistema de abastecimento do município de João Pessoa se deu em 1911, juntamente com a implantação da energia elétrica na capital (Nogueira, 2005). Através do projeto de Miguel Rapôso, o abastecimento seria proveniente de um lençol subterrâneo, abaixo do rio Jaguaribe. Através de poços mostrados na Figura 06, a água seria captada e direcionada a uma usina hidráulica e encaminhada por uma adutora a um reservatório no bairro das Trincheiras para então ser distribuída à população.

Figura 06 - Localização dos Poços em Planta (1974).

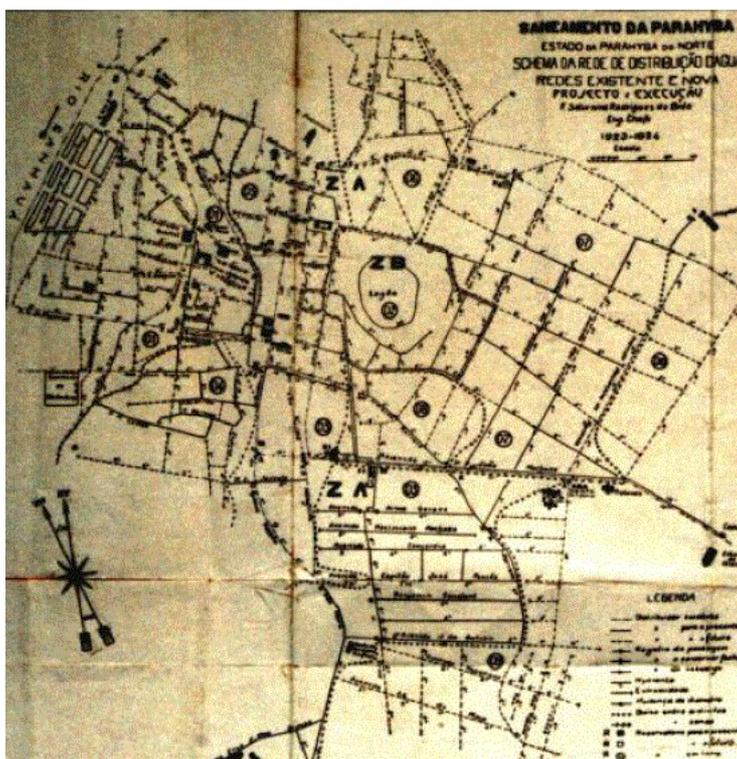


Fonte: Nogueira, 2005

Segundo Nogueira (2005), a tubulação da adutora da casa de máquinas ao reservatório, era em aço com 10 polegadas de diâmetro, mas abastecia unicamente um número limitado de prédios em áreas selecionada, como a Cidade Alta, avenida General Osório, Cidade Baixa e a Maciel Pinheiro, devido ao elevado custo da ligação da rede às edificações. Anterior a esse sistema primário, o abastecimento do município era por meio de fontes distribuídas ao longo do município. Assim, para distribuição de água por meio da tubulação implantada, o governo instalou chafarizes para facilitar o acesso à água.

A partir de 1922, a rede de distribuição iniciou sua expansão, bem como elevando o consumo de água encanada pela população, paralelo à implantação do sistema de esgotamento sanitário por Saturnino de Brito, duplicou o fornecimento de água com a implantação de seu projeto. Na Figura 07 observa-se o traçado da rede de distribuição de água.

Figura 07 - Planta da Rede de Distribuição Projetada por Saturnino de Brito.



Fonte: Nogueira, 2005.

Em 1929 deu-se início à substituição da tubulação, paralelo ao crescimento da rede além da perfuração de novos poços para suprir o aumento da demanda de água e em 1938, apenas 44% do município era abastecido pela rede.

5.2.2 COMPOSIÇÃO DA REDE DE ABASTECIMENTO

Atualmente, segundo o Plano Municipal de Saneamento (2015), o sistema de abastecimento de do Município de João Pessoa, que encontra-se em operação, é composto por:

- Seis Mananciais, sendo três barragens de acumulação (Barragem de Marés, Barragem Gramame/Mamuaba, Barragem de Cupissura – projetada), duas captações à fio d'água (uma no rio Mumbaba e outra no rio Abiaí), o aquífero Beberibe (43 poços tubulares profundos) e aluviões do rio Jaguaribe (poços rasos do manancial de Buraquinho).
- Duas estações de tratamento de água convencionais, ETA-Marés e ETA-Gramame.
- Três estações elevatórias de água bruta, sendo uma no rio Gramame, outra no rio Mumbaba e a terceira no manancial de Buraquinho, além das captações nos poços tubulares profundos, cujo tratamento é feito apenas com a desinfecção por hipoclorito de sódio no momento em que suas águas são misturadas às águas provenientes das duas ETA's.
- Quatro adutoras de água bruta.
- Doze estações elevatórias de água tratada.
- Três adutoras de água tratada.
- Vinte sub-adutoras de água tratada.
- Trinta e três reservatórios, sendo quatro apoiados, quinze elevados e quatorze centros de reservação (apoiados mais elevados), totalizando um volume armazenável de 93.050 m³. Considerando-se que entre os trinta centros de reservação, dois estão desativados, cinco by-pass, dois em obra e um projetado. Existem ligados à rede de distribuição do município de João Pessoa, 20 centros de reservação com um volume total de 89.550 m³.
- A rede de distribuição possui comprimento de 1.437,68 km, com diâmetros variando ente 50 e 600 mm.
- Há 233.844 ligações cadastradas de água.

O Sistema de Abastecimento de Água do município de João Pessoa trabalha de forma integrada aos sistemas dos municípios de Cabedelo, Bayeux e o distrito de Várzea Nova, em Santa Rita.

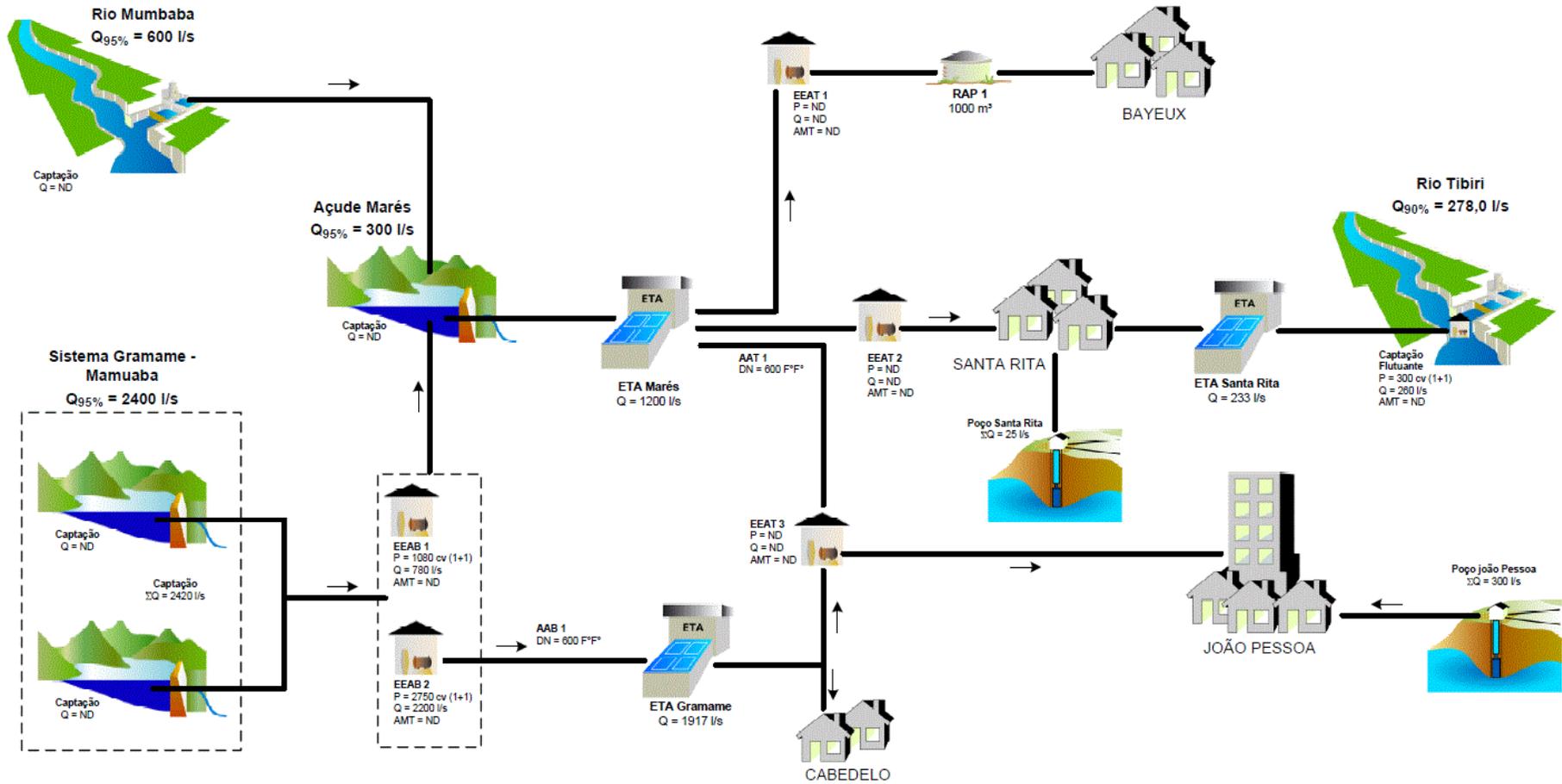
5.2.3 SISTEMAS INTEGRADOS

No sistema de abastecimento de João Pessoa, como pode ser verificado na Figura 08, são encontrados quatro sistemas que funcionam de forma integrada para abastecer os municípios de João Pessoa, Cabedelo, Conde, Bayeux e Santa Rita. Além disso, há o Sistema Abiaí/Papocas que encontra-se em fase de acabamento para atuar em conjunto com os demais. A Figura 09 mostra um digrama feito pela Agência Nacional das Águas - ANA (2010) indicando uma proposta do Sistema Abiaí/Papocas.

