



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**ERIKA THAYSA DA SILVA MESQUITA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DAS ÁGUAS DE DRENAGEM DE SUB-BACIAS  
URBANAS DE CAMPINA GRANDE-PB**

**CAMPINA GRANDE**

**2018**

ERIKA THAYSA DA SILVA MESQUITA

**ANÁLISE COMPARATIVA DAS ÁGUAS DE DRENAGEM DE SUB-BACIAS  
URBANAS DE CAMPINA GRANDE-PB**

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como exigência para obtenção do título de bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

**Orientador:** Prof. Dr. Rui de Oliveira.

**CAMPINA GRANDE**

**2018**

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

M582a Mesquita, Erika Thaysa da Silva.  
Análise comparativa das águas de drenagem de sub-bacias urbanas de Campina Grande-PB [manuscrito] / Erika Thaysa da Silva Mesquita. - 2018.  
53 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2018.  
"Orientação : Prof. Dr. Rui de Oliveira , Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."  
1. Águas pluviais. 2. Macrodrenagem urbana. 3. Qualidade da água. 4. Poluição das águas. I. Título

21. ed. CDD 628

ERIKA THAYSA DA SILVA MESQUITA

ANÁLISE COMPARATIVA DAS ÁGUAS DE DRENAGEM DE SUB-BACIAS  
URBANAS DE CAMPINA GRANDE-PB

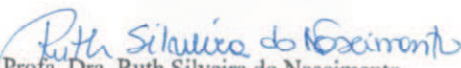
Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como exigência para obtenção do título de bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Área de concentração: Drenagem Urbana.

Aprovada em: 27/11/2018.

BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Dr. Rui de Oliveira (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
Prof.ª Dra. Ruth Silveira do Nascimento  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
Prof.ª Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus primeiramente, pela Sua infinita misericórdia, por tantas graças derramadas em minha vida e por ser meu sustento diário. E também a Virgem Maria, que sempre passou a frente dos meus caminhos, em meio de todas as dificuldades.

A minha mãe Eliete e meu pai Raimundo, por todo o amor, carinho, esforço e dedicação ao longo de toda a minha vida. Por sempre acreditarem no meu potencial, me dando ânimo sempre que necessário, para que eu não desistisse de lutar pelos meus objetivos.

Ao meu irmão Rodrigo, a pessoa com quem eu dividi minha vida toda, por ser o melhor irmão que eu poderia ter, por todo o companheirismo, amor e compreensão.

Ao meu namorado Thyago Thallyson, pela pessoa incrível que ele é, por todo amor, doação, dedicação e por sempre acreditar no meu potencial. Obrigada por ser luz e paz em minha vida.

Aos meus amigos de curso, em especial a Augusto, Adiel, Deoclecio, Lais e Tarciana, por sempre estarem presentes com conselhos, palavras de apoio, disponibilidade para estudar, incentivos e risadas.

Aos meus colegas de turma, pela convivência diária ao longo dos cinco anos de curso e por todo aprendizado.

Ao meu orientador Rui de Oliveira, por toda a sua paciência e disponibilidade, que com sua inestimável sabedoria me auxiliou no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores que fazem parte da banca examinadora, por estarem presentes comigo nesse momento único e pela contribuição imprescindível no trabalho.

Aos meus professores do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, da Universidade Estadual da Paraíba, por todo o conhecimento técnico transmitido em sala de aula, que foram essenciais em minha formação acadêmica.

À Universidade Estadual da Paraíba, que me proporcionou a chance de expandir os meus horizontes.

Aos meus colegas da SESUMA, pela experiência compartilhada, por me ensinarem a prática dos conhecimentos adquiridos na universidade e por todo o ensinamento profissional transmitido.

E por fim, a todos parentes e amigos, que de forma direta ou indireta, contribuíram em minha jornada para chegar até aqui.

## RESUMO

As águas do sistema de drenagem urbana de Campina Grande-PB apresentam alta carga de poluição, que é devido à ineficiência do sistema, ao despejo inadequado de efluentes líquidos e de resíduos sólidos nos canais de drenagem. Este trabalho visa o estudo do grau de poluição das águas de canais do sistema de macrodrenagem urbana, verificando a sua relação com o adensamento populacional de cada bairro e os riscos aos quais a população campinense encontra-se exposta. Os indicadores de qualidade para as águas pluviais estudadas foram DBO, SST e CTT, e para a análise dos riscos, a metodologia utilizada foi a de árvore de falhas. Considerando o conjunto dos dados, foi observado que todos os pontos monitorados encontram-se poluídos. O número elevado de coliformes termotolerantes, caracteriza a contaminação por esgoto doméstico, esses possuem uma relação com o adensamento populacional da área, além de acarretar em riscos para a população exposta, exigindo uma melhoria na gestão de todo o sistema.

**Palavras-Chave:** Macrodrenagem urbana; Qualidade das águas pluviais; Poluição das águas de drenagem.

## ABSTRACT

Waters from the urban drainage system of Campina Grande-PB have high load of pollution, due to the system inefficiency, the inappropriate disposal of liquid effluents and solid waste into drainage channels. This work aims to study the pollution level in urban macrodrainage channels, verifying its relation with the population density in every neighborhood and the risks that the population of Campina Grande is exposed. The quality indicators of the storm waters studied were BOD, TSS and TTC, and the risk analysis was based on the failure tree methodology. Considering the data, it was observed that all the monitored points are polluted. The high numbers of thermotolerant coliforms, characterize the contamination by domestic sewage, which has a connection with the population density of the area and represents risk for the population exposed, demanding improvement in all the system management.

