



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB  
CENTRO DE TECNOLOGIA – CT  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**A CONCEPÇÃO E EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO  
DE JOÃO PESSOA – PB COM ÊNFASE NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DO  
BAIXO PARAÍBA**

FELIPE JULIÃO PEREIRA

JOÃO PESSOA - PB  
OUTUBRO DE 2018

FELIPE JULIÃO PEREIRA

**A CONCEPÇÃO E EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO  
DE JOÃO PESSOA – PB COM ÊNFASE NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DO  
BAIXO PARAÍBA**

Trabalho de conclusão de curso desenvolvido pelo discente Felipe Julião Pereira como requisito parcial para conclusão do curso de Engenharia Ambiental, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba.

Orientador: Prof. Drº Gilson Ferreira de Moura

JOÃO PESSOA - PB  
OUTUBRO DE 2018

P436c Pereira, Felipe Juliao.

A CONCEPÇÃO E EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO  
SANITÁRIO DE JOÃO PESSOA - PB COM ÊNFASE NA ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DO BAIXO PARAÍBA / Felipe Juliao Pereira. -  
João Pessoa, 2018.

58 f. : il.

Orientação: Gilson Moura.  
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Esgotamento Sanitário. 2. Corpos Receptores. 3.  
Concepção. I. Moura, Gilson. II. Título.


UFPB/BC

## FOLHA DE APROVAÇÃO


FELIPE JULIÃO PEREIRA

### ANÁLISE DA CONCEPÇÃO E EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE JOÃO PESSOA – PB COM ÊNFASE NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DO BAIXO PARAÍBA

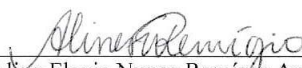
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 29/10/2018 perante a seguinte Comissão Julgadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Gilson Ferreira de Moura  
Departamento de Sistemática e Ecologia do CCEN/UFPB

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Carmem Lucia Moreira Gadelha  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Aline Flavia Nunes Remigio Antunes  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Elisângela Maria Rodrigues Rocha  
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Prof<sup>a</sup> Elisângela M. R. Rocha  
Coord. CCGEAM/CT/UFPB  
Mat. SIAPE 1821373

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, autor da vida, a ele a minha eterna gratidão.

Agradeço à minha família, minha mãe Lindalva Ferreira Julião e ao meu pai Francisco de Assis Barbosa que com grande zelo sempre preservou pela educação dos filhos e através deles obtive apoio e motivação não apenas ao longo desses anos de graduação, mas também durante toda a minha vida. Agradeço ao meu irmão Daniel Julião e minha cunhada Edilane Silva pelo companheirismo. Agradeço aos meus sobrinhos Mariana D'avlis e Matheus Luís, mesmo sem sem entender e saber, mas eles se tornaram o motivo dos meus melhores e mais bobos sorrisos.

Ao professor Gilson Ferreira de Moura pela atenção, disponibilidade, paciência e dedicação ao longo da orientação deste trabalho, tornando possível a conclusão exitosa do mesmo.

Agradeço também a CAGEPA pela autorização, acompanhamento e esclarecimentos durante a visita ao Polo de Tratamento do Baixo Paraíba, além dos dados de monitoramento da estação que foram fornecidos de forma rápida, eficiente e sem burocracias.

A banca examinadora deste trabalho, as professoras Aline Remígio e Carmem Gadelha por toda disponibilidade e contribuição.

Agradeço também a todo o corpo docente que lecionou ao longo do curso, também agradeço a todos os técnicos e funcionários da instituição.

Aos colegas de turma que durante os anos de curso compartilhamos conhecimentos, experiências, risos e algumas lágrimas.

## RESUMO

A necessidade e preocupação com a destinação final dos dejetos humanos é algo que remonta a antiguidade, mas somente a partir do século XX foi que as ações em saneamento básico passaram a ter mais destaque, entretanto isso era uma realidade apenas dos grandes centros urbanos. Esse estudo foi realizado na Estação de Tratamento do Baixo Paraíba e utilizou-se de documentos históricos e bibliográficos, caracterizando a pesquisa como descritiva, além de análise dos dados sobre saneamento básico disponibilizados pelo SNIS. Foram realizadas visitas a estação de tratamento para registro fotográfico e conversa informal. Para verificar as condições de tratamento foram utilizados os dados do monitoramento da estação, realizado pela CAGEPA. Com a pesquisa, verificou-se que a preocupação com o esgotamento sanitário na capital paraibana data a época de província, porém apenas em 1926 foi executado o projeto de esgotamento sanitário na cidade. Esse projeto foi desenvolvido pelo engenheiro Francisco Saturnino de Brito e foi composto por um sistema de tanques de acumulação e descarga, conhecidos como tanque dos “Esses”. João Pessoa tem apresentado avanços na melhoria da coleta e tratamento de esgotos sanitários, chegando ao índice de 75% de coleta de esgoto em 2016, maior que o estado da Paraíba, que possui 49,3%. De acordo com o ranking da ABES elaborado em 2018, a cidade de João Pessoa foi classificada como um município de grande porte com “compromisso com a universalização” dos serviços de saneamento básico, sendo destaque, quando comparada as demais capitais nordestinas. Observa-se ainda que grande parte da cidade de João Pessoa possui um sistema pouco eficiente no tratamento dos esgotos sanitários, utilizando técnicas simples e lançando seus efluentes com grande cargas poluidoras nos corpos hídricos, principalmente na camboa Tambiá. Atualmente os tanques dos “esses” apresentam necessidades de manutenção nas estruturas e equipamentos, reforçando a ideia de pouca preocupação com o destino final dos efluentes por parte do poder público. Assim, apesar dos grandes avanços que a capital paraibana teve na área de saneamento e os números otimistas em relação a outras capitais, ainda é uma área que requer atenção e avanço, para assim melhorar de fato as condições de vida da população e os corpos receptores de esgoto.

**Palavras Chaves:** esgotamento sanitário, corpos receptores, concepção

## ABSTRACT

The need and concern with the final destination of human waste is something that goes back to antiquity, but it was only from the twentieth century that actions in basic sanitation became more prominent, but this was a reality only of large urban centers. This study was carried out at the Treatment Station from the Baixo Paraíba and used historical and bibliographic documents, characterizing the research as descriptive, Besides analysis of the basic sanitation data SNIS. Visits were made to the treatment station for photographic registration and informal conversation. To verify the treatment conditions, the station monitoring data were used, carried out by the CAGEPA. With the research, it was verified that the preoccupation with the sanitary sewage in the capital paraibana dates the time of province, however only in 1926 was executed the sanitary sewage project in the city. This project was developed by the engineer Francisco Saturnino de Brito and was composed of tank system an accumulation and discharge, known as tank of the “Esses”. João Pessoa has presented advances in improving the collection and treatment of sanitary sewage, reaching the index of 75% of sewage collection in 2016, higher than the state of Paraíba, which has 49.3%. According to the ranking of the ABES drawn up in 2018, the city of João Pessoa was classified as a large municipality with “commitment to the universalization” of basic sanitation services, being highlighted, when compared to other northeastern capitals. It is also observed that much of the city of João Pessoa has an inefficient system in the treatment of sanitary sewage, using simple techniques and releasing their effluents with great pollutant loads in the water bodies, Especially in the Camboa Tambiá. Currently the tanks of the “esses” have maintenance needs in the structures and equipment, reforçando a ideia de pouca preocupação com o destino final dos efluentes pelo poder público. Thus, despite the great advances that the capital of Paraíba had in the area of sanitation and the optimistic figures in relation to other capitals, is still an area that requires attention and progress, so as to actually improve the living conditions of the population and the bodies receiving sewage.

**Keywords:** sewage system, receptor bodies, conception

## **LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS**

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba

CESBS - Companhias Estaduais de Saneamento Básico

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto

ETEBP – Estação de Tratamento de Esgoto do Baixo Paraíba

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LAMEC - Laboratório de Análise e Monitoramento de Efluentes da CAGEPA

NBR – Norma Brasileira

NEPREMAR - Núcleo de Estudos e Pesquisas de Recursos do Mar

OD - Oxigênio Dissolvido

OMS - Organização Mundial de Saúde

PLANASA - Plano Nacional de Saneamento

PMSB-JP - Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa

PMSS - Projeto de Modernização do Setor Saneamento

SANECAP - Companhia de Saneamento da Capital

SES- Sistemas de Esgotamento Sanitário

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Tratamento preliminar de esgoto .....	9
Figura 2: Planta esquemática das bacias de esgotamento sanitário de João Pessoa .....	13
Figura 3: Categorias da universalização do saneamento básico .....	15
Figura 4: Registro fotográfico da visita a ETEBP.....	16
Figura 5: Acompanhamento da visita a ETEBP .....	17
Figura 6: Tanques de depuração de dejetos (1922) .....	21
Figura 7: Tanques de depuração de dejetos (1925) .....	21
Figura 8: ETE Mangabeira (7°11'14.95"S; 34°49'59.04"O) .....	23
Figura 9: Polo de tratamento do Baixo Paraíba (7°6'12.63"S; 34°52'34.86"O) .....	24
Figura 10: Esquema do funcionamento da ETEBP .....	24
Figura 11: Tanques de acumulação .....	30
Figura 12: Tanques de descarga .....	30
Figura 13: Lagoa anaeróbia da pedreira nº 7 .....	31
Figura 14: Esgoto chegando aos tanques de acumulação .....	31
Figura 15: Esgoto sendo acumulado nos tanques na maré baixa .....	32
Figura 16: Depósito do lodo ao longo do tanque de acumulação .....	32
Figura 17: Comporta no tanque de acumulação .....	33
Figura 18: Grade mecanizada no tratamento preliminar na ETEBP .....	35
Figura 19: Material retirado manualmente da grade .....	35
Figura 20: Caixa de areia do tratamento preliminar na ETEBP .....	36
Figura 21: Calha Parshall na ETEBP .....	36

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: População total e atendida por serviço de esgotamento em João Pessoa .....	25
Gráfico 2: Índice de atendimento com esgotamento sanitário em João Pessoa .....	26
Gráfico 3: Quantidade de ligações ativas de esgoto em João Pessoa .....	27
Gráfico 4: Volume de esgoto coletado e tratado em João Pessoa .....	27
Gráfico 5: Índice de atendimento por esgotamento nas capitais nordestinas .....	29
Gráfico 6: Índices de coleta das capitais nordestinas entre 2006 e 2016 .....	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Indicadores da disponibilidade dos serviços de esgotamento .....	15
Tabela 2: Classificação das capitais nordestinas no ranking da ABES .....	28
Tabela 3: Dados do monitoramento da ETEBP .....	37

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	4
2.1 OBJETIVO GERAL .....	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	5
3.1 SANEAMENTO BÁSICO .....	5
3.2 ESGOTO SANITÁRIO .....	6
3.3 SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO (SES) .....	6
3.4 FASES DO TRATAMENTO DE ESGOTO .....	8
<b>3.4.1 Tratamento Preliminar</b> .....	8
<b>3.4.2 Tratamento Primário</b> .....	10
<b>3.4.3 Tratamento Secundário</b> .....	10
<b>3.4.4 Tratamento Terciário</b> .....	11
3.5 SERVIÇOS DE ESGOTO SANITÁRIO EM JOÃO PESSOA - PB .....	12
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	14
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	18
5.1 HISTÓRICO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM JOÃO PESSOA – PB .....	18
5.2 PROJETO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PROPOSTO POR SATURNINO DE BRITO PARA JOÃO PESSOA – PB .....	20
5.3 MELHORIAS NO ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE JOÃO PESSOA – PB .....	22
5.4 DISPONIBILIDADE DO SERVIÇO DE ESGOTAMENTO EM JOÃO PESSOA .....	25
5.5 AVALIAÇÃO DO POLO DE TRATAMENTO DO BAIXO PARAÍBA .....	30
5.6 MONITORAMENTO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DO BAIXO PARAÍBA ...	37
5.7 ESTUDOS NA CAMBOA TAMBÁ, CORPO RECEPTOR DE ESGOTO DOMÉSTICO.....	38
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	40
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	41
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	42

## 1. INTRODUÇÃO

Durante um longo período as organizações sociais da humanidade viveram exclusivamente da pesca, caça e colheitas, o que de acordo com Ponting (1995) “constituía uma estreita harmonia entre o homem e o meio ambiente, provocando danos mínimos aos ecossistemas naturais”. Na medida em que o homem evoluiu, passou a transformar o meio ambiente a partir de novas técnicas de trabalho visando suprir as suas necessidades e, como consequência, inicia-se um processo de deterioração do meio ambiente (MENDONÇA, 2005).

Segundo Cavinatto (1992), desde a antiguidade o homem aprendeu intuitivamente que a água poluída por dejetos e resíduos podia transmitir doenças. O mesmo autor afirma que com a formação das cidades na antiguidade, surgiu à necessidade do cuidado coletivo com a coleta de água para consumo e destinação dos dejetos produzidos,

Somente a partir do século XX as ações em saneamento básico passaram a ter mais destaque, devido às primeiras instalações de relevância em grandes cidades que já sofriam com os problemas de saúde, em decorrência da falta de uma política pública voltada para este setor (LEONETI, 2011).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o saneamento controla os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem estar físico, mental e social. Como afirmam Ribeiro e Rooke (2010), pode-se dizer que o “saneamento caracteriza o conjunto de ações socioeconômicas que tem por objetivo alcançar a salubridade ambiental”.