O Rio Mumbaba é responsável pela alimentação do açude Marés, que recebe também, em paralelo, água através de estações elevatórias do Sistema Gramame/Mamuaba. Este, encaminha suas reservas para a ETA Marés e então para os municípios de Bayeux, Santa Rita e João Pessoa.

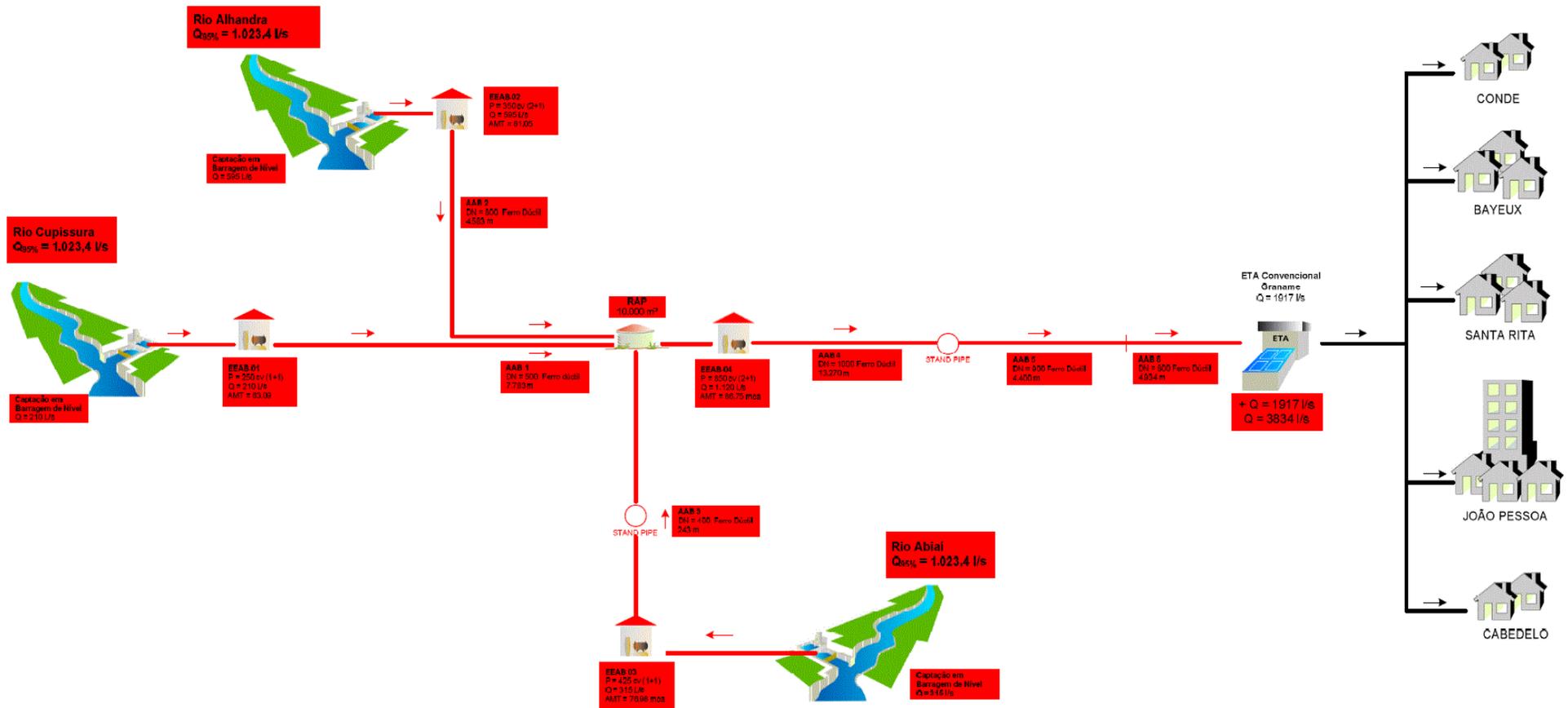
O Sistema Gramame /Mamuaba dirige suas águas diretamente para a ETA Gramame, que por sua vez, abastece os municípios de Cabedelo e de João Pessoa. O sistema de poços do município de João Pessoa abastece unicamente a capital e foi o primeiro sistema a ser construído. Os demais são ampliações para atender a demanda da população.

Figura 08 - Sistema Integrado de Abastecimento de Água do Município de João Pessoa/PB no Ano de 2010



Fonte: ANA, 2010.

Figura 09 - Sistema Abiaí/Papocas Proposto em 2010.

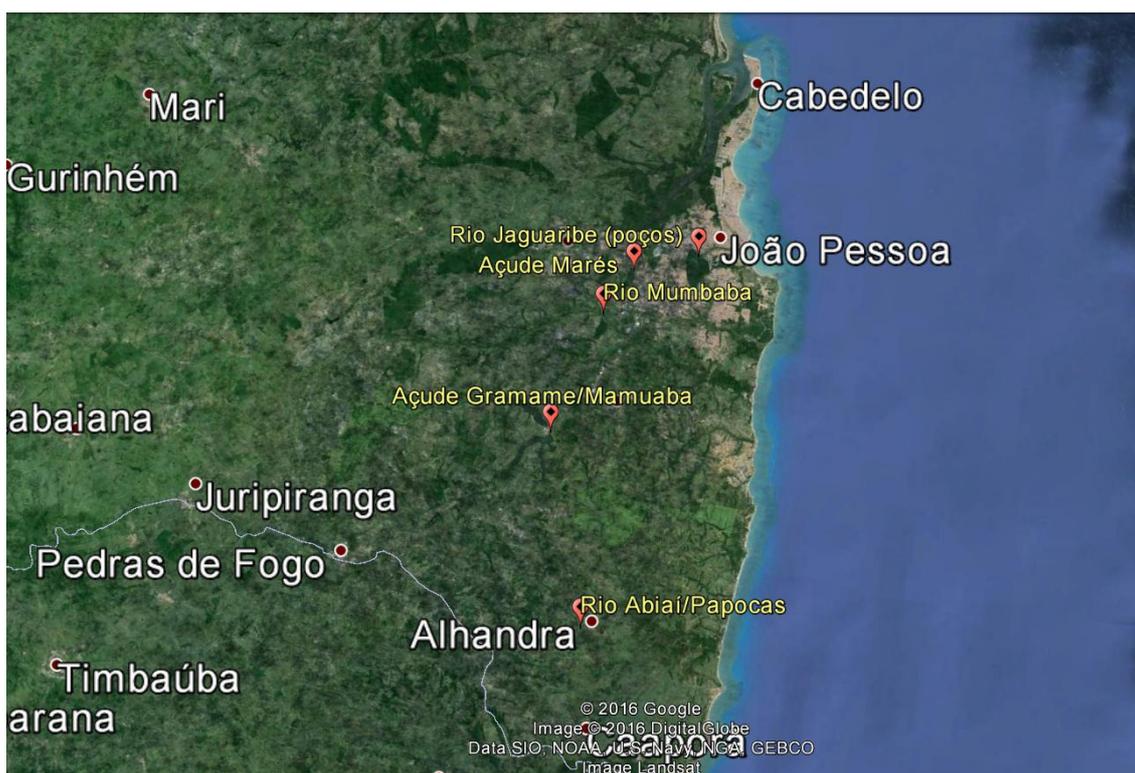


Fonte: ANA, 2010.

5.2.3.1 MANANCIAS

Os mananciais, fonte primária de água para distribuição, são encontrados sob diferentes formas no município de João Pessoa, como por exemplo, em forma de açude por barragem de acumulação, como o Açude Gramame/Mamuaba e o Açude de Marés, como também pode ser extraído de forma direta no próprio curso d'água, como o Rio Mumbaba, Rio Abiaí/Papocas e o Rio Jaguaribe. A Figura 10 mostra a localização dos mananciais responsáveis pelo abastecimento de João Pessoa/PB e, a Tabela 02 fornece suas coordenadas geográficas. Percebe-se que no decorrer dos anos, com a criação de expansões da rede de distribuição, os novos mananciais a serem utilizados, encontram-se cada vez mais longe do município supracitado, uma vez que cursos d'água com proximidade a um centro urbano estão cada vez mais escassos, além de sofrer diretamente com a poluição gerada pela população urbana.