**Keywords:** Urban macrodrainage; Quality of storm waters; Pollution of drainage waters.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Percentual da população com acesso ao saneamento básico por país.....	13
Figura 2 – Cloaca Máxima. ....	14
Figura 3 – O “Tigreiro”. ....	15
Figura 4 – Aqueduto do Rio Carioca.....	16
Figura 5 – Mapa de situação do canal das Piabas nos bairros de Campina Grande – PB. ....	24
Figura 6 – Mapa de situação do canal do Prado nos bairros de Campina Grande – PB. ....	25
Figura 7 – Critério adotado para a caracterização da população. ....	29
Figura 8 – População relacionado ao canal das Piabas. ....	29
Figura 9 – População relacionado ao Canal do Prado. ....	30
Figura 10 – Critério adotado para a caracterização da densidade populacional.....	30
Figura 11 – Densidade populacional relacionado ao canal das Piabas.....	31
Figura 12 – Densidade populacional relacionado ao Canal do Prado. ....	32
Figura 13 – Critério adotado para a caracterização da renda per capita.....	33
Figura 14 – Mapa da renda per capita relacionado ao canal da Piabas. ....	33
Figura 15 – Mapa da renda per capita relacionado ao canal do Prado. ....	34
Figura 16 – Gráfico dos resultados de DBO para o canal das Piabas. ....	36
Figura 17 – Gráfico dos resultados de DBO para o canal do Prado.....	37
Figura 18 – Gráfico dos resultados de sólidos em suspensão para o canal das Piabas .....	38
Figura 19– Gráfico dos resultados de sólidos em suspensão para o canal do Prado. ....	39
Figura 20 – Gráfico dos resultados de CTT para o canal das Piabas. ....	40
Figura 21 – Gráfico dos resultados de CTT para o canal do Prado.....	41
Figura 22 – Gráfico da frequência de E. coli em 10% do número de colônias de CTT.....	42
Figura 23– Árvore de falhas, cujo evento-topo é a poluição dos canais. ....	44
Figura 24 – Desenvolvimento das possíveis falhas para efluentes líquidos.....	45
Figura 25 – Desenvolvimento das possíveis falhas para resíduos sólidos. ....	46



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores típicos de indicadores (mg/L) para esgoto. ....	17
Tabela 2 –Valores médios de indicadores de qualidade de águas pluviais. ....	19
Tabela 3 – Dados da população de cada bairro relacionado ao canal das Piabas.....	27
Tabela 4 – Dados da população de cada bairro relacionado ao canal do Prado.....	28
Tabela 5 – Pontos de monitoramento no canal das Piabas.....	35
Tabela 6 – Pontos de monitoramento no canal do Prado. ....	36
Tabela 7 – Simbologia para a construção da árvore de falhas.....	43

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAF	Análise de árvore de falhas
ABNT	Associação brasileira de normas técnicas
ANA	Agência nacional das águas
CONAMA	Conselho nacional do meio ambiente
CTT	Coliformes termotolerantes
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
EMBRAPA	Empresa brasileira de pesquisa agropecuária
ETA	Estação de tratamento de água
FUNASA	Fundo nacional de saúde
IBGE	Instituto brasileiro de geografia e estatística
MPRS	Ministério público do estado do Rio Grande do Sul
OMS	Organização mundial de saúde
ONU	Organização das nações unidas
PLANASA	Plano nacional de saneamento
PLANSAB	Plano nacional de saneamento básico
PMCG	Prefeitura municipal de Campina Grande
SEPLAN	Secretaria de planejamento
SIG	Sistema de informação geográfica
SIRGAS	Sistema de referência geocêntrico para as américas
SNIS	Sistema nacional de informação sobre saneamento
SSF	Sólidos suspensos fixos
SST	Sólidos suspensos totais
SSV	Sólidos suspensos voláteis
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
UNICEF	Fundo das nações unidas para a infância
UTM	Universal transversa de mercator

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	10
1.1	OBJETIVO GERAL .....	11
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	13
2.1	SANEAMENTO .....	13
2.1.1	Evolução histórica do saneamento no mundo.....	14
2.1.2	Evolução histórica do saneamento no Brasil .....	15
2.2	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO .....	17
2.3	DRENAGEM URBANA .....	18
2.3.1	Qualidade de águas pluviais.....	19
2.3	POLUIÇÃO NOS SISTEMAS DE DRENAGEM .....	19
2.4	CONTAMINAÇÃO FECAL .....	20
2.5	ANÁLISE DE RISCOS.....	21
3	METODOLOGIA .....	23
4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....	27
5	DICUSSÃO DOS RESULTADOS .....	47
6	CONCLUSÃO.....	49
	REFERÊNCIAS .....	50

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da urbanização das últimas décadas, visa principalmente, a melhoria na qualidade de vida. O homem, a fim de suprir as suas necessidades, começou a explorar, de maneira demasiada, os recursos oferecidos pela natureza, principalmente, a água e o solo, pois estas eram vistas como uma fonte inesgotável de recursos, o que acarretou em mudanças ao meio ambiente, à qualidade de vida do homem e à qualidade dos recursos disponíveis.