Entre os determinantes demográficos da demanda por saneamento, encontram-se três variáveis básicas: o tamanho da população, o ritmo de crescimento e o grau de urbanização (LIMA, 2005). O processo de urbanização que vem ocorrendo no mundo nas últimas décadas tem representado uma ameaça à saúde e ao meio ambiente (SANTOS, 2005).

No Brasil existe legislação que assegura a integralidade e universalização do acesso ao saneamento básico através da Lei Federal nº 11.445/2007. A incorporação na legislação de aspectos ambientais nas ações de saneamento representa um avanço significativo, mas é preciso criar condições para que esses serviços sejam implementados e acessíveis a todos (LIMA, 2013).

Se tratando dos serviços de esgotamento sanitário, a inexistência de sistemas adequados para a destinação dos dejetos pode resultar em contato direto com seres humanos, ocasionando a transmissão de várias doenças, além de problemas ambientais que são

provocados quando o tratamento e destinação correta de efluentes não ocorre (RIBEIRO & ROOKE, 2010).

De acordo com a Norma Brasileira (NBR) 12.209/1992 os esgotos sanitários (fase líquida e sólida) precisam passar por tratamentos, a fim de reduzir a carga poluidora existente no efluente, antes de ser lançado em um corpo receptor.

Uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) promove a remoção parcial dos sólidos grosseiros e em suspensão, além da matéria orgânica e organismos patogênicos em alguns casos, presentes nos esgotos domésticos através de processos preliminares, primários, secundários, e podendo chegar ao nível terciário de tratamento. Como ressalta Leme (2010), “o tratamento de esgotos consiste na eliminação das impurezas incorporadas que resultam em poluição e contaminação”.

Von Sperling (2005) afirma que “a autodepuração pode ser entendida como um fenômeno de sucessão ecológica, em que o restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, ou seja, a busca pelo estágio inicial encontrado antes do lançamento de efluentes é realizada por mecanismos essencialmente naturais”. Branco (1983) ressalta que a autodepuração de um corpo receptor varia em função de diversos fatores, tais como: a distância da fonte poluidora, o tempo de permanência do esgoto na água e o volume de água do corpo receptor.

Os rios são os principais receptores de esgotos domésticos e quando recebem volumes acima de sua capacidade depuradora natural, apresentam modificações físicas e químicas na água e na comunidade biológica (SCHAFER, 1985). Por esta razão, torna-se necessário determinar as condições de tratamento e lançamento do efluente para evitar danos ao corpo receptor com carga acima da capacidade de suporte do rio.

Os parâmetros normativos utilizados para monitorar e garantir a qualidade da água no corpo receptor são determinados pelas Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 e pela Resolução CONAMA nº 430/2011 que altera e complementa a primeira, dispondo sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Após o tratamento o efluente deve ter seus parâmetros de acordo com a citada Resolução para poder ser lançado no corpo receptor. Sperling (2005) afirma que os impactos causados pelo lançamento de efluentes oriundos das ETE's tem sido motivo de grande preocupação para a maioria dos países. Em casos onde o lançamento é feito de forma descontrolada ou quando o processo de tratamento não é eficaz pode haver graves alterações no corpo receptor, entre elas destaca-se a proliferação de microrganismos decompositores e a consequente redução do teor de oxigênio dissolvido na água (ESTEVES, 1988).

No Brasil, a política de saneamento tem como principal objetivo a universalização dos serviços de saneamento (FIGUEIREDO, 2012), porém a realidade está bem abaixo desse cenário, tido como ideal, especialmente se tratando de coleta e tratamento de esgoto sanitário. Apesar do abastecimento de água atender grande parte da população em todo o país, os índices de coleta e tratamento de esgoto são bem inferiores (DANTAS, et al., 2012). Se tratando desses serviços nas diferentes regiões brasileiras nota-se uma verdadeira disparidade, existindo assim um desequilíbrio inter-regional de acesso aos serviços de saneamento básico (SAIANI, 2007).

De acordo com Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no Brasil, em 2016 o índice de atendimento urbano com coleta de esgoto era de 59,7%. Desse esgoto coletado, 74,9% passou por algum tratamento. A comparação dos índices de coleta de esgoto por regiões demonstra diferenças expressivas, sendo as regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste com os maiores índices de esgoto coletado, chegando a 49,0%, 56,7% e 83,2%, respectivamente, e os menores índices são encontrados nas regiões Nordeste com 34,7% e Norte com 13,4%.

O estado da Paraíba, apesar de estar acima da média regional, com um índice de coleta de esgoto de 49,3%, é ainda considerado baixo. Já em João Pessoa, na capital paraibana, o cenário é mais otimista, onde 75,0% do esgoto produzido são coletados e existe tratamento para todo o esgoto coletado na cidade.

A partir desse cenário tornam-se necessárias pesquisas que visem contribuir com as questões sanitárias no Brasil, avaliando a disponibilidade e qualidade dos serviços prestados. Além disso, é necessário mensurar os impactos ambientais gerados pelo lançamento de efluentes em corpos hídricos a partir de ETE's.

Nesse contexto, busca-se com este trabalho realizar um estudo descritivo da concepção, disponibilidade, melhorias e eficiência do sistema de esgotamento sanitário da cidade de João Pessoa, focando na Estação de Tratamento do Baixo Paraíba, primeiro polo de tratamento de esgoto da cidade.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Entender a concepção, disponibilidade e eficiência do sistema de esgotamento sanitário de João Pessoa – Paraíba a partir de uma análise histórica e atual da Estação de Tratamento do Baixo Paraíba.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Descrever o procedimento de instalação e melhorias do sistema de esgotamento sanitário de João Pessoa – PB;
- Avaliar a disponibilidade do atendimento do esgotamento sanitário em João Pessoa – PB comparando com as demais capitais nordestinas;
- Investigar a eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto do Baixo Paraíba;
- Relatar os eventuais impactos ambientais na camboa Tambiá, corpo receptor de grande parte do esgoto da capital paraibana e, conseqüentemente, no Estuário do Rio Paraíba.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 SANEAMENTO BÁSICO

Saneamento básico é um direito garantido pela legislação brasileira através da Lei nº 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para tais serviços e para a política federal de saneamento básico. Essa lei assegura o acesso de todos a um conjunto de serviços de infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais.

No entanto, a garantia das condições de acesso e de qualidade dos serviços para a população oferecida pelo poder público é bastante precária, gerando, com isso, uma enorme desigualdade e déficit no processo de inserção, sendo necessários, para tanto, grandes investimentos e, dessa forma, uma melhoria básica nas condições de saneamento (SANTANA, 2014).

De acordo com Albuquerque (2014), a primeira grande iniciativa do Estado no setor de saneamento se deu em 1969, com a instituição do Plano Nacional de Saneamento – PLANASA. Até então o saneamento básico no Brasil era gerido basicamente pelos municípios. O PLANASA se tornou efetivo apenas dois anos mais tarde, quando passou a destinar recursos para os estados criarem as suas próprias companhias de saneamento, as CESBS (Companhias Estaduais de Saneamento Básico).

O investimento em saneamento básico no Brasil passou a ganhar destaque a partir das décadas de 70 e 80, nesse período os países em desenvolvimento buscavam avançar nos serviços prestados de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. Segundo Soares et al. (2002), “tal investimento era motivado pela redução na taxa de mortalidade que resultaria dos bons serviços de saneamento”.

Nos últimos anos, tem-se observado que a finalidade dos projetos de saneamento tem saído de sua concepção sanitária clássica, recaindo em uma abordagem ambiental, que visa não só a promoção da saúde humana, mas, também, a conservação do meio físico e biótico (SOARES et al., 2002).

Nesse sentido, Pimentel e Cordeiro Netto (1998) ressaltam que “a avaliação da viabilidade ambiental assume caráter de forte condicionante das alternativas a serem analisadas, algumas vezes inclusive ocorre à predominância dos critérios ambientais”.

### 3.2 ESGOTO SANITÁRIO

Esgotos sanitários podem ser definidos como águas provenientes do sistema de abastecimento de água da população, que, depois de modificadas por diversos usos em atividades domésticas, industriais e comunitárias, são recolhidas pela rede de esgotamento que as conduz a um destino apropriado (MARA, 1976 apud MENDONÇA & MENDONÇA, 2016).

De acordo com a NBR 9.648/1986, esgoto pode ser definido, de forma geral e simplificado, como sendo o “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária” (ABNT, 1986).

De acordo com a mesma norma, temos que:

“o esgoto doméstico é o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas; o esgoto industrial é o despejo líquido resultante dos processos industriais; água de infiltração é toda água, proveniente do subsolo, indesejável ao sistema e que penetra nas canalizações e a contribuição pluvial parasitária é a parcela de deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede coletora de esgoto sanitário” (ABNT, 1986).

A qualidade do esgoto varia em função da composição da água de abastecimento e seus diversos usos. Não ocorrendo uma alta demanda de esgoto industrial, o esgoto sanitário é constituído de aproximadamente 99,9% de água e 0,1% de material sólido, sendo suspensos, coloidais e dissolvidos (MENDONÇA & CEBALOS, 1990). Já os esgotos industriais além da matéria orgânica, podem carrear substâncias químicas tóxicas aos seres humanos e a outras espécies (MOTA, 1997).

Apesar da pequena fração de sólidos na composição do esgoto, esses materiais acarretam em problemas de poluição, e, é por causa desses sólidos que existe a necessidade do tratamento do esgoto (MENDONÇA & MENDONÇA, 2016).

Os principais impactos decorrentes de efluentes em corpos d'água são: a redução da concentração de oxigênio dissolvido decorrente da poluição por matéria orgânica, a contaminação por organismos patogênicos e a eutrofização (ReCESA - 1, 2008).

### 3.3 SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO (SES)

De acordo com TSUTIYA & ALEM SOBRINHO (1999) os sistemas de esgoto podem ser de três tipos:

1. Sistema de esgotamento unitário ou sistema combinado: onde as águas residuais, águas de infiltração e as águas pluviais circulam pelo mesmo sistema.
2. Sistema de esgotamento separador parcial: uma parcela das águas pluviais oriundas das residências é encaminhada com as águas residuais e de infiltração para um sistema único de coleta e transporte de esgoto.
3. Sistema de esgotamento separador absoluto: as águas residuais e as águas de infiltração veiculam em um sistema independente (sistema de esgoto sanitário) e as águas pluviais são coletadas e transportadas em um sistema de drenagem pluvial totalmente independente.

De acordo com Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) nº 9.648 (1986), o sistema de esgoto sanitário separador é “o conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar, somente esgoto sanitário, a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro”.

No Brasil, o sistema separador absoluto é usado amplamente. Segundo Azevedo Netto et al., (1973) pode-se destacar como principais vantagens desse sistema: construção de partes independentes de acordo com a disponibilidade e a conveniência financeira, apresentam melhores condições para o emprego de tubulações de mais baixo custo e fácil instalação, além de assegurar melhores formas de controle da contaminação das águas para o tratamento, reduzindo o custo das ETE's.

De modo geral, esse sistema é característico de países tropicais e em desenvolvimento, resultado da escassez de recursos disponíveis e das condições climáticas, especialmente a intensa precipitação atmosférica (MENDONÇA & MENDONÇA, 2016).

Segundo TSUTIYA & ALEM SOBRINHO (1999), um SES é constituído pelos seguintes elementos:

- Rede coletora: conjunto de canalizações destinadas a receber e conduzir os esgotos dos edifícios.
- Interceptor: canalização que recebe coletores ao longo de seu comprimento, não recebendo ligações prediais diretas.
- Emissário: canalização destinada a conduzir os esgotos a um destino conveniente (estação de tratamento e/ou lançamento) sem receber contribuições em marcha.

- Sifão invertido: obra destinada à transposição de obstáculo pela tubulação de esgoto, funcionando sob pressão.
- Corpo de água receptor: corpo de água onde são lançados os esgotos;
- Estação elevatória: conjunto de instalações destinadas a transferir os esgotos de uma cota mais baixa para outra mais alta.
- Estação de tratamento: conjunto de instalações destinadas à depuração dos esgotos, antes de seu lançamento.

### 3.4 FASES DO TRATAMENTO DE ESGOTO

Para o esgoto doméstico ser lançado no corpo receptor é necessário que os seus parâmetros físicos, químicos e biológicos sejam reduzidos para atingir as exigências legais. Para isto, são realizados processos de tratamento do esgoto bruto, essencialmente, por processos biológicos, associados a operações físicas de concentração e separação de sólidos (PIVELI, 2005).

De acordo com o MCidades (2008) “a finalidade das técnicas de tratamento é a remoção dos poluentes dos esgotos, os quais viriam a causar uma deterioração da qualidade dos corpos d’água e a possibilidade de transmissão de doenças”.