Figura 10 - Localização dos Mananciais Responsáveis pelo Abastecimento de Água para o Município de João Pessoa/PB.



Fonte: Google Earth, 2016

Tabela 02 - Coordenadas Geográficas dos Mananciais Responsáveis pelo Abastecimento de Água do Município de João Pessoa/PB

Manancial	Coordenadas	
	<i>Latitude Sul</i>	<i>Longitude Oeste</i>
Açude Gramame/Mamuaba	07°17'18.86"	34°57'40.76"
Açude Marés	07°09'13.86"	34°54'39.43"
Rio Mumbaba	07°11'27.82"	34°55'52.15"
Rio Abiaí/Papocas	07°26'15.99"	34°55'11.17"
Rio Jaguaribe	07°08'09.22"	34°51'39.18"

Fonte: PMSB apud CAGEPA, 2015.

5.2.3.1.1 AÇUDE GRAMAME/MAMUABA

O Açude Gramame/Mamuaba possui uma capacidade de 56.937.000m³ e tem como vazão disponível, 2.420l/s, além de ocupar uma área de 256,4km² da bacia hidrográfica do rio Gramame (PMSB, 2015). Construído no ano de 1991, como uma expansão do sistema de abastecimento integrado da grande João Pessoa, é constituído pelos barramentos dos rios Gramame e Mamuaba, ambos perenes. A Figura 11 mostra o sangradouro do Açude Gramame/Mamuaba.

Figura 11 - Sangradouro Açude Gramame/Mamuaba.



Fonte: PMSB, 2015.

5.2.3.1.2 AÇUDE MARÉS

O Açude Marés possui uma capacidade de armazenamento de até 2.136.637 m³ e fornece uma vazão de 300l/s, além de ocupar cerca de 21,89km² da bacia hidrográfica resultante da transposição das bacias dos rios Gramame e Mamuaba (PMSB, 2015). Foi construído para trabalhar em paralelo ao Sistema de Poços do Buraquinho, em 1963, e é responsável por 30% do abastecimento da Grande João Pessoa.

Figura 12 - Açude Marés.



Fonte: Autora, 2015.

5.2.3.1.3 RIO MUMBABA

O Rio Mumbaba tem suas águas direcionadas por recalque ao Açude Marés, também como uma ampliação do sistema integrado desde 1984, através de uma vazão de até 600l/s, ocupa uma área de 163,4km² em sua bacia hidrográfica (PMSB, 2015).

Figura 13 - Rio Mumbaba.



Fonte: Autora, 2015.

5.2.3.1.4 SISTEMA BURAQUINHO

Primeiro sistema de captação de águas do município, é composto por 33 poços rasos do tipo amazonas com vazão disponível de até 116,7l/s (PMSB, 2015) e foi construído em 1938.

Figura 14 - Poço Raso do Tipo Amazonas.



Fonte: PMSB, 2015.

5.2.3.1.5 POÇOS TUBULARES PROFUNDOS

Na região da Grande João Pessoa, é possível encontrar um aquífero da bacia costeira semi-confinado entre duas formações rochosas – calcário e cristalino -, na qual fornece água em quantidades consideráveis para o abastecimento através da implantação de poços tubulares profundos. Assim, foi construída a estrutura de 42 poços profundos ao longo do município, caracterizando a presença do Aquífero Beberibe. Dos 42 poços, 19 encontram-se em operação, 6 paralisados e 8 desativados (PMSB apud CAGEPA, 2015), sendo considerados como uma reserva estratégica do sistema, para serem utilizados em situações de contingências.

5.2.3.2 CAPTAÇÃO, ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS E ADUTORAS DE ÁGUA BRUTA

As captações do Sistema Integrado de Abastecimento do Município de João Pessoa são feitas pelos mananciais de superfície citados anteriormente e referidos na Tabela 03, que indica os trechos de captação e os percorridos por adutoras de água bruta até a estação de tratamento de cada sistema.

Tabela 03 - Trechos da Adutora de Água Bruta de Cada Sistema.

Sistema	Adutora	Trecho	
		Origem	Destinação Final
Marés	AAB01	Captação Açude Marés	ETA Marés
Marés	AAB02	Captação - Rio Mumbaba	Açude Marés
Gramame/Mamuaba	AAB03	Captação Açude Gramame/Mamuaba	Açude Marés
Gramame/Mamuaba	AAB04	Captação Açude Gramame/Mamuaba	ETA Gramame
Abiaí/Papocas	AAB05	Açude Cupissura	Reservatório Apoiado
Abiaí/Papocas	AAB06	Rio Abiaí	Reservatório Apoiado
Abiaí/Papocas	AAB07	Reservatório Apoiado	Stand Pipe
Abiaí/Papocas	AAB08	Stand Pipe	Redução de Diâmetro
Abiaí/Papocas	AAB09	Redução de Diâmetro	ETA Gramame

Fonte: PMSB, 2015.

A captação feita no Açude Marés é através de uma Torre de Tomada, e transportada através da adutora de água bruta apenas por gravidade, uma vez que se encontra em uma cota mais elevada que a

estação de tratamento, que se encontra próxima à retenção de água. As Figuras 15 e 16 mostram a torre de tomada do Açude Marés e as instalações da ETA Marés, respectivamente.

Figura 15 - Torre de Tomada - Açude Marés.



Fonte: PMSB, 2015.

Figura 16 - Instalações ETA Marés.



Fonte: Autora, 2015

Em relação ao Sistema Gramame/Mamuaba, a captação também é realizada por meio de uma torre de tomada em uma barragem de nível e a água encaminhada para a estação elevatória que opera com dois sistemas elevatórios. O primeiro, responsável pela transposição de bacia para o Sistema Marés e, o segundo, pelo direcionamento para a ETA do sistema, como mostram as Figuras 17, 18 e 19.

Figura 17 - Açude Gramame/Mamuaba.



Fonte: Autora, 2015.

Figura 18 - Captação e Elevatória Gramame/Mamuaba.



Fonte: PMSB, 2015

Figura 19 - Estação Elevatória Gramame/Mamuaba.



Fonte: PMSB, 2015.

Da mesma forma, o Rio Mumbaba possui uma captação responsável pela transposição até o Rio Marés. A Figura 20 mostra a captação no Rio Abiaí, também parte do sistema, mas ainda em processo de finalização.

Figura 20 - Captação do Sistema Abiaí/Papocas.



Fonte: Autora, 2015.

No Sistema Abiaí/Papocas há um reservatório apoiado com capacidade total de 10.000 m³ que é abastecido por meio de duas adutoras a água de captação dos rios Abiaí e Cupissura. Origina-se do mesmo, uma adutora em direção a um Stand Pipe, e o mesmo direciona para a ETA Gramame, o qual se encontra em fase de ampliação para suportar a demanda de água requerida da população. A Figura 21 mostra o reservatório apoiado (RAP) do Sistema Abiaí/Papocas e a Figura 22 mostra a estação elevatória.

Figura 21 - RAP Sistema Abiaí/Papocas.



Fonte: Autora, 2015

Figura 22 - Estação Elevatória Sistema Abiaí/Papocas.



Fonte: Autora, 2015.

No total, o sistema integrado de abastecimento da grande João Pessoa possui 6 estações elevatórias mostrados na Tabela 04.

Tabela 04 - Estações Elevatórias do Sistema Integrado de Abastecimento de Água da Grande de João Pessoa

<i>Nome</i>	Vazão Total (L/s)	Nº Conjuntos	Rotação (rpm)
<i>EEAB Mumbaba</i>	450	2 x 450 cv	1.750
<i>EEAB Gramame-Marés</i>	700	2 x 1.080 cv	1.750
<i>EEAB Gramame-ETA</i>	2.200	2 x 2.750 cv	1.750
<i>EEAB Buraquinho</i>	116,7	2 x 250 cv	1.750
<i>EEAB Abiaí – Reservatório apoiado</i>	595	2 x 650 cv	1.750
<i>EEAB Reservatório apoiado – ETA Gramame</i>	800	2 x 850 cv	1.750

Fonte: PMSB, 2015

5.2.3.3 ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

As unidades de tratamento do sistema integrado de abastecimento da grande João Pessoa são consideradas de tratamento convencional com adição de sulfato de alumínio, cal e cloro. A Tabela 05 mostra as instalações de cada uma das unidades, bem como sua capacidade de retenção.

Tabela 05 - Estações de Tratamento de Água.