O consumo de água é uma necessidade fundamental para o homem, com isto ocorre a geração de resíduos líquidos que, de maneira geral, não recebem tratamento, e têm como destinação final os corpos d'água receptores, e isso torna-se uma ameaça, por causa da carga poluidora, por apresentar patógenos e outros microrganismos.

A civilização romana foi a pioneira no saneamento básico, pelo afastamento dos possíveis riscos aos quais a população estava exposta, pela presença de contaminação fecal dos esgotos e do acúmulo de águas pluviais provenientes do centro das cidades. A Cloaca Máxima Romana é uma obra de engenharia, que tinha, e ainda tem, o objetivo de transportar esgotos domésticos e águas de chuva (HENRIQUES, 2014).

No Brasil, a aglomeração populacional nos centros urbanos está associada ao êxodo rural que, de acordo com estudo publicado pela EMBRAPA (2011), apenas no período de 1950-1960, foi responsável por 17,4% do crescimento populacional das cidades. Dessa forma, a população urbana torna-se vulnerável ao contato com os efluentes líquidos, fazendo-se necessário, a utilização de soluções eficientes para o distanciamento entre a população e os esgotos, de forma ambientalmente adequada e sanitariamente segura.

De acordo com Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (BRASIL, 2017) e Instituto Trata Brasil (2016) o índice de atendimento de sistema de coleta de esgotos no Brasil é de apenas 50,3%, ou seja, aproximadamente a metade da população brasileira, não é beneficiada. Observa-se que dessa maneira, o crescimento populacional das cidades não foi acompanhado pelos serviços de saneamento básico.

No Brasil, em 2013, segundo o Ministério da Saúde (DATASUS), foram registradas mais de 340 mil internações por infecções gastrointestinais no país, as quais o Instituto Trata Brasil (2013) relaciona com a falta de saneamento seguro e afirma que se toda a população tivesse acesso à coleta de esgoto, haveria uma redução drástica nos números de internações. Com relação aos dados mais recentes disponibilizados pelo DATASUS, observa-se que no

período de setembro de 2017 a agosto de 2018 foram registradas pouco mais de 218 mil internações por infecções gastrointestinais em todo o país.

A Lei 11.445/2007, estabelece que a população deve ser atendida por um sistema de saneamento a fim de assegurar a sua saúde. Então para que isso ocorra, deveriam ocorrer investimentos no setor do saneamento, acarretando em benefícios econômicos, ambientais e à qualidade de vida da população brasileira. Além disso, a lei também prevê que a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas, devem ser constituídos por um sistema que detenha ou retenha o episódio de vazões de cheias, de modo a proteger a população de eventuais riscos à saúde pública e à segurança a vida.

De acordo com o SNIS (2015), no relatório de Diagnóstico do Serviços de Águas Pluviais, a cidade de Campina Grande – PB é contemplada por um sistema exclusivo para a drenagem urbana. O Instituto Trata Brasil (2018), relata que a cidade se encontra na posição 11º em um ranking composto pelas 100 maiores cidades brasileiras em relação ao saneamento (água e esgoto), e afirma que 89,51% da cidade é atendida pela coleta de esgoto.

Porém, em Campina Grande-PB as águas dos sistemas de drenagem urbana apresentam alta carga de poluição, devida, principalmente, ao despejo inadequado de efluentes líquidos nas redes de drenagem (HENRIQUES, 2014 e FREIRE, 2014). Este trabalho visa o estudo do grau de poluição das águas de canais do sistema de macrodrenagem urbana de Campina Grande, estado da Paraíba, e os riscos aos quais a população campinense encontra-se exposta.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral estudar comparativamente o grau de poluição de águas de duas sub-bacias de drenagem urbana de Campina Grande-PB.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Relacionar o nível de poluição das águas de drenagem com o adensamento populacional de cada sub-bacia;
- Estudar as cargas poluidoras produzidas pelo escoamento superficial;
- Quantificar a poluição fecal dos afluentes dos Canais do Prado e das Piabas;

- Analisar os riscos de poluição aos quais a população está exposta devido ao sistema de drenagem urbana.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