Essa remoção ocorre em diferentes níveis de tratamento de acordo com cada poluente. O procedimento inicia-se com o tratamento preliminar para a remoção dos sólidos grosseiros e areia, seguindo para o tratamento biológico que podem ser a nível primário, secundário e terciário. Como afirma Piveli (2005), o tratamento biológico pode ser subdividido em dois grandes grupos, processos aeróbios e anaeróbios. No Brasil, em quase todas as estações, o esgoto é tratado até o nível secundário. Em relação ao nível terciário, pouquíssimas estações adotam esse nível de tratamento (MCidades, 2008).

#### 3.4.1 Tratamento Preliminar

O tratamento preliminar deve estar presente em todas as ETE’s. Além da matéria orgânica, dos sólidos e dos microrganismos, o esgoto possui sólidos grosseiros e sólidos minerais (principalmente areia), os quais devem ser removidos previamente, para que não

prejudiquem as etapas posteriores do tratamento de esgoto e não sejam lançados no corpo hídrico (OLIVEIRA, 2014).

O esquema do tratamento preliminar é demonstrado na Figura 1:

**Figura 1: Tratamento preliminar de esgoto**



**Fonte: Santos (2012)**

A remoção dos sólidos grosseiros é realizada através de grades, que de acordo com o espaçamento entre elas podem ser grossas, médias ou finas. A limpeza dessas grades pode ser feita de forma manual ou mecanizada (CETESB, 1977).

De acordo com Jordão e Pessoa (2011), a remoção dos sólidos grosseiros do sistema de tratamento de esgoto tem por principais finalidades: a proteção dos dispositivos de transporte dos esgotos (bombas, tubulações, aeradores, dispositivos de entrada e saída, por exemplo), além da proteção dos corpos d'água receptores através da remoção parcial de cargas poluidoras, resultando na melhoria do desempenho das unidades subsequentes do tratamento.

Atualmente, algumas unidades de tratamento utilizam peneiras para a remoção de sólidos mais finos no tratamento preliminar, porém esses dispositivos só são indicados quando há a necessidade dessa remoção mais refinada. Para estações de tratamento de pequeno e médio porte, somente as grades finas são suficientes para a remoção de sólidos grosseiros (JORDÃO & PESSOA, 2011).

Já a remoção de areia é feita a partir de desarenadores, esse elemento também é conhecido como caixa de areia e pode ser manual ou mecanizado. A areia é removida a partir do processo físico da sedimentação, por possuir maior dimensão e densidade, os grãos de areia ficam depositados no fundo do tanque e a matéria orgânica com partículas de dimensões inferiores passa para a próxima etapa do tratamento (CETESB, 1977).

No tratamento preliminar, além das grades e dos desarenadores, inclui-se também uma unidade para a medição da vazão, a calha Parshall. A calha Parshall, utiliza-se dos mesmos

princípios de um vertedor de parede espessa e tem sido bastante usada para verificação da vazão em canais abertos. As calhas têm dimensões que variam de acordo com as vazões mínima e máxima de projeto. Segundo Nuvolari (2003), a medição utilizando a calha Parshall é o método de medir vazão mais usado para sistemas de coleta de esgoto sanitário em estações de tratamento de pequeno e médio porte.

### **3.4.2 Tratamento Primário**

De acordo com Oliveira (2014) “o tratamento primário convencional tem por objetivo à remoção parcial dos sólidos em suspensão sedimentáveis e à remoção de sólidos flutuantes, como os óleos e graxas, por meio de mecanismos de ordem física”. Em alguns casos, esse processo pode ser acelerado pela adição de agentes químicos que através de coagulantes e floculantes possibilitam a obtenção de flocos, de matéria poluente, de maiores dimensões e assim mais facilmente decantáveis (SILVA, 2004).

Nessa etapa são utilizados decantadores primários que possuem a função principal de clarificar o esgoto através da remoção desses sólidos. As partículas sedimentadas se acumulam no fundo do decantador e formam o lodo primário (NUVOLARI, 2003).

A eficiência da remoção de matéria orgânica fica entre 25% e 35% e de sólidos em suspensão fica entre 60% e 70%, segundo Von Sperling (2005). O mesmo autor salienta a importância dessa etapa que antecede o tratamento secundário, onde a ausência de carga orgânica é preferível, tendo em vista o elevado custo dessa etapa.

De acordo com Silva (2004) ao fim desse processo a matéria poluente existente na água possui dimensões reduzidas, normalmente constituídas por coloides, dessa forma não sendo suscetível de ser removida por processos exclusivamente físico-químicos, sendo, portanto, necessário um tratamento secundário.

### **3.4.3 Tratamento Secundário**

A NBR 12.209/2011 define o tratamento secundário como sendo “o conjunto de operações e processos que visam principalmente à remoção da matéria orgânica, ocorrendo tipicamente após o tratamento primário, normalmente com eficiência de remoção de DBO de cerca de 90%”.

De modo geral, essa etapa é constituída por processos biológicos. Nesse tratamento a matéria orgânica coloidal é consumida por microrganismos nos reatores biológicos, que são grandes tanques onde há abundância de microrganismos (NEVES, 1974). Como destaca Oliveira (2014), “a base de todo o processo biológico é o contato efetivo entre os microrganismos e o material orgânico presente nos esgotos, de tal forma que esse possa ser utilizado como alimento pelos microrganismos”.

Os principais atuantes nesta fase do tratamento são os microrganismos aeróbios, anaeróbios e/ou os facultativos (ReCESA - 1, 2008). Quando em condições anaeróbias tem-se ainda a produção do gás metano e em condições aeróbias é necessário que o oxigênio presente esteja em quantidade suficiente para favorecer as atividades microbióticas (VON SPERLING, 2005).

Dentre as principais tecnologias utilizadas no tratamento secundário, destacam-se os processos de lodo ativado e filtros em geral. Ainda, destacam-se as lagoas de estabilização, sendo estes processos amplamente utilizados no nordeste e no centro-oeste brasileiro (OLIVEIRA, 2014).

De acordo com Mendonça e Mendonça (2016), “as lagoas de estabilização são o método de tratamento de esgoto mais simples que existe, sendo formados por tanques construídos artificialmente por escavações pouco profundas, cercados por taludes de terra”. Nesses sistemas de tratamento biológico a estabilização da matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriológica e redução fotossintética das algas (JORDÃO & PESSOA, 2011). As lagoas de estabilização apresentam diversas variantes, podendo ser lagoas facultativas, lagoas anaeróbias seguidas por lagoa facultativa, lagoas aeradas facultativas, lagoas aeradas de mistura completa seguida por lagoa de sedimentação, lagoas de alta taxa, lagoas de maturação e lagoas de polimento (VON SPERLING, 2005)

Ao fim desse processo de tratamento secundário, como afirma Neves (1974) “as águas residuais tratadas irão apresentar um reduzido nível de poluição por matéria orgânica, podendo na maioria dos casos, serem admitidas no meio ambiente receptor”.

#### **3.4.4 Tratamento Terciário**

O objetivo principal do tratamento terciário é remover nutrientes como nitrogênio e fósforo, organismos patogênicos, sólidos inorgânicos dissolvidos e em suspensão, e de poluentes específicos, que não foram suficientemente removidos no tratamento secundário

(MANCUSO & SANTOS, 2003). Entretanto, esta etapa não é comum nas estações de tratamento de esgoto do Brasil (ReCESA - 2, 2008).

Embora os processos convencionais de tratamento como sedimentação, lodos ativados ou filtros sejam conhecidos por remover entre 90 e 99% de alguns microrganismos, sua eficiência muitas vezes não é suficiente para atingir as exigências existentes para descarga de efluentes, proteção de balneários e reuso (YANKO, 1993 apud LAZAROVA, 1999).

Nessa etapa são usados processos físico-químicos como coagulação, floculação, decantação, filtração, adsorção por carvão, calagem e desinfecção, como afirma Mancuso e Santos (2003).

### 3.5 SERVIÇOS DE ESGOTO SANITÁRIO EM JOÃO PESSOA – PB

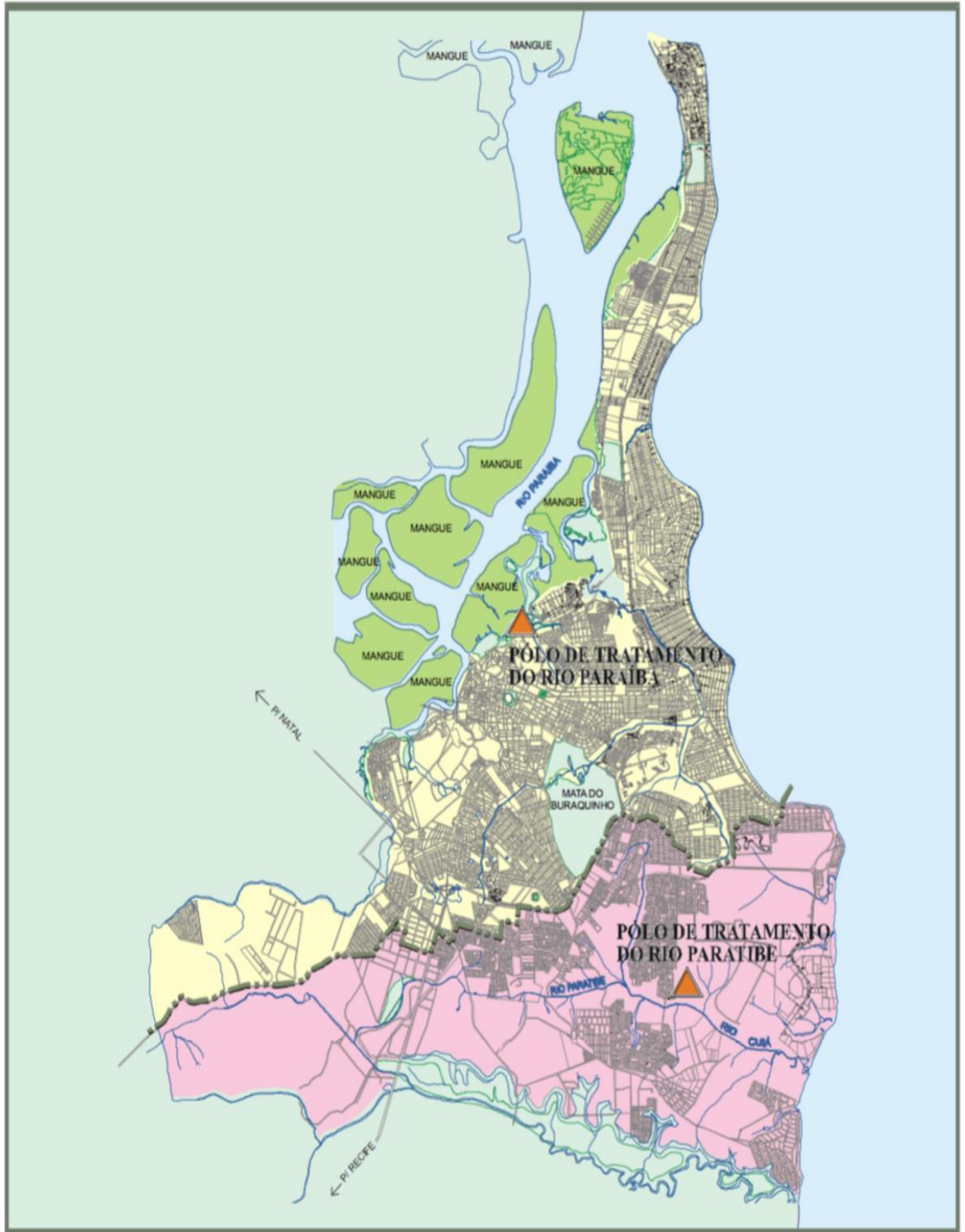
A Política Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa (PMSB-JP) foi estabelecida a partir da Lei Complementar nº 93 de 30 de dezembro de 2015. Esse plano surgiu em consonância com a Lei nº11.445/2007 que determina a criação dos planos municipais de saneamento básico para a validação de contratos que tenham por objetivo a prestação de serviços públicos de saneamento básico.

O sistema de esgotamento da capital paraibana é formado por ligações domiciliares, rede coletora de esgoto, estações elevatórias de esgotos, coletores gerais e interceptores, além dos polos de tratamento de esgotos (PMSB-JP, 2015). Nesse trabalho será dado ênfase ao Polo de Tratamento da Bacia do rio Paraíba, primeiro local de tratamento de esgoto construído na cidade.

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa (PMSB-JP), a cidade está dividida em duas grandes bacias hidrográficas, como mostra a Figura 2:

- 1) Bacia do rio Paraíba: localizada a noroeste da cidade, atende aproximadamente 70% da população da cidade. A área de tratamento dessa bacia é localizada no Polo de Tratamento do Baixo Paraíba.
- 2) Bacia do rio Cuiá: localizada na região sul da cidade e atende 30% da população, sendo moradores dos bairros de Mangaberia, Valentina, Água Fria e Geisel, além do polo turístico Cabo Branco. O tratamento dos esgotos é realizado na ETE de Mangabeira.

Figura 2: Planta esquemática das bacias de esgotamento sanitário de João Pessoa



Fonte: ARCOS Projetos e Construções Limitada, apud PMSB-JP

#### 4. METODOLOGIA

Para realizar o levantamento das informações históricas sobre a concepção e ampliação do sistema de esgotamento sanitário da cidade de João Pessoa, foram analisados os Relatórios Presidenciais Provinciais (1830-1930) da Paraíba, disponíveis em <http://www-apps.crl.edu/brazil/provincial/paraiba>. Além disso, foi feita também uma pesquisa bibliográfica e documental, caracterizando uma pesquisa descritiva, como afirma Triviños (1987).