<i>ETA</i>	Vazão (L/s)	Dimensões das Unidades			
		Floculador	Decantador	Filtros	Contato
<i>ETA 1 (Marés)</i>	Nominal: 1200 Tratado: 1000	Mecanizado; Volume total de 1.508 m ³	Três unidades; Área total de 741m ²	Oito unidades; Área total de 552 m ²	Volume total de 600 m ³
<i>ETA 2 * (Gramame) *está em fase de testes outro módulo semelhante que duplicará a vazão tratada.</i>	Nominal: 1.917 Tratado: 1.917	Mecanizado; Volume total de 3.456 m ³	Quatro unidades; Área total de 1.108 m ²	Oito unidades área total de 553 m ²	Volume total de 40.000 m ³ Está em fase de obras a construção de outro RAP de mesmas dimensões

Fonte: PMSB, 2015

Ambas as estações necessitam de melhorias, mas operam de forma padronizada por meio da chegada de água pela adutora de água bruta e direcionada primeiramente ao dispositivo de controle e medição de vazão, Calha Parshall, onde é adicionado o sulfato de alumínio para futura floculação. Há a mistura rápida, por meio deste processo inicial citado e, em seguida, a mistura lenta. Após a floculação, a água é encaminhada para decantadores e, em seguida para os filtros, etapa final antes de ser bombeada para cloração e, em seguida, para armazenamento por meio da estação elevatória de água tratada.

A ETA Marés possui instalações mais antigas que a ETA Gramame por fazer parte do sistema inicial de tratamento do município, mas não é considerada obsoleta.

A ETA Gramame inicialmente foi projetada com horizonte de projeto até 2005, mas foi ampliada, alterando sua eficácia até o ano de 2025. As unidades componentes da estação de tratamento estão caracterizadas na Tabela 06.

Tabela 06 - Unidades Componentes da Estação de Tratamento.

Componente	Dimensões	Observações
Caixa de chegada	6,29m comprimento x 4,25m largura x 4,50m altura	Atende a vazão dos dois módulos da ETA
Vertedor retangular	2,00m largura x 2,70m altura	Um vertedor está em operação, enquanto o segundo está em aguardo para a liberação do 2º módulo da ETA
Canal de água dosada	8,20m comprimento X 2,00m largura x 4,40m profundidade	Antigo canal para a dispersão do sulfato de alumínio, foi substituído pela Calha Parshall
Tubulação de água dosada	1.200mm diâmetro e 10m de comprimento	Interliga o canal de água dosada ao canal de água coagulada que distribui a água aos Floculadores
Canal de água coagulada	56,00m comprimento X 2,00m largura X 1,75m profundidade (início) 1,25m (final)	
Floculadores	4 câmaras 7,50m comprimento X 7,50m largura X 4,50m profundidade	
Decantadores	18,60m comprimento X 14,90m largura X 4,03m altura útil	
Canal de água decantada		Tem dois trechos distintos e apresenta uma configuração no formato de T, onde um trecho está localizado na parte frontal dos decantadores e o outro, perpendicular ao primeiro trecho, distribui a água decantada aos filtros
Filtros rápidos de gravidade	8 unidades com duas câmaras de filtração cada 11,52m comprimento X 3,00m largura X 4,50m profundidade	
Galeria de comando	2 pavimentos	Mesas de comando dos filtros localizadas no pavimento superior e no subsolo, as tubulações e vertedouros dos filtros
Casa de química	1 pavimento térreo 12,00m comprimento X 30,00m largura	Tanques de preparação da cal, bem como retenção de seu estoque. Há a preparação também dos dosadores de sulfato de alumínio.
Tanques de sulfato de alumínio	4 tanques de fibra de vidro de 25m³	

Fonte: PMSB, 2015.

Dos componentes citados, alguns operam de forma irregular ou estão desativados devido a falhas nas estruturas. A Tabela 07 mostra as falhas encontradas e possíveis soluções para cada um dos problemas listados no Módulo 01 da ETA de Gramame.

Tabela 07 - Irregularidades da ETA Informadas pelo Setor Operacional da Unidade de Tratamento.

Unidade do sistema	Irregularidade
Mistura Rápida do Coagulante	A adição do coagulante (sulfato de alumínio) é feita na tubulação que interliga os canais de água dosada e o de água coagulada para distribuição nos floculadores, ao invés de ser adicionado na calha de dosagem a jusante do vertedor.
Floculadores	Cada floculador possui quatro câmaras que operam de forma sincronizada. Apenas um de quatro conjuntos de floculadores estava com os misturadores operando.
Decantadores	A entrada de água nos decantadores em furos de 500mm de diâmetro faz com que sob gradientes de velocidade elevados quebrem os flocos formados na etapa anterior do tratamento. Na saída, os tubos do decantador que trabalham afogados, possibilitam o arraste do lodo na unidade.
Filtros	Vazamentos considerados significativos nas oito câmaras de filtração. As mangueiras que permitem a entrada de ar comprimido estão desgastadas e resultam em uma queda de pressão, comprometendo o movimento das comportas.
Sistema de Correção Final de pH	A aplicação de cal hidratada para a correção final do pH encontra-se desregulada, elevando a turbidez da água tratada.

Fonte: PMSB, 2015

Em uma atividade realizada em um curso ministrado pelo Professor Luiz Di Bernardo da Universidade de São Carlos-SP pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES), foram propostas recomendações e possíveis soluções para as irregularidades encontradas na ETA Gramame, em que o próprio setor operacional da unidade de tratamento buscou formas de melhorar o desempenho da ETA, aumentando a qualidade da água tratada.

A maior parte das soluções encontradas são de manutenção do componente da unidade de tratamento. A elaboração de planos para evitar o desperdício de água, além da energia elétrica são de extrema importância e essenciais para o aumento do desempenho da unidade de tratamento, bem como adequar devidamente a qualidade da água à Portaria n° 2914/2011 do Ministério da Saúde.

O Módulo 02, cujas instalações são recentes, opera de forma regular, evitando possíveis desperdícios.

5.2.3.4 ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ÁGUA TRATADA

Após tratamento, a água tratada é direcionada aos tanques de cloro de cada ETA e então encaminhadas ao sistema de distribuição. A Tabela 08 indica as Estações Elevatórias distribuídas pelo município, bem como suas áreas de atuação.

Tabela 08 - Estações Elevatórias de Água tratada do Sistema Integrado de Abastecimento da Grande João Pessoa.

ELEVATÓRIA	Nº DE CONJUNTOS	VAZÃO (L/s)	POTÊNCIA CV	ÁREAS ATENDIDAS
<i>EE - Marés</i>	3 2	335 300	750 500	Centro - Jaguaribe - Tambiá - Cordão Encarnado - Roger - Varadouro - Cidade Padre Zé - Alto do Céu - Ilha do Bispo - Cruz das Armas - Bairro dos Novais - Conjunto - dos Funcionários I - Oitizeiro - Jardim Planalto - Bairro dos Estados - Tambauzinho - 13 de Maio - Mandacaru - João Agripino - Bairro dos Ipês - Boa Vista Pedro Gondim - Jardim Luna
<i>EE - R1</i>	2 2	120 140	60 75	Centro - Jaguaribe - Tambiá - Cordão Encarnado - Roger - Varadouro - Cidade Padre Zé - Alto do Céu
<i>EE - R5</i>	2 1	70 170	40 100	Cruz das Armas - B. dos Novais - Conj. dos Funcionários - Oitizeiro - Jardim Planalto
<i>EE - R6</i>	3 1	165 204	75 125	B. dos Estados - Torre - Expedicionários - Tambauzinho - 13 de Maio - Mandacaru - J. Agripino - Bairro dos Ipês - Boa Vista - Pedro Gondim - Jardim Luna
<i>EE - R7</i>	4	38	40	Mangabeira
<i>EE - R9</i>	2	125	100	Tambaú - Manaíra - Cabo Branco - Bessa Renascer II e III - São José
<i>EE - R11</i>	2 1	82 69	60 40	Cristo - Rangel - Jardim Itabaiana - Homero Leal - Jardim Samaritano - Boa Esperança - Vale das Palmeiras
<i>EE - R12</i>	2	125	60	Distrito Industrial - Costa e Silva - Jardim Veneza - Vieira Diniz - Bairro das Industria
<i>EE - R21</i>	1	125	40	Funcionários II, III e IV - Esplanada I e II - Jardim Sepol - Ernani Sátiro - Costa e Silva - Geisel
<i>EE - R29</i>	2 1	45 65	40 50	Valentina de Figueiredo - Monsenhor Magno - Paratibe

Fonte: PMSB apud CAGEPA, 2015.

5.2.3.5 ADUTORAS E SUB-ADUTORAS DE ÁGUA TRATADA

As Tabelas 09 e 10 descrevem as adutoras e sub-adutoras de água tratada existentes na grande João Pessoa, responsáveis pela macro distribuição de água e suas interligações com as unidades do sistema de abastecimento.

Tabela 09 - Adutoras de Água Tratada.