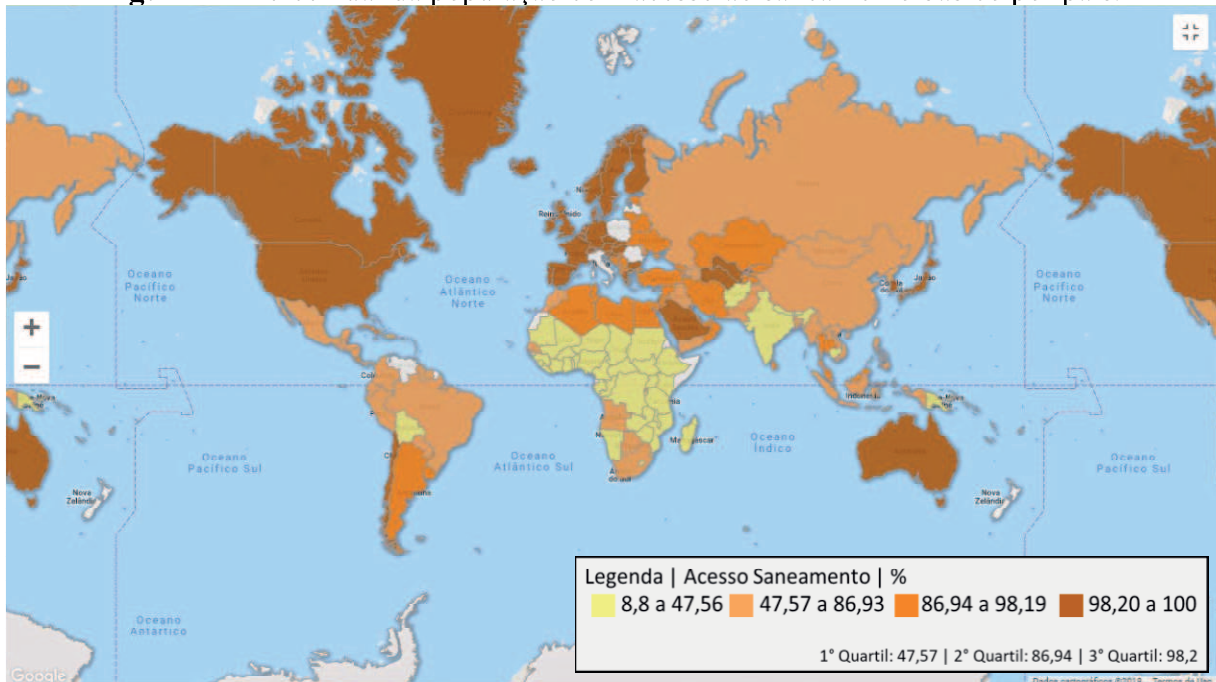
### 2.1 SANEAMENTO

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define que o saneamento é o conjunto de ações que têm como objetivo melhorar a vida e a saúde do homem, controlando os fatores e os efeitos nocivos que possam prejudicar as pessoas no seu bem-estar físico mental e social.

A Lei N°11.445/2007, denominada no Plansab como a Lei de Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico (LDNSB), determina que o saneamento básico é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

Um relatório emitido pela Organização das Nações Unidas (2017) afirma que seis entre dez pessoas, em todo o mundo, totalizando 4,5 bilhões, não têm acesso ao saneamento seguro. Bilhões de pessoas tiveram acesso a serviços básicos de água e esgotamento sanitário desde 2000, mas isso não garante necessariamente água potável e saneamento seguro.

**Figura 1** – Percentual da população com acesso ao saneamento básico por país.



Fonte: DEEPASK (2012).

A diretora executiva do UNICEF, Ann M. Veneman (2015) afirma que “a ausência de saneamento adequado tem sérios impactos sobre a saúde e o desenvolvimento social, especialmente para as crianças. Os investimentos na melhoria do saneamento vão acelerar o progresso em direção aos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio e salvar vidas”.

### 2.1.1 Evolução histórica do saneamento no mundo

O contexto histórico do saneamento no mundo, inicia-se com as civilizações greco-romanas, que foram as pioneiras em utilizarem técnicas sanitárias, no intuito de preservar a saúde pública, afastando os esgotos domésticos do contato humano direto. A Sanetran Saneamento Ambiental S/A (2016), afirma que “esses povos atingiram um alto nível de conhecimento, mas muito se perdeu com as invasões bárbaras, um marco divisor do aparecimento de um novo sistema socioeconômico: o feudalismo.”

Mendonça (2012), publicou uma crônica no jornal de Curitiba, Tribuna PR, afirmando que a Cloaca Máxima foi uma grande obra construída nos primórdios de Roma, que tinha como objetivo principal realizar a coleta de águas pluviais, transportados e destinados ao Rio Tibre, que fica na Itália, e até certo ponto do sistema, continua em operação até hoje. A tradução literal do nome, significa “O Maior Esgoto”, e estudiosos acreditam que sua obra tenha se iniciado no ano 600 dC, pelo Rei Lucius Tarquinius Priscus. Projetada por engenheiros Etruscos, a mão de obra ficou por conta das classes pobres romanas.

**Figura 2** – Cloaca Máxima.



Fonte: THE HISTORY BLOG (2013).



Contudo, a falta de conhecimentos acerca do saneamento, levou os povos a um retrocesso, acarretando ao pouco uso de água durante a Idade Média, onde em algumas cidades europeias, era registrada um consumo per capita de 1 litro de água por dia, e, conseqüentemente, houve surtos de doenças diversas, pois, nesse período, era comum o lançamento de despejos nas ruas (BRASIL, 2006).

De acordo com Matos (2003), no ano de 1849 Philips propôs o sistema separador para o saneamento de Londres. Já entre os anos de 1870 e 1880 Waning projetou, nos Estados Unidos da América, os primeiros sistemas separadores, que ficavam na cidade de Lenox, em Massachusetts e na cidade de Memphis do estado norte-americano do Tennessee.

Mas, a partir do século passado, as preocupações acerca do assunto baseadas em descobertas feitas por cientistas, que relacionavam a água e a transmissão de muitas doenças causadas por agentes físicos, químicos e biológicos, foram realizadas práticas que garantissem a proteção da qualidade de água (UFRRJ, 2007).

### 2.1.2 Evolução histórica do saneamento no Brasil

No período Colonial, eram comuns soluções sanitárias individuais, como a drenagem de terrenos e a instalação de chafarizes. De acordo com Santos (2010), as ruas eram sujas, com carniças de animais mortos, restos de alimentos podres e outros tipos de imundícies. Nas casas facilmente encontravam-se barris de madeira denominadas de “tigres”, os quais serviam de depósitos para vários tipos de dejetos e, quando o tonel estava cheio, os escravos chamados de “tigreiros” carregavam-se sobre a cabeça e descarregavam às margens da praia. Em seguida, os carregadores retornavam com os recipientes vazios.