A obtenção de dados referentes ao serviço de esgoto foi a partir de informações disponibilizada pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). O SNIS é vinculado ao Ministério das Cidades e as informações são coletadas por empresas privadas, estaduais ou municipais, que fornecem dados ao portal através de formulários online. Diversos indicadores são coletados e disponibilizados, além de relatórios com o diagnóstico dos serviços de saneamento básico. A partir das séries históricas da prestação desses serviços foi possível realizar a avaliação da disponibilidade do atendimento de esgotamento sanitário no município de João Pessoa.

Essa base de dados possui informações a partir do ano de 1995, entretanto os referentes aos estados nordestinos estão disponíveis a partir de 1996. Esse fator tornou-se um limitador para uma boa análise histórica, tendo em vista que o sistema de esgoto instalado na capital paraibana passou a funcionar bem antes desse período.

As informações do SNIS também foram utilizadas para realizar o comparativo dos serviços de esgotamento sanitário entre as capitais nordestinas. Nesse caso, foi utilizado o intervalo de tempo entre os anos de 2006 a 2016, tendo em vista que os dados dos indicadores analisados estavam completos para todas as capitais estudadas apenas nesse período.

Os dados referentes a população foram obtidos a partir de informações das séries históricas disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), bem como, das estimativas da população realizadas pelo órgão.

Para a avaliação da disponibilidade do serviço de esgotamento sanitário na cidade de João Pessoa e realizar a comparação com as outras capitais nordestinas foram analisados os indicadores demonstrados na Tabela 1.

**Tabela 1: Indicadores da disponibilidade dos serviços de esgotamento**

<b>Código do Indicador</b>	<b>Indicador</b>
ES001	População total atendida com esgotamento sanitário (habitantes)
ES002	Quantidade de ligações ativas de esgotos (ligações)
ES005	Volume de esgotos coletados (1.000 m <sup>3</sup> /ano)
ES006	Volume de esgotos tratados (1.000 m <sup>3</sup> /ano)
IN015AE	Índice de coleta de esgoto (percentual)
IN016AE	Índice de tratamento de esgoto (percentual)

Fonte: SNIS (2018)

A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) apresenta rankings da universalização do saneamento. Esse ranking foi utilizado para comparar a qualidade do serviço de saneamento básico nas capitais nordestinas, pois ele baseia-se em serviços de esgotamento sanitário, serviços de abastecimento de água, coleta e destinação de resíduos. As informações utilizadas para o ranking são baseadas nos dados fornecidos pelos municípios ao SNIS e refletem o grau de universalização dos saneamento básico em cada cidade. O ranking da ABES é dividido nas seguintes categorias, como mostra a Figura 3.

**Figura 3: Categorias da universalização do saneamento básico**

Fonte: ABES (2018)

Os efeitos do lançamento de esgoto na camboa Tambiá, corpo receptor de esgoto da Estação de Tratamento de Esgoto do Baixo Paraíba (ETE BP), foram mensurados a partir de estudos já realizados anteriormente a esta pesquisa.

Foi feita uma visita ao Polo de Tratamento do Baixo Paraíba, autorizada pela Gerência Regional da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), acompanhada pelo subgerente de tratamento e controle de qualidade do litoral e pelo responsável pela manutenção do local. Esta visita foi realizada durante o período de maré baixa no mês de setembro de 2018 e a partir de observações, fotografias (Figura 4) e conversa informal (Figura 5) foram obtidas as informações acerca do funcionamento da estação.

**Figura 4: Registro fotográfico da visita a ETEBP**



**Fonte: Autor (2018)**

**Figura 5: Acompanhamento da visita a ETEBP**



**Fonte: Autor (2018)**

Além disso, foram utilizados dados de monitoramento realizados pelo Laboratório de Análise e Monitoramento de Efluentes da CAGEPA (LAMEC) em 2017, durante todo o ano, com exceção dos meses de fevereiro e dezembro. Para a análise foram utilizados os valores médios dos seguintes parâmetros: pH, DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos totais, oxigênio dissolvido (OD) e coliformes termotolerantes. As amostras foram realizadas em três pontos: no esgoto bruto que chega à lagoa anaeróbia, na saída da lagoa para os tanques e nos tanques antes do efluente ser lançado na camboa Tambiá. No corpo receptor de esgoto, a camboa Tambiá, não é realizado o monitoramento, pois de acordo com a CAGEPA, o local é de difícil acesso, sendo realizado a locomoção apenas por embarcação, que a instituição não dispõe. Porém, essa questão precisa ser modificada, tendo em vista a importância do monitoramento da qualidade do corpo receptor de esgoto para a avaliação das condições de lançamento do efluente. O monitoramento do corpo receptor precisa ser um compromisso da instituição, uma vez que a mesma se utiliza para o lançamento do efluente da estação de tratamento.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 HISTÓRICO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM JOÃO PESSOA – PB

Os primeiros sinais de preocupação com os problemas relacionados ao saneamento básico são datados da era provincial no Estado da Paraíba. Em 1858 o presidente da Província da *Parahyba* autoriza o nivelamento do terreno para a instalação futura do sistema de esgoto, sob justificativa do interesse na salubridade pública (RODRIGUEZ, 1994 apud NOGUEIRA, 2005). O problema se arrastou durante todo o século XIX, aumentando assim, a necessidade de se instalar um sistema de esgotamento sanitário que pudesse acompanhar o crescimento da população e a expansão das áreas habitáveis.

Em relatório apresentado à Assembleia Legislativa da Província da *Parahyba* realizado pelo inspetor de saúde pública em 1881, é exposto que os resultados positivos para obter a salubridade adequada só seriam alcançados “dando-se fácil destino as águas que serviram ao uso doméstico”.

Em novo relatório apresentado em 1902 verifica-se que as condições de insalubridade ainda são reconhecidas na capital do Estado *Parahyba* do Norte. Esse fato se repete em 1904, em mensagem apresentada à Assembleia Legislativa do Estado, pelo então Presidente, Desembargador José Peregrino de Araújo, que reafirma a condição de insalubridade da capital, além de especificar que o estado não possui recursos financeiros para realizar obras que viabilizem a salubridade da área.

Fica evidente que nesse período a preocupação com a instalação do sistema de esgotamento sanitário se tratava de uma questão de saúde pública, que resultaria na redução da proliferação de doenças, além de tornar salubres áreas de interesse para o processo de expansão da cidade.

Nota-se também a ausência da preocupação ambiental com a forma inadequada com que o esgoto era destinado, em alguns casos em fossas domésticas, que se constituíam de valas escavadas nos quintais ou caixas que recebiam os dejetos e em seguida eram enterradas. Outra alternativa, eram recipientes chamados “tigres”, sendo estes depósitos móveis com capacidade de 50 litros que recebiam os dejetos de uma residência, sendo acumulados por vários dias, até que eram levados pelos serviçais até o mar ou outro corpo de água (ADVÍNCULA, 2009).

A partir de 1908 o sistema de saneamento básico na capital paraibana tornou-se a prioridade dos governantes, em mensagem apresentada à Assembleia Legislativa do Estado

pelo presidente Monsenhor Walfredo Leal, o mesmo afirma que “o governo está assaz empenhado em dotar a capital de um bom serviço de abastecimento de água, esgoto e iluminação”. De acordo com Nogueira (2005), nessa mesma época após assumir o governo estadual, João Machado decidiu dotar a capital paraibana de sistema de abastecimento de água e sistema de esgoto, porém as propostas para esgotamento sanitário apresentadas pelos projetistas não foram satisfatórias para o estado. Dessa forma, o governo se comprometeu apenas na contratação dos serviços de água encanada e posteriormente uma empresa privada construiria o sistema de esgoto e gerenciaria os dois sistemas (água e esgoto) – complementares por natureza.

Em 1912 foi autorizada a contratação da canalização para o esgotamento da cidade a partir da Lei nº 365 de 28 de março de 1912, entretanto, nenhuma empresa foi contratada tendo em vista que houve apenas uma proposta. As concorrentes alegaram não haver submetido propostas pela ausência de parâmetros técnicos para a elaboração de um orçamento, como afirma Nogueira (2005). Dessa forma, João Machado deixou a presidência do Estado sem executar o projeto de esgotamento sanitário da capital.

Sucedendo João Machado, Castro Pinto assume o governo e retoma a problemática da falta de esgotamento sanitário na capital paraibana, além de destacar em suas mensagens o aumento populacional e expansão urbana na capital, como mostra o trecho da mensagem a seguir:

“o melhoramento do esgoto de fezes e materias servidas nos domicilios, são injunções que não podemos esquivar [...] dados os progressos surpreendentes de sua população. A Parahyba já não aguenta a olhos vista pelo número de prédios que se edificam, mas pelo número das ruas que se improvisam, embora nas mais deploráveis condições de higiene e arquitetura ” (PINTO, 1913).

De acordo com Nogueira (2005), Castro Pinto apesar de se interessar pelo estudo da concepção do esgotamento sanitário já realizado anteriormente, o novo presidente contrata o engenheiro Francisco Saturnino de Brito, nome renomado na área sanitária no Brasil e que na época executava o projeto de esgotamento sanitário na cidade de Recife, estado de Pernambuco. O projeto foi elaborado, porém não foi executado imediatamente.

Em 1917, o presidente Francisco Camillo de Holanda retoma o projeto proposto por Saturnino de Brito e ressalta a importância da sua execução, porém por falta de recursos não foi possível tirar o projeto do papel. No ano seguinte, o mesmo reafirma que “sanear as cidades e sanear os campos é o maior problema econômico do Brasil”. Como forma de

alcançar o almejado esgotamento sanitário, o presidente propõe a criação de uma taxa sanitária, chamado imposto da saúde.

Segundo Camillo de Holanda, com o passar do tempo “o projeto desenvolvido por Saturnino tornou-se deficiente dada a expansão que a cidade teve em diversos pontos, notadamente para o sul, zonas não compreendidas no plano Saturnino”. Apesar do desejo, Camillo de Holanda não inicia as obras, devido aos custos elevados.

Apenas em dezembro de 1922 as obras foram iniciadas, a mando do presidente Solon de Lucena e dirigidas pelo Engenheiro Lourenço Baêta Neves, supervisionadas à distância por Saturnino de Brito, por fim, as obras foram concluídas em janeiro de 1926. Para o projeto final foram necessárias algumas adaptações, dada as alterações no arruamento da cidade desde a sua concepção inicial em 1913 (ADVÍNCULA, 2009).

## 5.2 PROJETO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PROPOSTO POR SATURNINO DE BRITO PARA JOÃO PESSOA - PB

De acordo com o plano geral proposto por Saturnino de Brito, a cidade receberia um sistema de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto, sendo a tubulação de drenagem pluvial separada da tubulação de dejetos.

Inicialmente a cidade foi dividida em três distritos, em dois deles o esgotamento aconteceria por gravidade e em outro, localizado em cotas mais baixas, o esgotamento ocorreria por bombeamento em estações elevatórias. Todos os distritos convergiam os seus dejetos para um coletor principal, que os reunia e encaminhava-os para um emissário geral com cerca de 1.700 metros de extensão. Esse emissário, construído em ferro fundido despejava os efluentes em dois tipos de tanques, sendo um de acumulação e um de descarga, conhecidos como “Tanque dos Esses”, construídos sob pedras de calcário aproveitando o relevo da área localizada próximo a camboa Tambiá, afluente do rio Paraíba (Figuras 6 e 7). A área total dos tanques era de 6.500 m<sup>2</sup> e o volume total de acumulação de 8.000 m<sup>3</sup>, considerado o triplo do volume de dejetos produzidos na cidade na época, segundo Nogueira, (2005).

**Figura 6: Tanques de depuração de dejetos (1922)**



**Fonte: Revista Era Nova apud Advíncula (2009).**

**Figura 7: Tanques de depuração de dejetos (1925)**



**Fonte: Revista Era Nova apud Nogueira (2005).**

Nesse processo o esgoto era armazenado nos tanques de acumulação por um tempo de detenção de aproximadamente 6 horas no período da maré baixa e na maré alta ocorria a abertura das comportas, onde o esgoto é transportado para o tanque de descarga e em seguida era lançado no corpo receptor, sem nenhum tipo de tratamento. Na época era bastante rotineiro os dejetos serem lançados *in natura* em corpos hídricos. Esse procedimento foi projetado por Saturnino de Brito acreditando que não teriam efeitos nocivos, dada a quantidade de população atendida por esgotamento e as características de autodepuração do

estuário do Rio Paraíba. De acordo com Nogueira (2005), a utilização desses tanques era uma novidade específica da capital paraibana e segundo Azevedo Netto (1987) essa técnica de tratamento foi desenvolvida na Grã-Bretanha e foi aplicado no Brasil unicamente na cidade de João Pessoa.