Interligação	Adutora	Extensão (m)	DN/Material
<i>ETA Marés – R1</i>	AAT-1	5.960,	500/FoFo
<i>ETA Marés – R6</i>	AAT-2	5.300,	600/FoFo
<i>R0 Gramame – estaca 407 Estaca 407 – Estaca 561 Estaca 561 – Estaca 880</i>	AAT-3	8.497, 3.088, 6.580,	1.400/Aço 1.200/FoFo 1.000/FoFo
<i>EEAT3-R4</i>	AAT3-R4		250/FoFo
<i>EEAT3-R5</i>	AAT3-R5		200/FoFo
<i>EEAT3-R6</i>	AAT3-R6		200/FoFo
<i>EEAT4-R7</i>	AAT4-R7		100/FoFo

Fonte: PMSB apud CAGEPA, 2015.

Tabela 10 - Sub-Adutoras de Água Tratada.

Interligação	Sub-adutora	Extensão (m)	DN/Material
<i>AAT 1 – R1</i>	SAT-1	340,	250/FoFo
<i>AAT 2 – R5</i>	SAT-2	90,	350/FoFo
<i>AAT 3 – R11</i>	SAT-3	1.800,	400/FoFo
<i>AAT 3 – R22</i>	SAT-4	300,	500/FoFo
<i>AAT 3 – R7</i>	SAT-5	2.793,	450/FoFo
<i>AAT 3 – R29</i>	SAT-6	4.300,	300/FoFo
<i>AAT 3 – R14</i>	SAT-7	1.305,	400/FoFo
<i>AAT 3 – R13</i>	SAT-8	720,	400/FoFo
<i>AAT 3 – R8</i>	SAT-9	240,	300/FoFo
<i>AAT 3 – R9</i>	SAT-10	372,	200/FoFo
<i>AAT 4 – R12</i>	SAT-11	813,	1.000/FoFo
<i>AAT 4 – R4</i>	SAT-12	1.192,	250/FoFo
<i>AAT 4 – R27</i>	SAT-13	223,	100/FoFo
<i>AAT 1 – R1</i>	SAT-14	341,	150/FoFo
<i>R9 – R6</i>	SAT-15	2.400,	200/FoFo

Fonte: PMSB apud CAGEPA, 2015.

5.2.3.6 RESERVATÓRIOS

O município de João Pessoa possui 33 reservatórios distribuídos por uma numeração sequencial por cronologia temporal de construção. A Tabela 11 identifica a localização de cada um, bem como sua situação operacional e a Figura 23 mostra sua distribuição pelo município.

Tabela 11 - Localização dos Reservatórios.

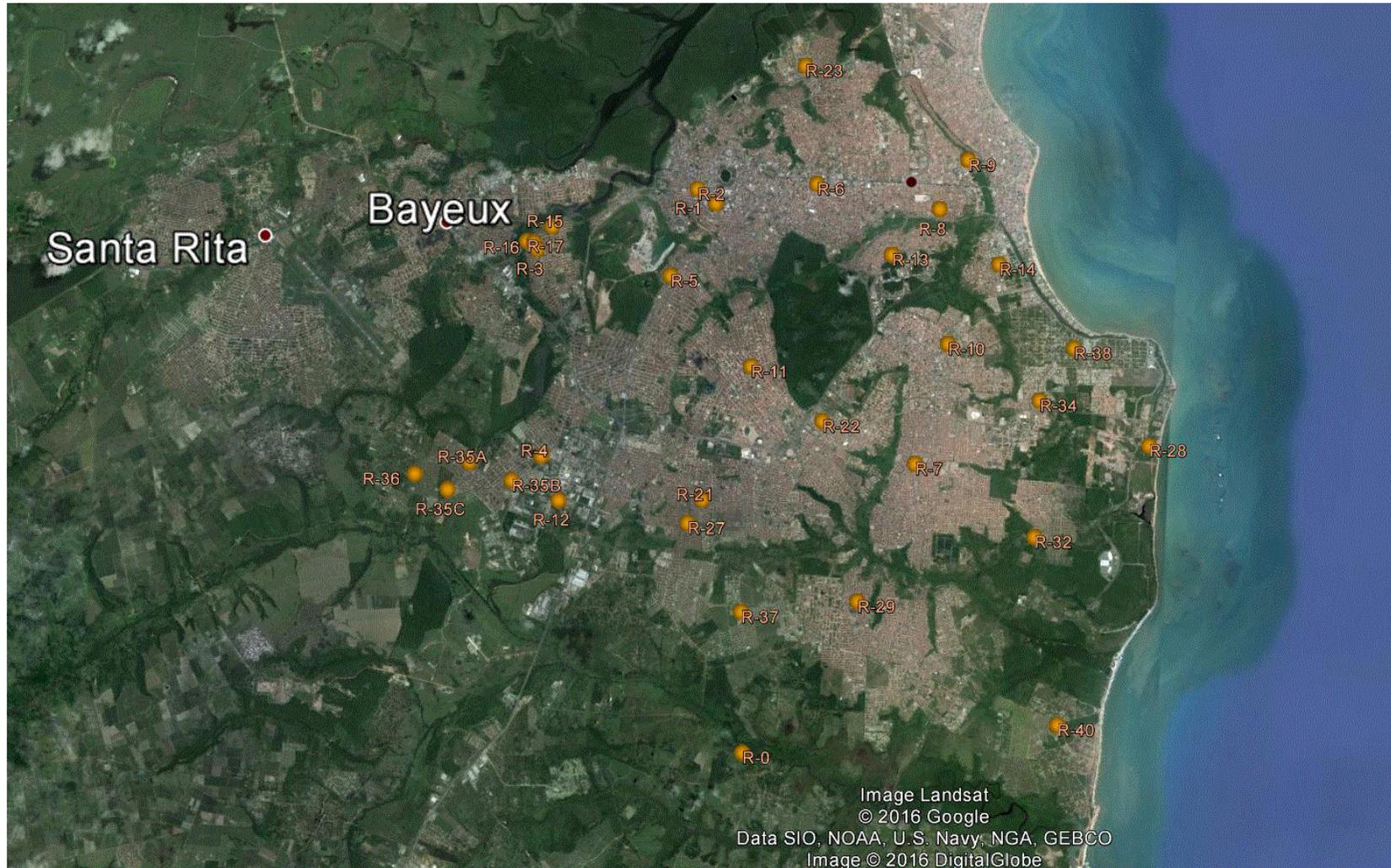
Reservatórios		Localização			Situação operacional
Ordem	Denom.	Endereço	Latitude sul	Longitude oeste	
1	R-0	Rodovia BR-101, km , Conde-PB	07°13'36.0"	34°55'15.0"	Operando
2	R-1	R. Diogo Velho, s/n – Centro	07°07'31.3"	34°52'53.6"	Operando
3	R-2	R. Rodrigues Chaves, s/n – Centro	07°07'22.5"	34°53'6.6"	Operando
4	R-3	R. Cantor Raul Seixas, s/n – Alto do Mateus	07°08'8.5"	34°54'53.2"	Operando
5	R-4	R. José Vieira Diniz, s/n – Distrito Industrial	07°10'26.7"	34°54'41.8"	Desativado
6	R-5	R. Porfírio Costa, s/n – Cruz das Armas	07°08'21.5"	34°53'21.6"	Operando
7	R-6	R. Júlia Freire, s/n – Torre	07°07'14.7"	34°51'45.7"	Operando
8	R-7	R. Amaury M. Pereira, s/n – Mangabeira	07°10'18.6"	34°50'29.1"	Operando
9	R-8	R. José C. de Oliveira, s/n – Miramar	07°07'27.1"	34°50'21.6"	Operando
10	R-9	Av. Sen. Rui Carneiro, s/n – Tambaú	07°06'53.0"	34°50'3.9"	Operando
11	R-10	R. Esmeraldo Gomes Vieira, s/n – Bancários	07°08'57.0"	34°50'11.1"	Desativado
12	R-11	R. Arnaldo Costa, s/n – Cristo Redentor	07°09'19.1"	34°52'23.6"	Operando
13	R-12	Av. Parque, s/n – Distrito Industrial	07°10'33.5"	34°54'28.6"	Operando
14	R-13	R. Ver. João Freire, s/n – Castelo Branco	07°07'59.5"	34°50'52.3"	Operando
15	R-14	R. Francisco Leite Piancó, s/n – Altiplano	07°08'2.1"	34°49'39.2"	Operando
16	R-15	R. Assis Valente, s/n – Alto do Mateus	07°07'52.6"	34°54'44.0"	Operando
17	R-16	R. José Clementino, s/n – Alto do Mateus	07°08'4.0"	34°54'55.6"	Desativado
18	R-17	R. Dolores Duran, s/n – Alto do Mateus	07°08'3.3"	34°55'0.6"	Operando
19	R-21	R. João Santa Cruz, s/n – Funcionários II	07°10'50.1"	34°52'51.6"	Operando
20	R-22	R. Estevão G. da Cunha, s/n – José Américo	07°09'53.0"	34°51'33.3"	Desativado
21	R-23	R. João Brito Lima Moura, s/n – Alto do Céu	07°05'55.5"	34°51'58.0"	Desativado
22	R-27	R. Nossa Sra. da Paz, s/n – Grotão	07°11'6.1"	34°53'0.4"	Desativado
23	R-28	R. Pref. Oswaldo Pessoa, s/n – Praia da Penha	07°09'58.1"	34°47'51.5"	Operando
24	R-29	R. Motociclista Severino dos Santos, s/n – Valentina de Figueiredo	07°11'52.0"	34°51'3.0"	Operando
25	R-32	R. do Argelim, s/n - Costa do Sol	07°11'3.0"	34°49'6.0"	Desativado

Continuação Tabela 11 – Localização dos Reservatórios.