**Figura 3 – O “Tigreiro”.**



Fonte: CRUZANDO O MUNDO (2015).

De acordo com o site Rodo Inside (2014), a história do saneamento coletivo no Brasil teve seu ponta pé inicial em 1561, quando Estácio de Sá, mandou escavar um poço para o abastecimento da cidade do Rio de Janeiro.

Já no ano de 1620 foram iniciadas as obras do aqueduto do Rio Carioca, atualmente conhecido como os Arcos da Lapa, construído pelo governador Aires Saldanha, e entregue no ano de 1723, que tinha como objetivo de ser o primeiro sistema coletivo de abastecimento de água do País, uma solução para a falta d'água na cidade. A obra contém 270 m de extensão e cerca de 18 m de altura. No ano de 1896, o aqueduto tornou-se obsoleto, e os arcos passaram a servir como viaduto para o acesso de bondes a Santa Teresa (Curiosidades Cariocas, 2007).

**Figura 4** – Aqueduto do Rio Carioca.



Fonte: Curiosidades Carioca (2007).

Em meados do século XIX, os Governos de São Paulo, Porto Alegre e Rio de Janeiro concluíram as sistema de abastecimento de água encanada nas cidades. Contudo, o sistema do Rio de Janeiro se tornou pioneiro na inauguração em nível mundial de uma Estação de Tratamento de Água (ETA), com seis filtros rápidos de pressão ar e água (RODO INSIDE, 2014).

Conforme a FUNASA (2017), nasceu por volta do ano de 1940, o Serviço Especial de Saúde Pública que tinha como objetivo a infraestrutura sanitária nas áreas onde existiam matérias-primas de interesse estratégico, em regiões extremamente pobres, como os interiores do Norte e Nordeste. Esse serviço foi pioneiro no País, com ações preventivas às de assistência

curativa e de saneamento básico. Teve uma duração de quase 50 anos e chegou a atuar em 600 municípios, operando cerca de 861 unidades básicas de saúde. Atualmente, esse serviço atua como a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA).

Segundo o MPRS (2012) em 1971, foi criado o Plano Nacional de Saneamento (Planasa) que tinha como objetivo principal, gerar expansão da oferta de água e esgotamento sanitário com sustentação financeira do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) administrado pelo Banco Nacional da Habitação (BNH). Contudo, no ano de 1989 esse plano foi extinto.

Em 2007, foi instituído o marco legal do saneamento básico no Brasil, que foi a Lei nº 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e institui a Política Nacional de Saneamento. No último dia 9 de julho o Congresso Nacional recebeu a Medida Provisória 844/2018, que reformula essa política, e a principal mudança é a previsão de que a Agência Nacional de Águas (ANA) atuará como reguladora dos serviços públicos de saneamento básico, que abrange as atividades de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana (CAMARA, 2018).

## 2.2 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na NBR 9648/1986, esgoto sanitário é constituído pelo conjunto dos despejos líquidos domésticos, de outras atividades, da água de infiltração e da contribuição pluvial parasitária.

Para a caracterização dos esgotos, Von Sperling (1996) com auxílio de valores típicos de indicadores de qualidade, classifica o esgoto doméstico como sendo fraco, médio e forte. Como é mostrando na Tabela 1, a seguir:

**Tabela 1** – Valores típicos de indicadores (mg/L) para esgoto.

Indicador	Esgoto		
	Fraco	Médio	Forte
<b>DBO</b>	200	350	500
<b>DQO</b>	400	700	800
<b>ST</b>	700	1100	1350
<b>SST</b>	200	400	450
<b>SSF</b>	40	80	100
<b>SSV</b>	165	320	350

Fonte: Adaptado de VON SPERLING (1996).

Sobrinho e Tsutiya (2011) afirmam que, para o esgotamento sanitário podem ser considerados os sistemas unitários, separador parcial e o separador absoluto. O sistema de esgotamento unitário é aquele em que os esgotos sanitários são coletados em um único sistema de coleta e transporte dos esgotos. No sistema separador parcial apenas uma parcela das águas de chuva é conduzida juntamente com os esgotos domésticos, industriais e águas de infiltração para um único sistema. Já no sistema separador absoluto os esgotos domésticos, industriais e a água de infiltração são veiculados em um sistema independente e, assim, as águas pluviais são coletadas e transportadas em um sistema de drenagem pluvial totalmente independente.

### 2.3 DRENAGEM URBANA

Segundo Tucci (2002), a drenagem urbana pode ser definida como um conjunto de ações que objetivam planejar a distribuição da água no tempo e no espaço, reduzir e controlar o risco de inundações, tendo como base a ocupação urbana, a fim de evitar prejuízos econômicos e ambientais.

A Lei Ordinária 13.308/2016, define a drenagem urbana como sendo um “conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas” (BRASIL, 2016).

Tucci (2002) afirma que o desenvolvimento das cidades impacta os sistemas de drenagem de diversas maneiras, com o aumento das vazões máximas, a elevação da produção de sedimentos, principalmente por resíduos sólidos, e a deterioração da qualidade da água, que está relacionada ao transporte de esgotos sanitários.