### 5.3 MELHORIAS NO ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE JOÃO PESSOA -PB

Ao longo dos anos notou-se a necessidade de se projetar a ampliação do sistema de esgotamento da cidade, que passava por um intenso desenvolvimento urbano e a população chegando a, aproximadamente, 170.000 habitantes em 1948. Nesse sentido, o Escritório Saturnino de Brito propôs um projeto para adequação a nova realidade da cidade, porém pouco do projeto foi executado (PMSB-JP, 2015).

Em 30 de dezembro de 1966 foram criadas a Companhia de Saneamento da Capital (SANECAP) atuando apenas na capital e a CAGEPA atuando em todo o estado. Estudos realizados pela SANECAP em 1968 demonstraram a necessidade de um novo projeto de esgotamento que contemplasse a expansão urbana da cidade.

A partir daí foi proposto pelo Escritório Saturnino de Brito um novo projeto utilizando-se dos já realizados anteriormente, dessa vez atribuindo o horizonte de projeto para o ano de 2000, estimando uma população de 518.055 habitantes para a cidade (PMSB-JP, 2015). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população de João Pessoa no ano de 2000 chegava a 597.934 habitantes, dado que revela o subdimensionamento do projeto em aproximadamente 15,5% em relação a população projetada.

As primeiras ações desse novo projeto foram executadas entre 1974 e 1979, com a construção de novos emissários, coletores gerais, estações elevatórias, além da ampliação da rede coletora da cidade (PMSB-JP, 2015).

Em 1981, diante da grande expansão urbana na zona sul da cidade, especialmente com o surgimento dos bairros de Mangabeira, Valentina de Figueiredo e Ernesto Geisel, foi instituído um novo polo de tratamento, formado pela ETE de Mangabeira, que atualmente está funcionando com duas lagoas anaeróbias em série, seguidas de uma lagoa facultativa, sendo constituída por três módulos, com mais um módulo em construção (Figura 8).

**Figura 8: ETE Mangabeira (7°11'14.95"S; 34°49'59.04"O)**



**Fonte: GoogleEarth (2018)**

Para o polo do Baixo Paraíba, as propostas começaram a surgir em 1992, tendo em vista que o sistema já encontrava-se em processo de saturação. Foi proposto pelo Engenheiro Antônio Figueiredo Lima a construção de quatro lagoas de estabilização que funcionariam de forma anaeróbia. A construção começou a ser executada no ano seguinte pela Prefeitura Municipal de João Pessoa, porém foram paralisadas logo em seguida.

Em 1997, foi proposto pelo Governo do Estado da Paraíba, o Projeto de Modernização do Setor Saneamento (PMSS), neste estudo de viabilidade são retomadas as propostas das ações de melhorias para a ETEBP.

Dessa vez, é estabelecida a conclusão das lagoas anaeróbias projetadas anteriormente, porém o projeto não é executado. Além disso, é proposto o aproveitamento das pedreiras desativadas como lagoas de estabilização do tipo anaeróbia, para o tratamento do esgoto. A exploração de calcário na área era intensa e ao término a pedreira poderia servir como lagoa, praticamente sem custos, tendo em vista que a exploração de calcário é feita seguindo curvas de nível definidas formando patamares planos que tornam-se adequados também para o uso como lagoas de estabilização (PMSS, 1997). A proposta inicial foi o aproveitamento do buraco da pedreira desativada denominada nº 7, localizada em área adjacente aos tanques dos “esses”.

A lagoa anaeróbia foi construída na pedreira nº 7 com área total de 10.590 m<sup>2</sup> e volume de 80.000<sup>3</sup>, entrando em funcionamento a partir de fevereiro de 2000, sendo responsável pelo tratamento do esgoto do bairro do Bessa e parte do bairro de Manaíra, além das cidades de Cabedelo e Bayeux. A lagoa foi projetada com um tempo de detenção de 1,5 dias. Além da lagoa anaeróbia, o sistema conta com o tratamento preliminar constituído por uma grade mecanizada, caixa de areia e um medidor de vazão do tipo calha Parshall. O

efluente da lagoa é lançado nos tanques de descarga para posterior lançamento na camboa Tambiá e, conseqüentemente, no estuário do rio Paraíba juntamente com os demais dejetos acumulados nos tanques (PMSB-JP, 2015).

Os tanques por sua vez funcionam apenas acumulando os esgotos e lançando-os no corpo receptor sem nenhum tratamento prévio.

O polo de tratamento do Baixo Paraíba conta atualmente com 4 tanques, sendo 2 de acumulação e 2 de descarga e uma lagoa anaeróbia, como mostra a Figura 9.

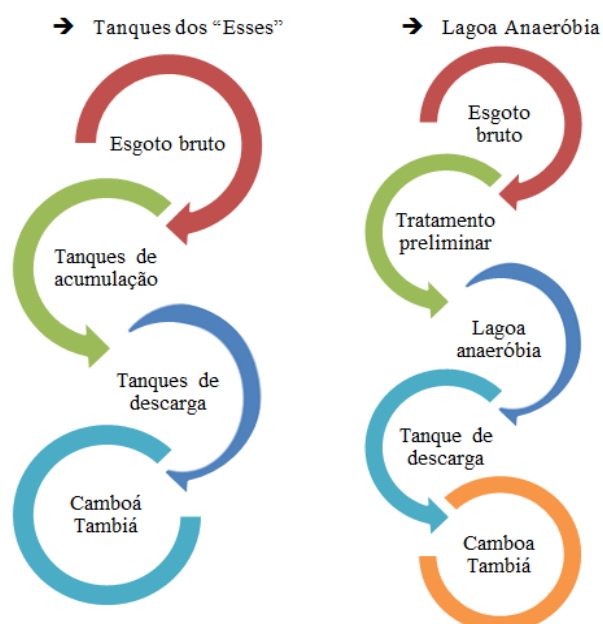
**Figura 9: Polo de tratamento do Baixo Paraíba (7°6'12.63"S; 34°52'34.86"O)**



Fonte: GoogleEarth (2018)

A figura 10 demonstra o esquema com o processo de funcionamento do polo do Baixo Paraíba nos tanques dos “esses” e na lagoa anaeróbia da pedreira nº 7.

**Figura 10: Esquema do funcionamento da ETEBP**



Fonte: Autor (2018)

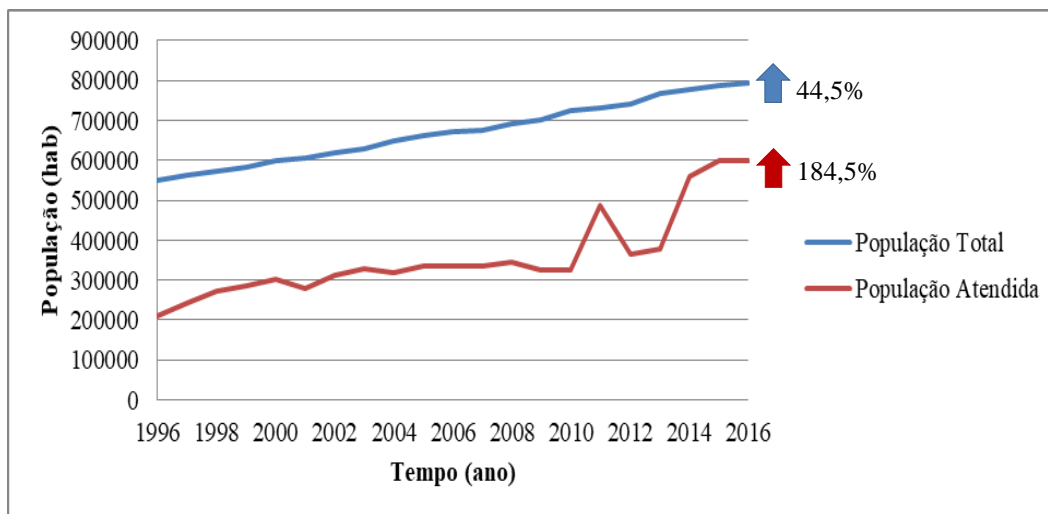
#### 5.4 DISPONIBILIDADE DO SERVIÇO DE ESGOTAMENTO EM JOÃO PESSOA

De acordo com o ranking da ABES elaborado em 2018, a cidade de João Pessoa foi categorizada como um município de grande porte e obteve 473,05 de pontuação, sendo classificada como um município com “compromisso com a universalização”. Das capitais brasileiras, a capital paraibana manteve a 5ª posição, e entre as cidades brasileiras de grande porte, João Pessoa ficou em 18º na classificação, além da capital outra cidade paraibana aparece na mesma categoria, o município de Campina Grande encontra-se em 3º lugar na classificação.

Como já mencionado, essa classificação leva em consideração todos os critérios para saneamento básico, não apenas esgotamento sanitário, mas reflete o compromisso do município com as questões sanitárias, por esta razão essa análise é importante.

Em relação aos dados disponibilizados pelo SNIS, observou-se um aumento constante na disponibilidade do serviço de esgotamento sanitário, porém como pode ser verificado pelo Gráfico 1, que houve um aumento exponencial em 2011, reduzindo no ano seguinte e em 2013 tornou a crescer. A tendência seria um aumento constante, como percebido no crescimento da população total, tendo em vista que a cidade dispõe da rede pública de esgoto.

**Gráfico 1: População total e atendida por serviço de esgotamento em João Pessoa**



**Fonte: SNIS (2018)**

Esse comportamento pode ser explicado por erros no fornecimento dos dados por parte do município ou pela fragilidade no serviço prestado pelo município.

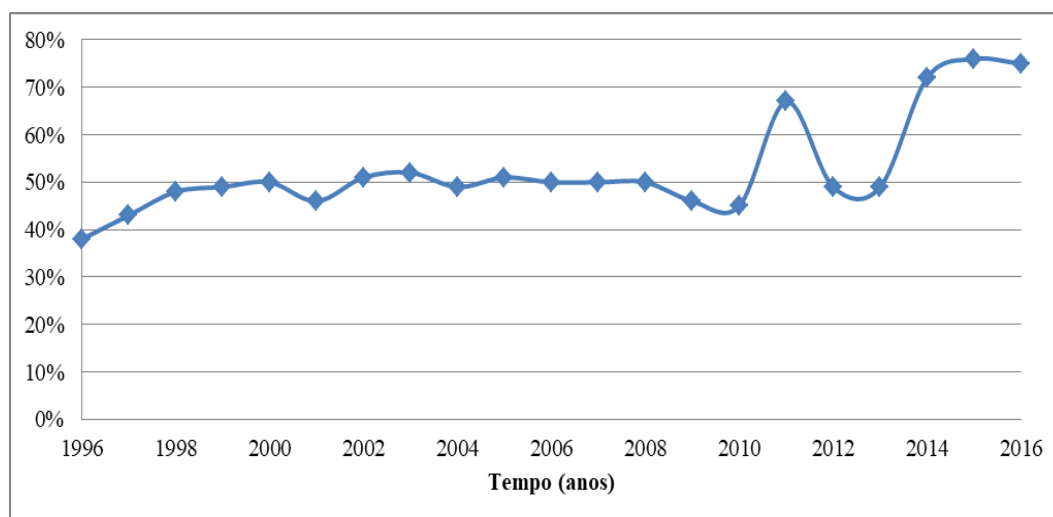
Nota-se que as demais informações são consistentes, havendo um aumento constante da população ao longo dos anos, dessa forma, o erro no fornecimento dos dados ao portal do

SNIS por parte do prestador do serviço do município torna-se a conclusão mais aceitável. Scriptorre e Toneto Júnior (2012), afirmam que os dados do SNIS podem conter erros não captados pelos testes de consistência ou pela falta no fornecimento dos dados, já que não existe legislação que obrigue tal prática. Porém, apesar das limitações encontradas, o SNIS é o maior banco de dados com informações sobre saneamento básico no Brasil.

Verificou-se ainda, que a cidade cresceu de 549.363 habitantes em 1996 para 794.277 habitantes em 2016, representando um aumento de 44,5%, enquanto que o atendimento com esgotamento sanitário na cidade, nesse período passou de 210.000 habitantes atendidos em 1996 para 599.499 habitantes, representando um aumento de 185,4%. Observa-se também que ao longo do tempo houve crescimento na quantidade da população atendida com esgotamento sanitário, exceto no ano 2012 com uma grande redução e em 2001, 2004 e 2009 que houveram pequenas reduções no número de atendimentos.

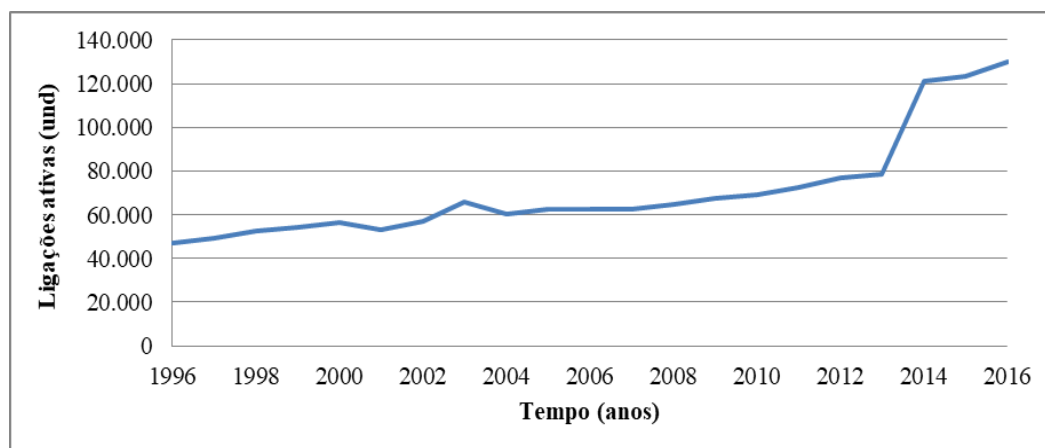
Pelo Gráfico 2 a seguir, pode-se notar o grande aumento na disponibilidade do serviço de esgotamento a partir do ano de 2014, mantendo assim uma média de 75% da população atendida com esgotamento sanitário na cidade de João Pessoa.