Reservatórios		Localização			Situação operacional
Ordem	Denom.	Endereço	Latitude sul	Longitude oeste	
26	R-34	Av. Gov. Anto da Silva Mariz, s/n-Quadramares	07°09'31.5"	34°49'7.1"	Operando
27	R-35.A	Av. Cidade Campo de Santana, s/n – Lot. Cidade Verde I	07°10'33.3"	34°55'30.2"	Operando
28	R-35B	Rua Perú, s/n, Lot. Cidade Verde II	07°10'44.0"	34°55'1.0"	Operando
29	R-35C	R. Projetada, s/n – Lot. Cidade Verde III	07°10'52.3"	34°55'43.9"	Em obra
30	R-36	R. Peru, s/n - Lot. Cidade Verde II	07°10'43.0"	34°56'6.6"	Em obra
31	R-37	R. Antônio Arnaud de Melo - Colinas do Sul	07°12'3.0"	34°52'21.0"	Operando
32	R-38	R. Múcio Leal Vanderlei, s/n – Portal do Sol	07°08'55.4"	34°48'45.6"	Em obra
33	R-40	Praia do Sol – Gramame	07°13'6.5"	34°48'44.1"	Projetado

Fonte: PMSB apud CAGEPA, 2015.

Figura 23 - Distribuição dos Reservatórios.



Fonte: Google Earth, 2016.

Atualmente, a capacidade de reservação do município de João Pessoa é de 95.150m³ (PMSB, 2015), mas subtraindo-se 10.500 m³ equivalentes aos reservatórios desativados ou projetados, restam 84.650m³ para as demais zonas, porém 40.000m³ encontra-se concentrado no R-0, que funciona como sistema de reforço para o Sistema Marés, além de abastecer uma parte do município de Cabedelo.

Considerando a população estimada para o ano de 2014, o consumo per capita médio da população atendida e o coeficiente do dia de maior consumo, o volume dos reservatórios em operação são superiores ao volume requerido pela população, mas ao subtrair-se o volume de 40.000m³ do reservatório R-0, restam apenas 44.650m³, volume não suficiente para abastecimento do município, tornando o R-0 essencial para o abastecimento do município.

Através da Tabela 12, foram consideradas as áreas atendidas pelos reservatórios segundo suas localizações. Analisando os dados populacionais referentes as mesmas e estimando sua população para os anos de 2017, 2027 e 2037 (Tabela 12) através de uma projeção linear, obteve-se o volume necessário para atender a população em cada região e a estimativa para os demais anos por meio da Tabela 13 (PMSB, 2015).

Tabela 12 - Área de Influência dos Reservatórios.

Reservatórios		Volume Armazenável, m ³			Áreas de atendimento
Ordem	Deno m.	Apoiado	Elevado	Total	
1	R-0	40.000	-	40.000	70% do município de João pessoa
2	R-1	5.000	2.000	7.000	Centro, Jaguaribe, Tambiá, Cordão Encarnado, Roger, Varadouro, Padre Zé (mais as áreas do R-23 atualmente)
3	R-2	2.000	-	2.000	Centro (Cidade Baixa), Ilha do Bispo, Varadouro, Roger, Baixo Roger e Cordão Encarnado
4	R-3	-	600	600	Ivan Bichara, Conj. Luiz Fernades (IPEP), Conj. Juracy Palhano, Conj. dos Motoristas e parte do Alto do Mateus
5	R-4	-	100	100	Vieira Diniz (atualmente abastecido pelo R-12)
6	R-5	3.000	600	3.600	Cruz das Armas, Bairro dos Novaes, Func.I, Oitizeiro e Jardim Planalto
7	R-6	8.000	1.100	9.100	Bairro dos Estados, Torre, Expedicionários, Tambauzinho, Jd Treze de Maio, Mandacará, João Agripino, Ipês, Boa Vista, Pedro Gondim, Jardim Luna e parte de Jaguaribe
8	R-7	4.000	700	4.700	Mangabeira, parte do Cidade Verde e Jardim Cidade Universitária
9	R-8	-	500	500	Miramar e parte de Tambauzinho
10	R-9	2.000	600	2.600	Tambaú, Manaíra, Bessa, Renascer II e III e São José
11	R-10	-	700	700	Conj dos Bancários, Anatólia, Jardim São Paulo e Timbó

Fonte: PMSB apud CAGEPA, 2015.

Continuação Tabela 12 – Área de Influência dos Reservatórios.

<i>Reservatórios</i>		Volume Armazenável, m³			Áreas de atendimento
<i>Ordem</i>	Denom.	Apoiado	Elevado	Total	
12	R-11	2.000	600	2.600	Cristo, Rangel, Jd Itabaiana, Homero Leal, Jardim Samaritano, Vale das Palmeiras
13	R-12	1.000	500	1.500	Distrito Industrial, Costa e Silva, Jd Veneza, Vieira Diniz e Bairro das Indústrias
14	R-13	-	250	250	Castelo Branco e Cidade Universitária (UFPB)
15	R-14	600	200	800	Altiplano Cabo Branco, Cabo Branco e Cidade Recreio (provisoriamente)
16	R-15	50	-	50	Alto do Mateus Zona Baixa
17	R-16	-	100	100	Alto do Mateus Zona Alta (atualmente abastecido pelo R-3)
18	R-17	2.000	-	2.000	Bayeux Zona Baixa (recalca para o R-3)
19	R-21	2.000	700	2.700	Func II, III e IV, Explanada I e II, Jd Sepol, Ernane Sátiro, Costa e Silva, Parte do Geisel, Grotão e Adjacências
20	R-22	2.000	700	2.700	José Americo, Cidade dos Colibris, Água Fria e Parte do Geisel
21	R-23	-	100	100	Alto do Céu, Porto do Tota, Vem-Vem, Salinas Ribamar (Interligado atualmente à rede do R-1)
22	R-27	-	200	200	Grotão (Poço injetando na rede - interligada à rede do R-21)
23	R-28	-	50	50	Praia da Penha e Praia do Seixas
24	R-29	1.500	500	2.000	Valentina, Muçumago, Paratibe e adjacências
25	R-32	2.800	200	3.000	Polo Turístico, Benjamim Maranhão, Cidade Verde, Jacarapé
26	R-34	-	50	50	Quadramares (receberá reforço do R-38)
27	R-35 ^a	-	50	50	Cidade Verde I
28	R-35B	-	50	50	Cidade Verde II
29	R-35C	-	50	50	Cidade Verde III
30	R-36	-	350	350	Cidade Verde I, II, III, Cidade Jardim, Jardins e adjacências
31	R-37	2.000	600	2.600	Colinas do Sul e demais loteamentos adjacentes.
32	R-38	-	350	350	Portal do Sol, Cidade Recreio, Quadrameres
33	R-40	2.000	700	2.700	RF do Plano Diretor - Praia do Sol e Barra de Gramame
	TOTAL	81.950	13.200	95.150	

Fonte: PMSB apud CAGEPA, 2015.

Tabela 13 - População Estimada das Áreas de Influência dos Reservatórios.

Reservatório	População, hab		Taxa de crescimento aritmética, hab/ano	Área abastecida (ha)	População estimada, hab		
	Censo 2000	Censo 2010			2017	2027	2037
R1	47.811	46.311	-150	874,3	45.261	52.458	61.201
R2	8.993	10.492	150	454,3	11.541	13.040	14.539
R3-R15	9.980	9.903	-8	214,5	9.849	9.772	9.695
R4-R12	13.624	15.890	227	998,7	17.476	19.742	22.008
R5	54.852	53.571	-128	603,5	53.571	53.571	53.571
R6	71.953	72.034	8	1.084,8	72.091	72.172	72.253
R7	67.024	77.887	1086	1.143,0	85.491	96.354	107.217
R8	6.343	8.131	179	138,3	9.383	11.171	12.959
R9	56.112	88.870	3276	1.451,8	111.801	144.559	177.317
R10	19.175	27.103	793	462,3	32.653	40.581	48.509
R11	55.264	54.537	-73	664,0	54.537	54.537	54.537
R13	11.208	10.989	-22	290,8	10.836	10.617	10.398
R14	9.590	12.904	331	386,7	15.224	18.538	21.852
R17	8.971	8.966	-1	100,0	8.963	8.958	8.953
R21-R27	61.836	69.113	728	960,3	74.207	81.484	88.761
R22	16.334	30.377	1404	640,2	40.207	54.250	68.293
R23	16.302	18.900	260	216,7	20.719	23.317	25.915
R28	1.156	1.246	9	187,5	1.309	11.249	13.124
R29	35.235	49.932	1470	1.669,9	60.220	74.917	89.614
R32	8.433	24.555	1612	1.431,5	35.840	51.962	68.084
R36-R35A,B,C	7.755	15.726	797	770,0	21.306	29.277	37.248
R37	9.606	23.591	1399	1.690,3	33.381	47.366	61.351
R38	1.510	1.534	2	340,3	1.551	23.824	47.647
R40	357	353	0	998,9	350	14.983	19.977
TOTAL	599.424	732.915	556	17.772,8	827.764,	1.018.697	1.195.021

Fonte: PMSB apud CAGEPA, 2015.