Os sistemas de drenagem podem ser divididos de acordo com a sua dimensão e abrangência, em macrodrenagem e microdrenagem. Brasil (2006) diz que o primeiro é “responsável pelo escoamento final das águas, o qual pode ser formado por canais naturais ou artificiais, galerias de grandes dimensões e estruturas auxiliares”. Já a microdrenagem é definida como sistema de drenagem em nível de lotes, que objetiva afastar as águas dos centros urbanos, adaptando-se ao sistema de circulação viária.

Ainda de acordo com Brasil (2006), a necessidade de implantar ou ampliar nos centros urbanos, as vias de macrodrenagem parte do objetivo de sanear áreas que têm risco de inundação e evitar o aumento de contribuição de resíduos sólidos.

Contudo, a Comissão de Desenvolvimento Regional e Turismo do Senado Federal (BRASIL, 2016) afirma que existe uma defasagem no que diz respeito ao componente de drenagem de águas pluviais, quando comparado aos demais componentes do saneamento básico. Pois, a drenagem é tratada apenas como um elemento de uma estratégia de defesa civil.

### 2.3.1 Qualidade de águas pluviais

Segundo Ferreira (2012), a má qualidade das águas pluviais se dá pelo transporte de diversos poluentes acumulados na superfície das bacias de drenagem, que é resultado sobretudo do processo de urbanização. Esse escoamento superficial, da água, que conduz o material solto e solúvel, transporta cargas poluidoras significativas para as bacias de drenagem urbana. A carga poluente que lhes está associada pode ser, durante períodos significativos, superior à das águas residuais domésticas.

Tucci (1997), afirma que a qualidade da água do sistema de drenagem pluvial não é melhor que a do efluente de um tratamento secundário. A quantidade de material suspenso na drenagem pluvial é superior à encontrada no esgoto in natura. Em seu livro, o autor utiliza alguns indicadores para quantificar a qualidade dessas águas, como pode ser visto na Tabela 2.

**Tabela 2** – Valores médios de indicadores de qualidade de águas pluviais.

Indicador	Durham	Cincinatti	Tulsa	P. Alegre	APWA (5)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	Mínimo	Máximo
<b>DBO (mg/L)</b>		19	11,8	31,8	1	700
<b>ST (mg/L)</b>	1440		545	1523	450	14600
<b>Coliformes (NMP/100 ml)</b>	23000		18000	1,50E+07	55	1,12E+08
1. Colson (1974); 2. Weibel et al. (1964); 3. AVCO (1970); 4. Ide (1984); 5. APWA (1969)						

## 2.3 POLUIÇÃO NOS SISTEMAS DE DRENAGEM

A Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Nº 6938, de 31 de agosto de 1981), no artigo 3º, no inciso III define como poluição:

(...) a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos;

De acordo com Rosa et al. (2012), a poluição das águas é consequência principalmente das ações antrópicas, como o lançamento de efluentes domésticos e industriais, sem tratamento prévio. Medidas de saúde pública como a coleta e tratamento de efluentes são adotadas, visando a minimização de efeitos nocivos de contaminação.

As fontes poluentes do sistema de drenagem podem ser pontuais ou difusas. Segundo Lima et al. (2016), as águas residuárias representam a maior fonte artificial de poluição pontual de corpos hídricos.

Segundo Henriques (2014), na drenagem predomina a poluição difusa, particularmente pelo carreamento de poluentes através do escoamento superficial. As superfícies dos pavimentos dos centros urbanos e periferias estão repletas do acúmulo de sedimentos com poluentes, tais como nutrientes, metais pesados, hidrocarbonetos, material sólido e, principalmente, organismos biológicos causadores de diversas patologias.

Segundo Tucci (2002) quando ocorre o escoamento superficial há carreamento de poluentes para a rede pluvial que gera impactos na qualidade da água. Essa qualidade depende de diversas condições, entre as quais a constante limpeza dos canais urbanos, a intensidade da precipitação e sua distribuição temporal e espacial. Ele ainda afirma, que a primeira parte da precipitação efetiva, em torno de 25 mm, possui cerca de 90% da carga poluente encontrada em todo o escoamento superficial.

## 2.4 CONTAMINAÇÃO FECAL

Segundo Brasil (2006), as bactérias coliformes são normalmente eliminadas com a matéria fecal, entre 50 e 400 bilhões de organismos por pessoa por dia. Dado o grande número de coliformes totais os testes de avaliação qualitativa desses organismos na água têm precisão suficiente.

Segundo Henriques (2014), os coliformes termotolerantes constituem um subgrupo pertencente aos coliformes totais, que se desenvolvem em temperatura de 44,5 °C e encontram-se presentes em materiais fecais de animais de sangue quente. Ainda que considerados

indicadores de contaminação fecal, os coliformes termotolerantes podem aparecer em ambientes não contaminados por fezes.

No entanto, de acordo com Boston (2014), a *Escherichia coli* é uma bactéria do grupo dos coliformes termotolerantes que vive, em geral, no trato intestinal dos seres humanos e de animais de sangue quente. Henriques (2014), citando Canadá (2013), afirma que, naturalmente, não ocorre *Escherichia coli* no ambiente livre.

## 2.5 ANÁLISE DE RISCOS

### 2.5.1 Definição do risco

Risco é conceituado como situação de perigo, com a possibilidade de um evento indesejável venha a ocorrer, definido também como a combinação da probabilidade de ocorrência de um dano e a sua gravidade (SANCHEZ, 2006).