**Gráfico 2: Índice de atendimento com esgotamento sanitário em João Pessoa**



**Fonte: SNIS (2018)**

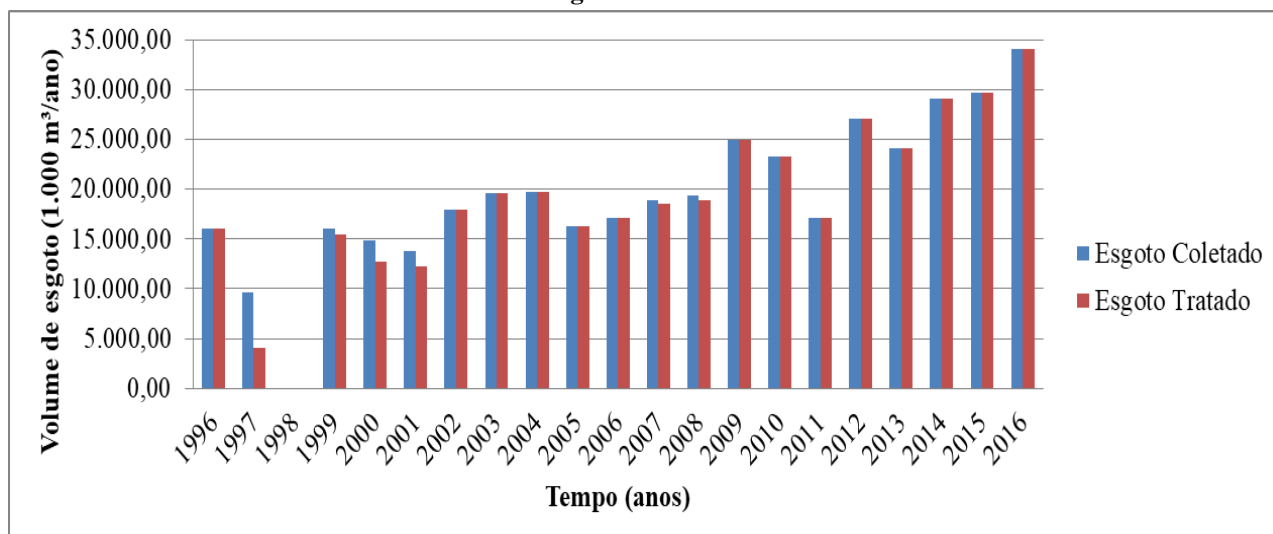
As ligações ativas de esgoto na cidade foram crescentes ao longo dos anos, com exceção dos anos de 2001, 2004 e 2006 onde houve pequenas reduções no número de ligações ativas, como mostra o Gráfico 3.

**Gráfico 3: Quantidade de ligações ativas de esgoto em João Pessoa**

Fonte: SNIS (2018)

Se tratando do volume de esgoto coletado e tratado ao longo dos anos, nota-se uma grande variação. Essa variação é resultado dos diversos fatores que influenciam na produção, coleta e tratamento de esgoto, que vão desde o consumo *per capita* de água nas residências e comércios até as competências do poder público. Apesar dessa variação, nota-se que o tratamento de todo o esgoto coletado em João Pessoa passou a realizar-se a partir do ano de 2002, com exceção dos anos 2007 e 2008. Vale salientar também a falta de dados fornecidos no ano de 1998, como pode ser observado no Gráfico 4.

O volume total de esgoto coletado e tratado na cidade em 2016 foi de 34.105,61 (1.000 m<sup>3</sup>/ano), como a ETEBP é responsável por atender 70% da cidade, na estação foram tratados 23.873,93 (1.000 m<sup>3</sup>/ano). Vale destacar que esse valor pode ser menor do que o esgoto produzido na cidade, tendo em vista os vazamentos que por ventura ocorram na rede coletora de esgoto.

**Gráfico 4: Volume de esgoto coletado e tratado em João Pessoa**

Fonte: SNIS (2018)

O índice de coleta de esgoto para a cidade de João Pessoa revelou que em 1996 apenas 26,9% dos esgotos produzidos eram coletados. Já para o ano de 2016, esse índice passou a ser de 78,7%.

Entre as capitais nordestinas, apenas João Pessoa e Salvador foram classificadas na categoria “compromisso com a universalização”, obtendo a capital paraibana a melhor pontuação no ranking 2018 da ABES, ficando as demais capitais classificadas como “empenho para universalização” (Tabela 2).

**Tabela 2: Classificação das capitais nordestina no ranking da ABES**

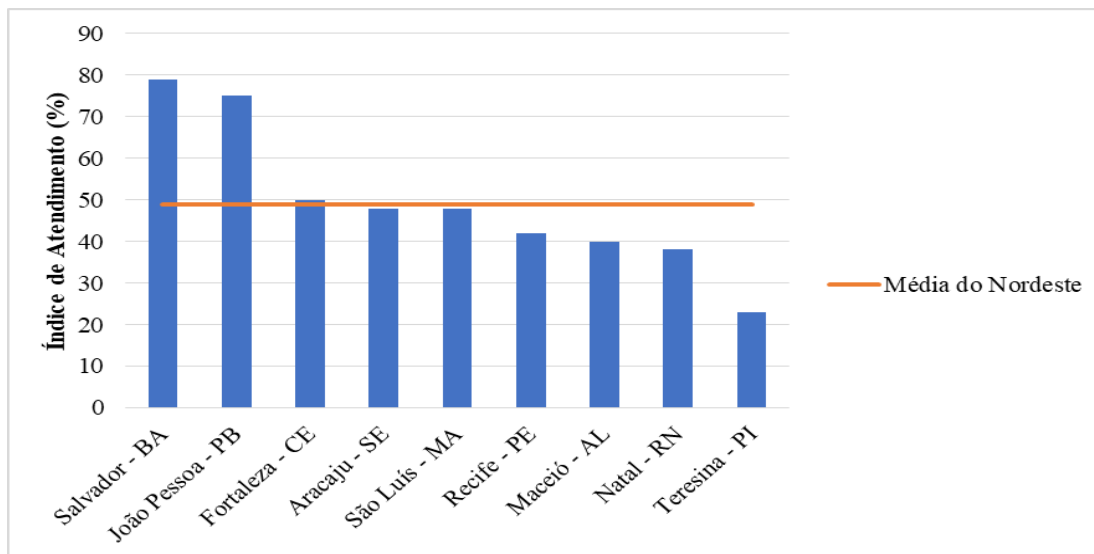
<b>Capital</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Classificação</b>
João Pessoa – PB	473,05	Compromisso com a universalização
Salvador – BA	465,99	Compromisso com a universalização
Maceió - AL	434,49	Empenho para universalização
Recife – PE	417,67	Empenho para universalização
Aracaju – SE	411,58	Empenho para universalização
Fortaleza – CE	397,48	Empenho para universalização
Natal – RN	364,94	Empenho para universalização
São Luís – MA	343,67	Empenho para universalização
Teresina – PI	231,68	Empenho para universalização

**Fonte: ABES (2018)**

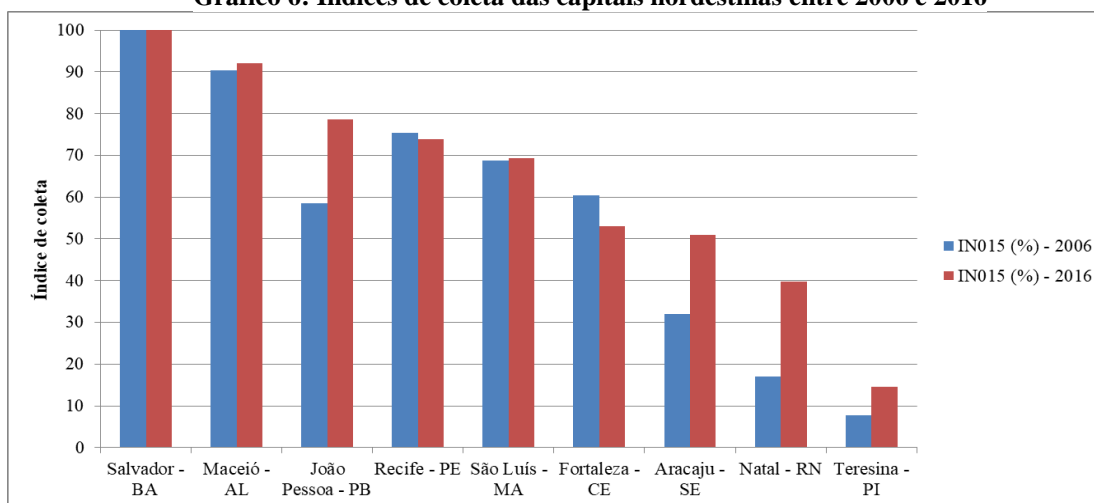
A partir dos dados do SNIS pode-se afirmar que a cidade de João Pessoa encontra-se como uma das capitais nordestinas com maior disponibilidade no serviço de esgotamento sanitário da região, enquanto a média entre as capitais fica em torno de 49%, a capital paraibana mantém uma média de atendimento em torno de 75%, como já mencionado. A capital do Nordeste com maior disponibilidade no serviço de esgotamento sanitário é Salvador – Bahia, por outro lado, a capital com o menor índice de atendimento é Teresina – Piauí, como mostra o Gráfico 5.

Os dados revelaram ainda que os municípios de Salvador e Maceió apresentaram os maiores índices de coleta de esgoto no período de tempo analisado, como mostra o Gráfico 6.

A capital baiana merece destaque por se tratar da maior população entre as capitais nordestinas e a terceira maior em extensão. Dessa forma, torna-se um desafio manter um sistema de esgotamento eficiente que atenda todo o município.

**Gráfico 5: Índice de atendimento por esgotamento nas capitais nordestinas**

Fonte: SNIS (2018)

**Gráfico 6: Índices de coleta das capitais nordestinas entre 2006 e 2016**

Fonte: SNIS (2018)

Ainda analisando o Gráfico 6, percebe-se que a capital paraibana destacou-se como uma das capitais que mais elevou o índice de coleta de esgoto, passando de 58,5% para 78,7%, com isso passou a ter o 3º maior índice entre as capitais nordestinas em 2016.

Vale destacar ainda que a cidade de João Pessoa possui uma das menores populações e extensão territorial entre as capitais estudadas. Dessa forma, a concepção de um sistema eficaz que atenda a necessidade da população e toda extensão territorial torna-se algo menos complexo comparado a outras capitais nordestinas, como é o caso de Salvador.

## 5.5 AVALIAÇÃO DO POLO DE TRATAMENTO DO BAIXO PARAÍBA

Atualmente o polo de tratamento do Baixo Paraíba atende aproximadamente 70% da coleta e tratamento do esgoto da cidade de João Pessoa, através de um sistema rudimentar de dois tanques de acumulação e dois tanques de descarga (Figura 11 e 12) e de uma lagoa anaeróbia (Figura 13) que atende uma pequena parcela da capital paraibana, além das cidades vizinhas, Cabedelo e Bayeux. O efluente que chega aos tanques é acumulado durante a maré baixa e lançado na camboa Tambiá na maré alta, já o efluente tratado pela lagoa anaeróbia da pedreira nº7 é lançado nos tanques de descarga e em seguida também são lançados na camboa Tambiá.

**Figura 11: Tanques de acumulação**



Fonte: Autor (2018)

**Figura 12: Tanques de descarga**



Fonte: Autor (2018)

**Figura 13: Lagoa anaeróbia da pedreira n° 7**



**Fonte: Autor (2018)**

Como a visita ao polo foi realizada no período de maré baixa não foi possível verificar a abertura das comportas para o escoamento do esgoto e também a manobra nos tanques de descarga para o efluente ser lançado na camboa Tambiá. Porém, nota-se pela Figura 12 que um dos tanques encontra-se totalmente assoreado e com grande presença de vegetação, o que demonstra a falta de manutenção do local, levando a acreditar que o processo de tratamento do esgoto, que já não é o ideal, não ocorre de maneira tão eficiente.

O funcionamento dos tanques de acumulação e descarga ocorre desde 1926 como já mencionado, e até hoje grande parte do esgoto de João Pessoa é descarregado nesses tanques com o mesmo procedimento de quando projetado (Figura 14).