Tabela 14 - Análise do Volume Requerido pelas Áreas de Influência dos Reservatórios.

Reservatório	Capacidade (m³)	Volume necessário, m³				Análise (%)			
		2010	2017	2027	2037	2010	2017	2027	2037
R1	7.000	3.334	3.259	3.777	4.407	52,4	53,4	46,0	37,0
R2	2.000	755	831	939	1.047	62,2	58,5	53,1	47,7
R3-R15	650	713	709	704	698	-9,7	-9,1	-8,2	-7,4
R4-R12	1.600	1.144	1.258	1.421	1.585	28,5	21,4	11,2	1,0
R5	3.600	3.857	3.857	3.857	3.857	-7,1	-7,1	-7,1	-7,1
R6	11.657	5.186	5.191	5.196	5.202	55,5	55,5	55,4	55,4
R7	4.700	5.608	6.155	6.937	7.720	-19,3	-31,0	-47,6	-64,2
R8	500	585	676	804	933	-17,1	-35,1	-60,9	-86,6
R9	2.600	6.399	8.050	10.408	12.767	-146,1	-209,6	-300,3	-391,0
R10	700	1.951	2.351	2.922	3.493	-178,8	-235,9	-317,4	-398,9
R11	2.600	3.927	3.927	3.927	3.927	-51,0	-51,0	-51,0	-51,0
R13	250	791	780	764	749	-216,5	-212,1	-205,8	-199,5
R14	800	929	1.096	1.335	1.573	-16,1	-37,0	-66,8	-96,7
R17	2.000	646	645	645	645	67,7	67,7	67,8	67,8
R21-R27	2.900	4.976	5.343	5.867	6.391	-71,6	-84,2	-102,3	-120,4
R22	2.700	2.187	2.895	3.906	4.917	19,0	-7,2	-44,7	-82,1
R23	100	1.361	1.492	1.679	1.866	-1260,8	-1391,7	-1578,8	-1765,9
R28	50	90	94	810	945	-79,4	-88,5	-1519,9	-1789,9
R29	2.000	3.595	4.336	5.394	6.452	-79,8	-116,8	-169,7	-222,6

Continuação Tabela 14 – Análise do Volume Requerido pelas Áreas de Influência dos Reservatórios.

<i>Reservatório</i>	Capacidade (m³)	Volume necessário, m³				Análise (%)			
		2010	2017	2027	2037	2010	2017	2027	2037
<i>R32</i>	3.000	1.768	2.581	3.741	4.902	41,1	14,0	-24,7	-63,4
<i>R36- R35A,B,C</i>	500	1.132	1.534	2.108	2.682	-126,5	-206,8	-321,6	-436,4
<i>R37</i>	2.600	1.699	2.403	3.410	4.417	34,7	7,6	-31,2	-69,9
<i>R38</i>	350	110	112	1.715	3.431	68,4	68,1	-390,1	-880,2
<i>R40</i>	2.700	25	25	1.079	1.438	99,1	99,1	60,0	46,7
TOTAL	57.557	52.770	59.599	73.346	86.042	8,3	-3,5	-27,4	-49,5

Fonte: PMSB apud CAGEPA, 2015.

Pode-se verificar que em uma projeção de aproximadamente 20 anos, os reservatórios existentes não atenderão à demanda populacional do município.

Além da futura falta de reservação de água, os reservatórios existentes requerem recuperação quanto as suas estruturas, visto que alguns estão ativos desde o primeiro sistema de abastecimento do município. A seguir, as Figuras 24, 25, 26 e 27 mostram irregularidades presentes nas estruturas de reservação.

Figura 24 - Reservatório R-5.



Fonte: Autora, 2015.

Figura 25- Reservatório R-5 com Ferragens à Mostra



Fonte: Autora, 2015

Figura 26 - Reservatório R-6.



Fonte: Autora, 2015.

Figura 27 - Reservatório R-6 com Ferragem Aparente.

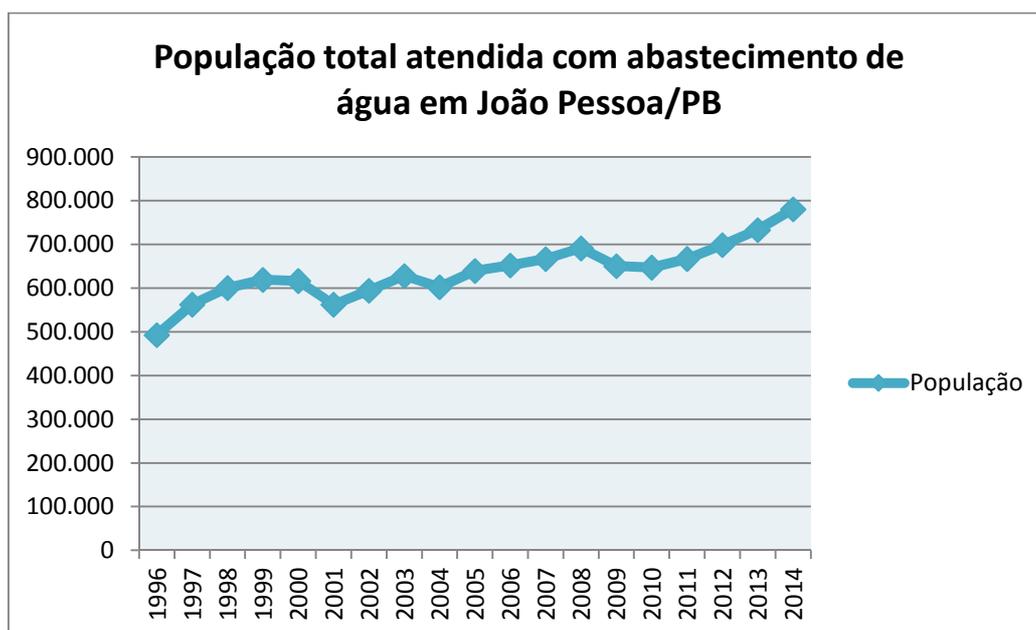


Fonte: Autora, 2015.

5.2.4 PANORAMA ATUAL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO

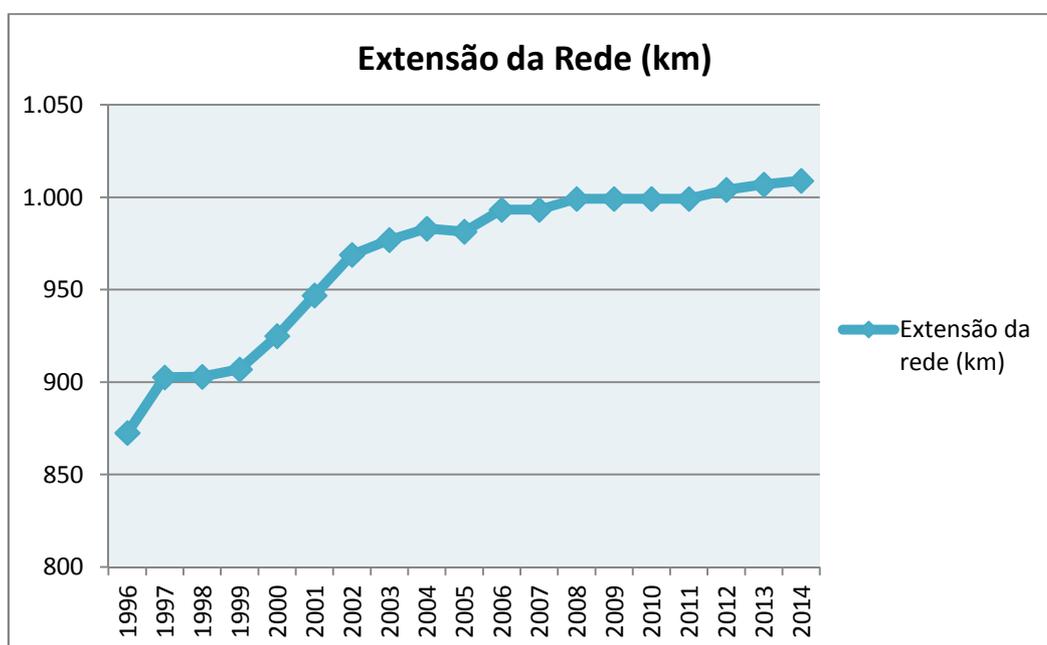
Como citado, anteriormente, o município de João Pessoa possui uma população de 723.515 habitantes (IBGE, 2010), sendo 99,6% dessa população considerada urbana e 0,4% rural. Em relação a este número, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) afirma que 89,5% da população são atendidas pelo sistema de abastecimento de água, número que tem crescido ao longo dos anos devido ao crescimento da rede, como mostrados nos Gráficos 01 e 02. Este número é considerado positivo se comparado às instalações do sistema de esgotamento sanitário, que indica que apenas 49,03% da população são atendidas (Falcão, 2015).