O dicionário Michaels (2002), define risco como sendo uma “probabilidade de prejuízo ou de insucesso em determinado empreendimento, projeto, coisa, etc. em razão de acontecimentos incerto, que independe da vontade dos envolvidos.”

Já Kolluru et al. (1996) afirmam que o “risco, refere-se à probabilidade condicional de ocorrência de um acontecimento específico (e.g., falha numa barragem, colapso de uma ponte, queda de um avião) combinado com alguma avaliação (e.g., uma perda ou avaria funcional) de consequências de um acontecimento (e.g., ferimentos, morte, excesso de cancro, perda de propriedade)”. Segundo DNV (2006), o risco de uma determinada atividade pode ser entendido como a capacidade de ocorrência de consequências indesejadas decorrentes do andamento das atividades.

### 2.5.2 Análise de riscos

A análise de riscos se caracteriza como uma metodologia flexível, isto é, pode ser aplicada a diferentes áreas de conhecimentos e adaptada a situações diversas, levando em consideração os diversos tipos de eventos os quais se quer prevenir ou controlar. De forma geral, essa metodologia compreende três procedimentos desenvolvidos de forma sequencial e integrada a Avaliação de Risco, Gerenciamento de Risco e Comunicação de Risco (GUIMARÃES, 2011 citando PÁDUA, 2009), havendo assim, identificação, avaliação, gerenciamento e contenção de riscos. (FELICIANO, 2008).

Segundo Kolluru (1996), a análise de riscos era domínio exclusivo da ciência, e a percepção do público era considerada irrelevante, exceto para riscos relacionados com comunicação. No paradigma atual, a noção de risco tem ganhado uma importância e visibilidade na sociedade através de debates, avaliações e estudos significativos, principalmente quando esse risco está relacionado aos impactos de recursos financeiros e investimentos no mercado.

Conforme Nascimento (2015), a análise permite descrever os possíveis fatores, agentes ou situações que possam determinar a ocorrência de eventos indesejáveis, propor medidas mitigadoras, de maneira a evitar ou controlar o risco dos eventos indesejáveis.

De acordo com Mendonça (2013), existem vários métodos que realizam a de análise de riscos, pode-se citar: método simples, análise preliminar de perigos (APP), análise histórica de acidentes, método “E se...? (What if...?), análise do modo de falhas e efeitos (FMEA – Failure Modes and Effects Analysis), análise de perigos e operabilidade (HazOp), análise da árvore de eventos, análise da árvore de falhas (AAF) entre outros.

A análise dos riscos identifica e avalia qualitativa e quantitativamente os riscos que essa atividade representa para a população vizinha, ao meio ambiente e à própria empresa. Os principais resultados de uma análise de riscos são a identificação de cenários de acidentes, suas frequências esperadas de ocorrência e a magnitude das possíveis consequências.



### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está situada no município de Campina Grande, localizada no interior do estado da Paraíba, na sub-região do Agreste, região hidrográfica do Médio Curso do Rio Paraíba, com latitude  $7^{\circ}13'50''S$  e longitude  $35^{\circ}52'52''O$ , a 560 m, acima do nível médio do mar e a 120 km da capital do estado, João Pessoa (FREIRE, 2014).

De acordo com o IBGE (2017), a área do município de Campina Grande é de 593,026 km<sup>2</sup>. Segundo o Censo de 2010, do mesmo instituto, a população é de 385.213 habitantes, da qual 84,1% têm acesso ao esgotamento sanitário adequado. A população estimada para o ano de 2018 é de 407.472 pessoas.

#### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS SUB-BACIAS URBANAS

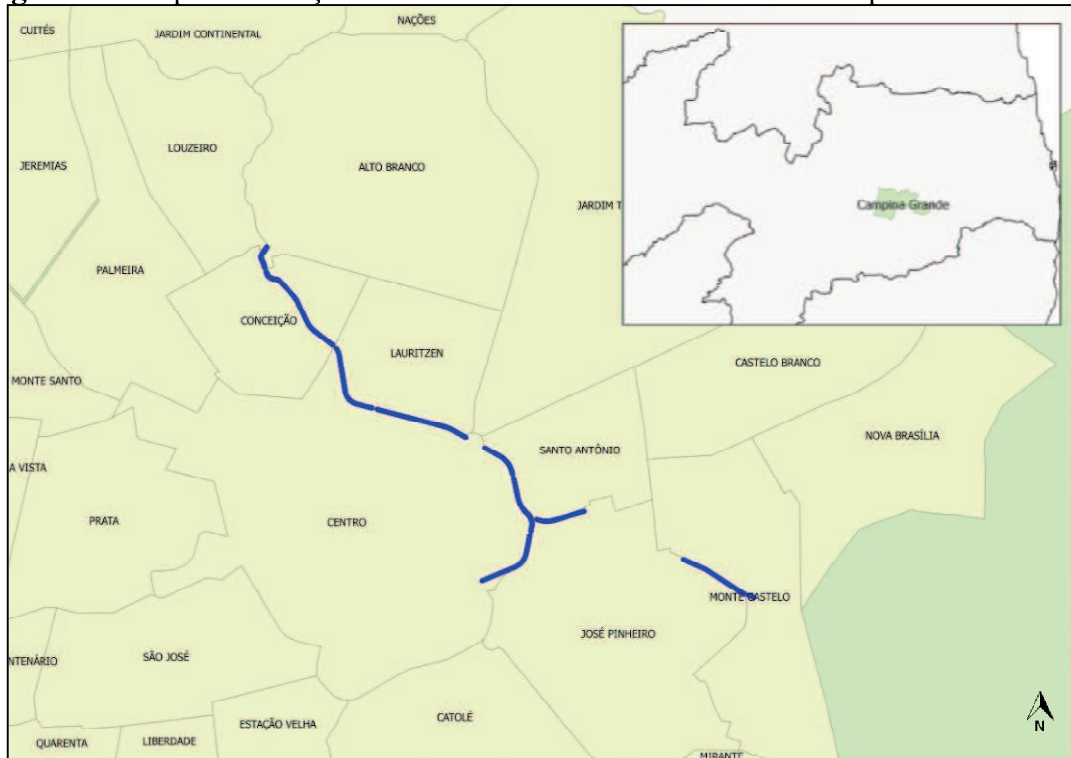
O sistema de macrodrenagem de Campina Grande é formado, em sua maioria, por canais trapezoidais e retangulares, abertos, em três bacias urbanas: Piabas, Bodocongó e Prado (HENRIQUES, 2014). Atualmente, o sistema de drenagem não é eficiente, tendo em vista que todos os anos são registrados alagamentos e enchentes, atingindo uma parcela considerável da população de menor poder aquisitivo, com perdas materiais e riscos associados à disseminação de doenças e acidentes.