**Figura 14: Esgoto chegando aos tanques de acumulação**



**Fonte: Autor (2018)**

Nos tanques nenhum tipo de tratamento preliminar ou biológico ocorre ao longo de todo procedimento. O esgoto lançado vai se acumulando durante a maré baixa (Figura 15) e em alguns pontos o lodo está muito aflorado (Figura 16), demonstrando ausência de limpeza do local. É de fundamental importância o tratamento preliminar, tendo em vista que o gradeamento remove os sólidos grosseiros presentes no esgoto e o desarenador os sólidos sedimentáveis, como a areia. Com a ausência desse tratamento nos tanques, o acúmulo de areia desfavorece o transporte do efluente e como consequência, atrapalha também o processo de depuração do esgoto, como ressalta Nuvolari (2003).

**Figura 15: Esgoto sendo acumulação nos tanques na maré baixa**



Fonte: Autor (2018)

**Figura 16: Depósito de lodo ao longo do tanque de acumulação**



Fonte: Autor (2018)

O sistema de tanques encontra-se com as instalações bem comprometidas (Figura 17). Para manter um desempenho adequado no tratamento do efluente, são necessárias as manutenções preventivas e corretivas visando um melhor desempenho da estação, como enfatiza ReCESA-1(2008) “o efetivo controle operacional de qualquer SES depende de um programa de monitoramento que, além de incluir as análises físico-químicas e microbiológicas, também realize levantamentos de informações relativas ao funcionamento e à operação do sistema”.

**Figura 17: Comporta no tanque de acumulação**



**Fonte: Autor (2018)**

No tratamento anaeróbio a eficiência da remoção de DBO é em torno de 40% a 70% (VON SPERLING, 1996), dessa forma, a construção de um sistema composto apenas por lagoa anaeróbia não representa um sistema completamente eficaz na redução de DBO. Nesse caso, o efluente ainda possui elevada concentração de carga orgânica, havendo então a necessidade de um tratamento complementar (MENDONÇA & MENDONÇA, 2016). Na ETEBP, após a lagoa anaeróbia o efluente é lançado nos tanques de acumulação e posteriormente na camboa Tambiá sem nenhum outro tipo de tratamento. Esse tipo de tratamento apenas com a utilização de lagoa anaeróbia, não é comum.

Um tratamento mais utilizado nesse caso é um sistema composto por lagoa anaeróbia seguida facultativa, formando o conhecido sistema australiano. A primeira lagoa é anaeróbia e possui menor área superficial, fazendo um tratamento parcial, aliviando a carga orgânica para a segunda lagoa, sendo esta última facultativa. Esse sistema é relativamente simples, pois não requer mão de obra especializada, sendo uma obra de simples execução (VON SPERLING, 1996).

Na área adjacente a lagoa anaeróbia existem outras pedreiras em que já foram feitos estudos para a viabilização de sua utilização como lagoas de estabilização, após a desativação da exploração de calcário, exatamente como ocorreu com a pedreira nº 7. Para tanto, seria fundamental e necessário analisar se as condições dessas pedreiras permitiriam desenvolver sistemas mais eficazes, como o sistema australiano, mencionado anteriormente. Em caso da construção de novas lagoas de estabilização na área, é fundamental a desativação dos tanques dos “esses” como receptores de esgoto bruto da cidade de João Pessoa, tendo em vista que o sistema de tratamento utilizado não é adequado. A estrutura dos tanques poderia funcionar como uma espécie de decantador secundário e passar a receber o efluente tratado das lagoas de estabilização, reduzindo, ainda mais, o efeito negativo do lançamento do efluente final lançado na camboa Tambiá.

Apesar da construção da lagoa anaeróbia na pedreira nº 7 representar um aporte na redução da carga orgânica lançada nos tanques, essa lagoa tem profundidade de 8m, normalmente as lagoas anaeróbias possuem profundidades em torno de 3m a 5m, medida suficiente para reduzir a penetração do oxigênio produzido na superfície, além disso, possuem em geral, forma quadrada (MENDONÇA & MENDONÇA, 2016). É necessário ressaltar que as medidas da lagoa anaeróbia seguiram o aproveitamento e adaptações da pedreira desativada e que, devido a isso, possui uma forma irregular e profundidade excessiva. Essa profundidade excessiva representa um elemento complicador da manutenção da lagoa, especialmente com relação à remoção do lodo. De acordo com informações do operador da lagoa, ao longo dos anos de seu funcionamento ainda não houve remoção do lodo, apenas limpezas para retiradas dos materiais em suspensão e da vegetação aquática. Segundo Gonçalves (1999), “a limpeza do lodo das lagoas de estabilização deve ser efetuada pelo menos a cada cinco anos”, intervalo que já foi ultrapassado para a lagoa anaeróbia da pedreira nº 7.

O tratamento preliminar na lagoa anaeróbia é composto por grade mecânica (Figura 18) e caixa de areia, porém a grade mecânica não estava em funcionamento, pois o rastelo encontrava-se quebrado. Segundo dados do PMSB-JP (2015), desde o início do ano de 2015 esse fato ocorre, e até os dias atuais, nenhuma providência foi realizada por parte dos órgãos competentes administradores do local. Com essa situação houve um aumento no acúmulo de materiais retidos na grade e, apesar da remoção manual ocorrer, ela não é tão eficiente quanto à mecanizada, tendo em vista que a noite o sistema não é limpo. O material retido é armazenado, temporariamente, ao lado do tratamento preliminar como pode ser observado na

Figura 19, o que não é recomendável, pois esse material pode ser facilmente levado pelo vento até a lagoa, causando transtornos para o processo de tratamento.

**Figura 18: Grade mecanizada no tratamento preliminar na ETEBP**



**Fonte: Autor (2018)**

**Figura 19: Material retirado manualmente da grade**



**Fonte: Autor (2018)**

A caixa de areia atua na remoção da areia, evitando assim aumentar o assoreamento nas demais fases do tratamento e consequentemente no corpo receptor de esgoto. A caixa de areia da ETEBP (Figura 20) recebe limpezas periódicas realizadas por caminhões de sucção através de bombas com rotores abertos e os resíduos são dispostos em uma área localizada nas dependências da ETE de Mangabeira. Essa limpeza é fundamental para o bom desempenho da

lagoa, pois se “não houver uma boa remoção nos desarenadores, esse material será direcionado para o fundo das lagoas, influenciando na frequência de remoção do lodo”, como afirma Gonçalves (1999).

**Figura 20: Caixa de areia do tratamento preliminar na ETEBP**



**Fonte: Autor (2018)**

A calha Parshall é a unidade mais utilizada para medição de vazões em ETE. A lagoa anaeróbia da pedreira n° 7 foi projetada para tratar em torno de 44.000 m<sup>3</sup>/dia, porém o medidor de vazão, a calha Parshall, não funciona no local, o que impede a verificação desta medição (Figura 21).

**Figura 21: Calha Parshall na ETEBP**



**Fonte: Autor (2018)**

O polo atualmente atende em torno de 433.757 habitantes. Em 1926, quando construídos, os tanques dos “esses” era o único local de tratamento de esgoto da cidade e a população de João Pessoa na época era de aproximadamente 77.692 habitantes, segundo projeções do IBGE.

Considerando o número atual de habitantes atendidos pelo sistema dos tanques dos “esses”, nota-se que está bem acima da população que era atendida na época da sua projeção e inauguração, fator determinante na eficiência do serviço do polo e também da qualidade do efluente lançado no corpo receptor.

Nesse sentido, a camboa Tambiá passou a receber grande carga orgânica oriunda do esgoto da capital paraibana e pela provável incapacidade de depurar totalmente os dejetos, parte passou a chegar também ao estuário do rio Paraíba, causando um agravamento nas condições ambientais do local. Como afirma Machado (1999) “os efeitos negativos dos despejos de esgoto podem ser evitados, desde que a quantidade produzida do efluente se torne inferior à capacidade de depuração dos corpos receptores”. De acordo com Reis (2016), quando a contaminação dos corpos receptores de esgoto ocorre, é pela “capacidade limitada de diluição do corpo hídrico e como resultado da falta de investimento em sistemas de esgotamento sanitário e baixa eficiência dos já existentes”.

## 5.6 MONITORAMENTO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DO BAIXO PARAÍBA

De acordo com os dados fornecidos pela CAGEPA há ausência total de OD em todos os pontos coletados. Em relação aos outros parâmetros observa-se que há variação entre os pontos amostrais expostos (Tabela 3).

**Tabela 3: Dados do monitoramento da ETEBP**

Parâmetros	Esgoto Bruto		Lagoa Anaeróbia		Tanque dos Esses	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
pH	7,1	0,2	6,8	0,1	7,0	0,1
DBO <sub>5,20</sub> (mg/L)	263,5	137,9	100,6	13,8	117,2	55,0
DQO (mg/L)	421,2	256,3	141,9	51,3	177,1	79,6
Sólidos totais (mg/L)	658,4	226,1	482,9	63,1	1784,0	2173,4
Coliformes termotolerantes (coliforme/100mL)	1,02E+07	4,3E+06	3,4E+06	1,03E+07	1,3E+06	9,9E+05

Fonte: Adaptado de LAMEC (2017)

Analisando os dados da Tabela 3 verifica-se claramente que o tratamento da lagoa anaeróbia da pedra n° 7 consegue reduzir de maneira expressiva, a maioria dos parâmetros,

havendo em seguida, uma aumento nos valores após o encontro com o efluente dos tanques dos “esses”, com exceção dos coliformes termotolerantes que também foram reduzidos.

Os dados de pH não sofreram alterações acentuadas entre os pontos coletados, por outro lado, os sólidos totais do efluente no tanque dos “esses” foi bem acima do verificado na lagoa anaeróbia e também no esgoto bruto. A partir desse resultado, pode-se deduzir que a quantidade de lodo aflorando nos tanques sem a remoção adequada e também a ausência do tratamento preliminar no sistema dos tanques pode influenciar no alto valor verificado para os sólidos totais nesse ponto.

Ainda a partir da Tabela 3, foi possível perceber a redução da DBO, da DQO e dos sólidos totais após o tratamento anaeróbio na lagoa da pedreira nº 7. O processo de tratamento na lagoa anaeróbia teve eficiência na redução da DBO de 61,8% e da DQO de 66,3%. Estudos realizados por Almeida et al. (2005) nesta mesma lagoa, mostraram que a remoção da DBO teve eficiência de 71,7% e de remoção da DQO foi de 66,1%. Esses dados demonstram, a princípio, que houve uma redução na eficiência da remoção de DBO ao passar dos anos e praticamente a mesma eficiência na remoção da DQO. Apesar dessa redução na eficiência, a lagoa anaeróbia ainda está dentro da média da eficiência de remoção de DBO para lagoas deste tipo.

## 5.7 ESTUDOS NA CAMBOA TAMBIA, CORPO RECEPTOR DE ESGOTO DOMÉSTICO

Dados de monitoramento do corpo receptor de esgoto da ETEBP são relativamente escassos, entretanto, alguns trabalhos já foram realizados no local e servem de referências para analisar a situação ambiental do local.

Em estudo realizado em toda a extensão do estuário do rio Paraíba, desenvolvido pelo Núcleo de Estudos e Pesquisas de Recursos do Mar da Universidade Federal da Paraíba (NEPREMAR/UFPB) ainda na década de 70, foi verificada alterações nas condições ambientais na camboa Tambiá e também no estuário do rio Paraíba na área de confluência com a camboa.

Nesse estudo foi verificado que o OD no ponto localizado na camboa Tambiá apresentou os menores valores comparado aos demais pontos estudados, chegando a ter completa ausência de oxigênio durante o período de maré baixa e chegando ao valor médio de 2,14 mg de O<sub>2</sub>/L na maré alta.

Para a área de confluência da camboa com o estuário foi verificado valor médio de OD de 2,52 mg de O<sub>2</sub>/L na maré baixa e de 3,14 mg de O<sub>2</sub>/L durante a maré alta. Valores tão baixos não foram verificados em nenhum outro ponto estudado, levando a acreditar que esse comportamento se deu pela grande quantidade de matéria orgânica proveniente dos esgotos que, apesar de serem lançados na citada camboa na maré alta, atinge também a maré baixa, fazendo com que o oxigênio seja consumido durante o processo de decomposição da matéria orgânica.

A partir desse estudo do NEPREMAR, pode-se perceber que ainda na década de 70 as condições ambientais na camboa Tambiá, principalmente os teores de oxigênio dissolvido, já eram preocupantes, tendo em vista que “o oxigênio é um dos gases dissolvidos mais importantes na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos”, como afirma Esteves (1998).

Durante os anos de 2012 e 2013, um novo estudo foi realizado por Sousa et al. (2013) na área da camboa Tambiá e na confluência entre a camboa e o estuário do rio Paraíba. Nesse estudo foram encontrados valores de turbidez na camboa Tambiá bem acima dos valores verificados nos pontos a montante e a jusante da área de confluência entre a camboa e o estuário. De acordo com Sperling (2005), “a turbidez demonstra o grau de interferência com a passagem de luz através da água e seus constituintes responsáveis são os sólidos em suspensão”. O mesmo autor salienta que a turbidez pode ter origem natural, porém, quando relacionada à origem antrópica podem indicar a presença de compostos tóxicos e organismos patogênicos e por diminuir a penetração de luz, acarreta no prejuízo da fotossíntese nos corpos hídricos. Com isso, verifica-se a influência do lançamento de esgoto na camboa, aumentando a sua turbidez e como consequência reduzindo processos naturais e essenciais ao equilíbrio do corpo hídrico, como é o caso da fotossíntese.