Gráfico 01 - População Total Atendida com o Abastecimento de Água no Município de João Pessoa/PB.



Fonte: SNIS 2014.

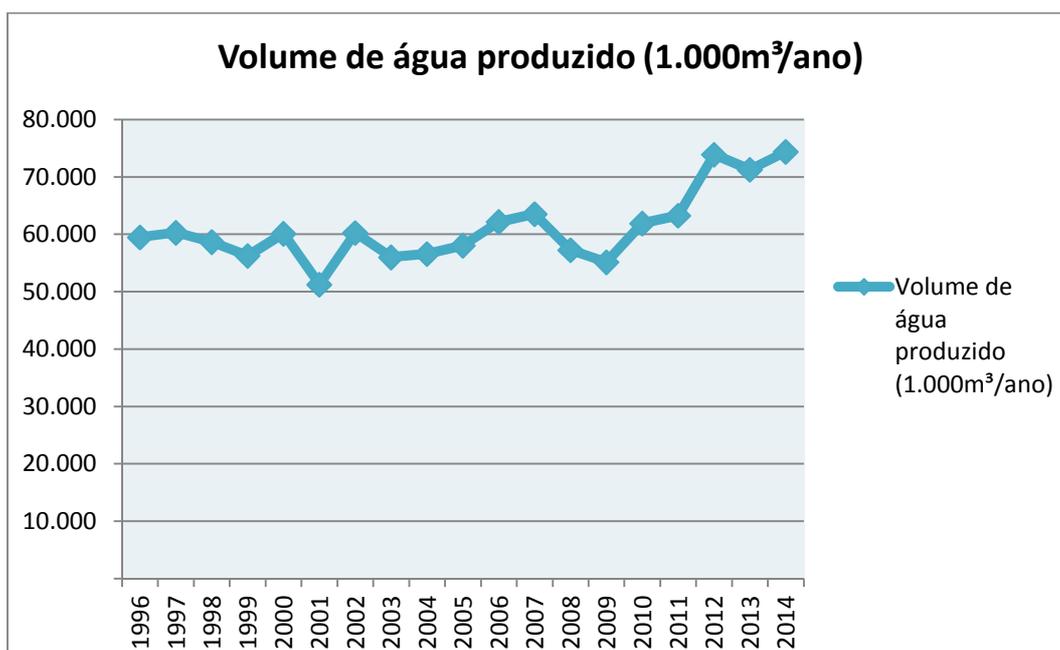
Gráfico 02 - Extensão da Rede de Abastecimento de Água no Município de João Pessoa/PB.



Fonte: SNIS, 2014

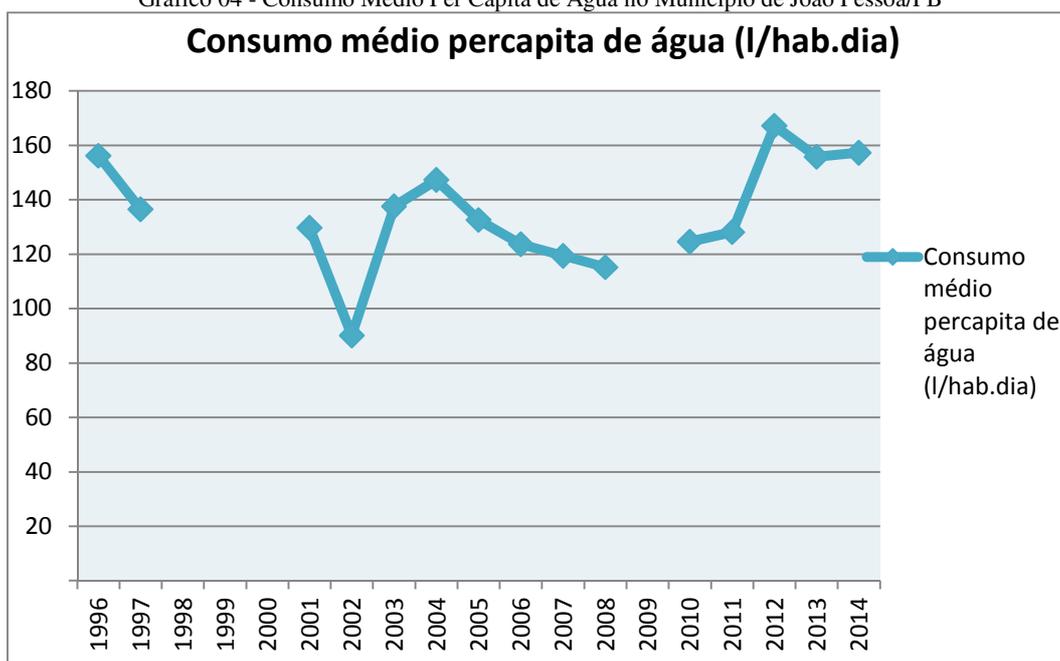
O volume de água produzido também tem aumentado, para atender à demanda da população, que também tem crescido ao longo dos anos. Além disso, aliado ao crescimento do consumo per capita, pode-se verificar o aumento acelerado da produção de água como mostra nos Gráficos 03 e 04.

Gráfico 03 - Volume de Água Produzido para o Município de João Pessoa/PB.



Fonte: SNIS, 2014.

Gráfico 04 - Consumo Médio Per Capita de Água no Município de João Pessoa/PB



Fonte: SNIS, 2014.

Assim, com o aumento da população e, conseqüentemente, o aumento da demanda de água, observa-se a necessidade de expandir o sistema de abastecimento, através da construção de novas tubulações, bem como da procura de novos mananciais. A Agência Nacional de Águas (ANA) indicou, em 2010, que Sistema de Gramame, responsável por 78% do abastecimento do município, através de suas instalações, requer um reforço do sistema através da participação de um novo manancial. Incluindo o

Sistema de Marés e Isolado Sistema de Poços que correspondem a 18 e 4% respectivamente, do abastecimento. A barragem Abiaí foi construída com esse intuito, mas como pode-se observar no diagnóstico apresentado pelo Plano de Saneamento, não está ativa, necessitando de uma outra alternativa para auxiliar os sistemas que estão operando atualmente.

6 CONCLUSÃO

Partindo do princípio de que deve haver a universalização dos serviços de saneamento básico para promover o desenvolvimento da população, o acesso à água potável é essencial para a promoção de atividades de origem pública doméstica, comercial, industrial, etc.

A manutenção das estruturas do sistema de abastecimento de água da grande João Pessoa é necessária para suportar a demanda de água pelos próximos 22 anos como planejado pelo Plano de Municipal de Saneamento de João Pessoa.

Além disso, é necessário que haja uma conscientização por parte da população para que se evitem desperdícios, visto que é considerado um bem em falta e essencial para seu desenvolvimento como um todo.

7 REFERÊNCIAS

BRASIL, Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Brasília, 2007.

BRASIL, Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos serviços de Água e Esgotos – 2013. Brasília, 2014.

FALCÃO, José Clóvis Nóbrega Marinho. Estudo Preliminar do Sistema de Esgotamento Sanitário do Município de João Pessoa – PB. 2015.

FUNASA – Manual de Saneamento. Ministério da Saúde – Fundação Nacional de Saúde. 2010.

GOOGLE Earth, version 5.0 (beta): satellite's image software. Disponível em <<http://earth.google.com/>>
Acesso: 14 abril 2016.

HELLER, Léo. Pádua, Valter Lúcio de. Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte – MG. 2006. 859p.

NBR 12.216. Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. 1992

NOGUEIRA, Helena de Cássia. As primeiras décadas da eletricidade e do saneamento básico na capital paraibana, 1900-1940. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da UFPB. João Pessoa, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa – PMSB-JP. Versão Preliminar do Diagnóstico do PMSB-JP, 20115.

TSUTYIA, Milton Tomoyuki. Abastecimento de Água / Milton Tomoyuki Tsutiya – 3ª edição – São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. XIII – 643 p.

OMS <<https://nacoesunidas.org/oms-para-cada-dolar-investido-em-agua-e-saneamento-economiza-se-43-dolares-em-saude-global/>> (2014) Acesso: 02 de maio de 2016

WHO <http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/glaas_report_2014/en/> (2014) Acesso: 02 de maio de 2016.