Para OD verificou os menores valores na camboa Tambiá, chegando a 4,8 mg de O<sub>2</sub>/L e em seguida um aumento após a área de confluência da camboa com o estuário do rio Paraíba chegando a 8,9 mg de O<sub>2</sub>/L, demonstrando assim, que com a influência das águas do estuário, as condições ambientais vão melhorando ao longo do processo de diluição do efluente. Porém, vale ressaltar que as condições da camboa são bem desfavoráveis.

## 6. CONCLUSÕES

O sistema de esgotamento sanitário da capital paraibana, que é um dos mais antigos do país, foi bastante eficiente quando instalado em 1926, em função de um número relativamente baixo de ligações na época e, conseqüentemente, baixa produção de esgoto na cidade.

Apesar dos processos de melhoria e expansão do sistema de esgotamento sanitário da cidade de João Pessoa, parece não ter sido suficiente para a redução dos efeitos negativos sobre a camboa Tambiá e o estuário do rio Paraíba, uma vez que tais ações não foram direcionadas com maior eficácia no polo de tratamento do Baixo Paraíba.

A adaptação da pedreira desativada nº 7 como lagoa anaeróbia, representou um aporte na redução da carga orgânica lançada no corpo receptor, porém, esta não foi suficiente para minimizar o impacto sobre a camboa Tambiá, tendo em vista que o sistema não é totalmente eficiente.

Ainda que a situação atual da camboa Tambiá seja crítica, a cidade de João Pessoa aparece em situação de destaque na região Nordeste, com índices de coleta e tratamento de esgoto bem acima da média da região.

Apesar das diversas ações realizadas no processo de expansão e melhorias no sistema de esgotamento sanitário de João Pessoa, são fundamentais que haja ações de manutenção, fiscalização e correção quando necessárias, dos serviços prestados.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preocupação da sociedade com esgotamento sanitário tem sido um tema em evidência nos últimos anos, mas, apesar disso, ainda é notório o descaso da gestão pública em relação a esta temática.

Diversas técnicas de esgotamento sanitário são aplicáveis e podem se adequar a realidade de cada localidade, porém, em nosso estado, o que temos visto é a deterioração dos corpos hídricos a partir de lançamento de esgoto sem tratamento ou fora dos padrões de lançamento exigidos pela legislação ambiental.

No caso particular do estuário do rio Paraíba, apesar de diversos impactos ambientais em toda a sua extensão, o lançamento de esgoto doméstico têm sido o principal responsável pela queda da produção pesqueira do estuário, levando ao empobrecimento de comunidades pesqueiras e exposição a riscos de diversas doenças de veiculação hídrica.

Apesar dos dados de saneamento básico na capital paraibana serem otimistas, é necessário refletir não só pela quantificação dos serviços, mas também pela qualidade dos serviços de esgotamento prestados. É urgente a necessidade de voltar às atenções para um sistema eficiente de tratamento que atenda a população, mas também mantenha as condições ambientais adequadas dos recursos hídricos utilizados como corpo receptor de esgoto, para isso, torna-se necessário que o tema seja prioridade dos gestores públicos.

## REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9648 – **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro. 1986.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12209 – **Projeto de estações de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro. 1992.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12209 – **Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro. 2011.

ADVINCULA, C. C. B. **Entre miasmas e micróbios: A instalação de redes de água e esgoto na cidade da Parahyba do Norte (PB) e outras medidas de salubridade – 1910/1926**. 2009. 153 f. Dissertação – (Mestrado em História) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

ALBUQUERQUE, G.. **Elaboração de um modelo de valoração quantitativa das garantias para o setor de saneamento com utilização de Simulação de Monte Carlo: o caso da PPP de Esgoto para a Região Metropolitana do Recife e Município de Goiana**. Dissertação, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2014.

ALMEIDA, T. M. V.; ARRUDA, C. B. A.; OLIVEIRA, R.; COURA, M. A.; ALVES, K. G. B. **Estudo das condições operacionais de uma lagoa anaeróbia profunda e produção de lodo durante seu tempo de funcionamento na estação de tratamento de esgotos da bacia do Rio Paraíba na grande João Pessoa**. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, 2015.

ARAÚJO, J. P. **Mensagem apresentada a Assembleia Legislativa do Estado da Parahyba do Norte**. Imprensa Oficial, Parahyba do Norte, 1904.

AZEVEDO NETTO, M.; PARLATORE, A.C.; ROSSIN, A.C.; MANFRINI, C. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. 3 ed. São Paulo: CETESB; 1987. v.2.

AZEVEDO NETTO, M.; ALVAREZ, G. A. **Manual de hidráulica**. 6. ed. São Paulo: Blucher , 1973. v. II.

BRANCO, S. M. **Poluição: a morte de nossos rios**. 2. ed. São Paulo: Ascetesb, 1983.

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Resolução nº 357 de março de 2005**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2005.

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Resolução nº 430 de maio de 2011**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2011.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Brasília, DF, jan 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 20 jun. 2018.

CAVINATTO, V. M. **Saneamento básico: fonte de saúde e bem-estar**. São Paulo: Ed. Moderna, 1992.

CETESB. **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Sistemas de Esgotos Sanitários**. 2ª. ed. São Paulo: CETESB, 1977. 467 p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/Finep, 1988.

GONÇALVES, R. F. **Gerenciamento do lodo de lagoas de estabilização não mecanizadas**. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB.1999.

HOLANDA, F. C. H. **Mensagem apresentada a Assembleia Legislativa do Estado da Parahyba do Norte**. Imprensa Oficial, Parahyba do Norte, 1918.

HOLANDA, F. C. H. **Mensagem apresentada a Assembleia Legislativa do Estado da Parahyba do Norte**. Imprensa Oficial, Parahyba do Norte, 1920.

JOÃO PESSOA. **Lei Complementar nº 93, de 30 de dezembro de 2015. Dispõe sobre a política municipal de saneamento básico do município de João Pessoa, seus instrumentos, e dá outras providências**. Semanário Oficial Edição Especial, 30 dez 15, nº 1.509. p. 1.

JOÃO PESSOA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa**. Junho, 2015.

JORDÃO, E.P. & PESSOA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6ª Edição. ABES, Rio de Janeiro, 2011. 969 p.

LAZAROVA, V. **Advanced wastewater disinfection technologies: state of the art and perspectives**. Water Science and Technology, v. 40, n. 4-5, p. 203-213, 1999.

LEME, E. J. de A. **Manual Prática de Tratamento de Águas Residuárias**. Edufscar, 2010.

LEONETI, A. B. PRADO, E. L. OLIVEIRA, S. V. W. B. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI**. RAP — Rio de Janeiro 45(2): 331-348, mar./abr. 2011. ISSN 0034-7612.

LIMA, D. C. I. **Caracterização do abastecimento público de água potável no município de Macapá**. 45 f. Monografia. Universidade Federal do Amapá. Macapá, 2013.

LIMA, S. C. R. B. de. **Aspectos demográficos da cobertura de serviços de saneamento no Brasil urbano contemporâneo**. 2005. 152 p. Tese (Doutorado) - Pós Graduação em Demografia, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2005.

MACHADO, J. L. **Mensagem apresentada a Assembleia Legislativa do Estado da Parahyba do Norte**. Imprensa Oficial, Parahyba do Norte, 1912.

MACHADO, P. J. **Capacidade, suporte e sustentabilidade ambiental**. Geosul, Florianópolis, v. 14, n. 27, p. 122-127, jan./jun. 1999.

MARA, D. D. **Sewage treatment in hot climates**. London: John Wiley & Sons, 1976.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H.F.,(editores). **Reuso de Água**. Barueri, São Paulo.: Manole, 2003.

MENDONÇA, S. R. & CEBALOS, B. S. O. **Lagoa de Estabilização e Aeradas Mecanicamente: Novos Conceitos**. João Pessoa, 1990.

MENDONÇA, S. R.; MENDONÇA, L. C. **Sistemas sustentáveis de esgotos: orientações técnicas para projeto e dimensionamento de redes coletoras, emissários, canais, estações elevatórias, tratamento e reuso na agricultura**. São Paulo: Blucher, 2016.

MENDONÇA, R. **Conservar e criar: natureza, cultura e complexidade**. Editora Senac São Paulo. São Paulo, 2005.

Ministério das Cidades. (2008). **Processos de tratamento de esgotos: guia do profissional em treinamento**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – Brasília.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro, ABES, 1997.

NEVES, E. T. **Curso de hidráulica**. Porto Alegre: Editora Globo, 574 p. 1974.

NOGUEIRA, H. C. **As primeiras décadas da eletricidade e do saneamento básico na capital paraibana, 1900 à 1940**. 2005, 111f. Dissertação - (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Tecnologia da UFPB, João Pessoa, 2005.

NUVOLARI, A. **A construção das redes de esgoto sanitário**. In: NUVOLARI, A. (coord.); Faculdade de Tecnologia de São Paulo. Fundação de apoio à tecnologia; Centro Paula Souza. Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola. São Paulo: Edgard Blucher, 2003. 520 p. Capítulo 6.

OLIVEIRA, C. M. R. **Aplicabilidade de sistemas simplificados para estações de tratamento de esgoto de cidades de pequeno porte**. 88 p. Monografia. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2014.

PIMENTEL, C. E. B. & CORDEIRO NETTO, O. M. **Proposta Metodológica de Classificação e Avaliação Ambiental de Projetos de Saneamento**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1998.

PINTO, J. P. C. **Mensagem apresentada a Assembleia Legislativa do Estado da Parahyba do Norte**. Estabelecimento Gráfico Torre Eiffel, Parahyba do Norte, 1913.

PIVELI, R. P. **Apostila: Tratamento de Esgotos Sanitários**. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

PONTING, C. **Uma história verde do mundo**. Trad.: Ana Zelma Campos. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1995.

ReCESA 1 – Rede Nacional de Extensão e Capacitação Tecnológica em Saneamento Ambiental. **Processos de tratamento de esgotos: Guia do Profissional em Treinamento – Nível 1**. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Belo Horizonte, 2008. 72p.

ReCESA 2 – Rede Nacional de Extensão e Capacitação Tecnológica em Saneamento Ambiental. **Esgotamento sanitário: Operação e manutenção de sistemas simplificados de**

**tratamento de esgotos: Guia do Profissional em Treinamento – Nível 2.** Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Belo Horizonte, 2008. 112p.

REIS, E. R. M. B. P. **Avaliação da capacidade de suporte do Arroio da Ronda na cidade de Ponta Grossa.** 63 p. Monografia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

Relatório apresentado á Assembleia Legislativa da província da Parahyba em 21 de setembro de 1881 pelo presidente Dr. Justino Ferreira Carneiro. Parahyba do Norte, Typ. do "Liberal Parahybano," 1882. Disponível em <http://www-apps.crl.edu/brazil/provincial/paraiba>. Acesso em 12 jun. de 2018.

RIBEIRO, J. W. & ROOKE, J. M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública.** Curso de Especialização. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

RODRIGUEZ, W. **Roteiro Sentimental de Uma Cidade.** 2ª edição, João Pessoa, A UNIÃO Editora, 1994.

SANTANA, H. B. **A importância do saneamento básico na área urbana do município de São João do Rio do Peixe-PB, com um enfoque no esgotamento sanitário.** 68 p. Monografia. Universidade Federal da Campina Grande. Cajazeiras, 2014.

SANTOS, A.S.P., **Tratamento de Águas Residuárias.** Notas de aula – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2012.

SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira.** 5º ed São Paulo: EDUSP, 2005.

SCHAFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais.** Porto Alegre: UFRGS, 1985.

SCRIPTORE, J. S; TONETO JÚNIOR, R. **A estrutura de provisão dos serviços de saneamento básico no Brasil: uma análise comparativa do desempenho dos provedores públicos e privados.** Revista de Administração Pública, vol.46, n. 6, Rio de Janeiro Nov./Dec. 2012.

SNIS - **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento** (2018). Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/serieHistorica>>. Acesso em 08 jul. de 2018.

SNIS - **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento** (2016). Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2016.

SOARES, S.R.A.; BERNARDES, R.S.; CORDEIRO NETTO, O.M. **Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento.** Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 18, p. 1713-1724, 2002.

SOUSA, C. S.; LUCENA, D. R.; GOMES, V. S.; VASCONCELOS, R. W.; SANTOS, E. A.; FERRAZ, E. K. V.; FONSECA, D'A.; SILVA, O. A. **Efeitos dos despejos de esgoto no estuário do Rio Paraíba sobre a conservação dos manguezais da Flona Restinga Cabedelo: Contaminação da água.** XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, 2013.

SILVA, G. H. **Sistema de alta eficiência para tratamento de esgoto residencial – estudo de caso na lagoa da Conceição**. Monografia. Programa de graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

TRIVIÑOS, Augusto. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

TSUTIYA, M. & ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. São Paulo, Escola Politécnica da USP. 2ª Edição. 1999.

VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização**. Departamento de Engenharia Sanitária E ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996. 34 p.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Vol. 1 – Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3ª Edição. Editora UFMG - Belo Horizonte, 2005. 452 p.