##### 3.2.1 Canal das Piabas

O canal das Piabas, localizado na zona norte de Campina Grande (Figura 5), tem início no bairro do Louzeiro ( $7^{\circ} 12' 28,6''$  sul e  $35^{\circ} 53' 14,1''$  oeste), passando pelos bairros da Conceição, Lauritzen, Santo Antônio, Centro, Monte Castelo e, no final na zona leste, no bairro do José Pinheiro ( $7^{\circ} 13' 23,6''$  sul e  $35^{\circ} 11' 56,5''$  oeste), ocorre o desaguamento. (FREIRE, 2014).

Os bairros selecionados para o estudo, foram: Centro, Conceição, Jardim Continental, José Pinheiro, Lauritzen, Louzeiro, Mirante, Monte Castelo, Palmeira e Santo Antônio, pois esses estão incluídos, em sua totalidade na bacia das Piabas. O Centro contribui tanto para o canal das Piabas como também para o canal do Prado.

**Figura 5** – Mapa de situação do canal das Piabas nos bairros de Campina Grande – PB.



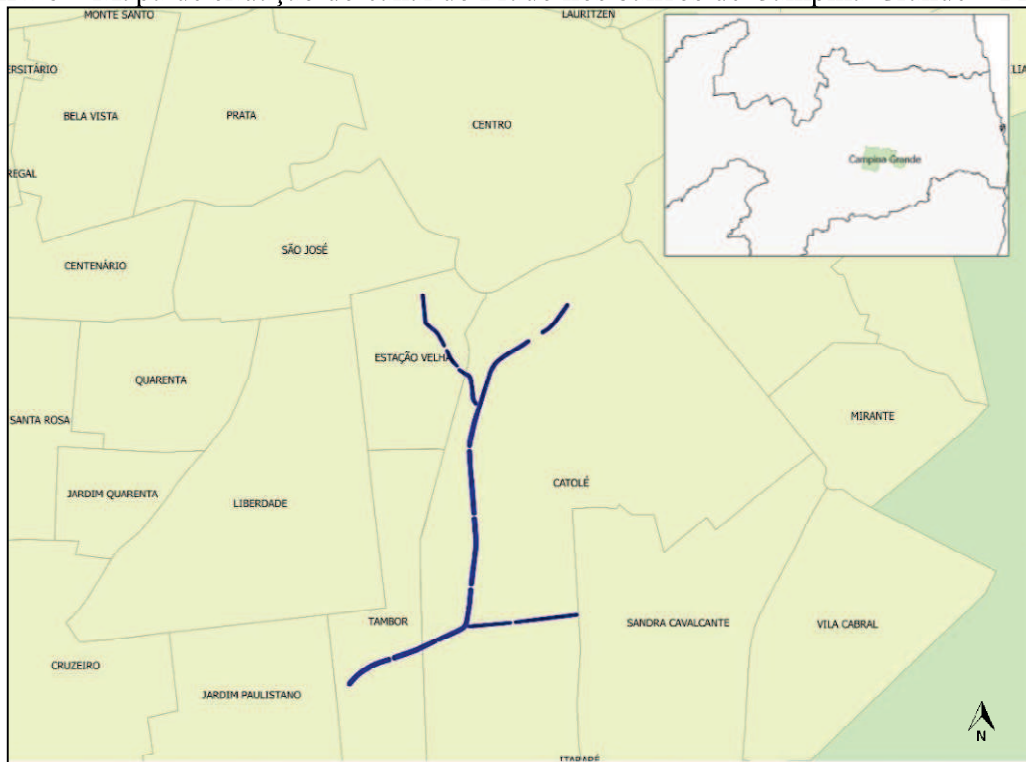
Freire (2014) afirma que “apesar de ser dotada de sistema de esgotamento, a cidade enfrenta alguns problemas quanto ao lançamento de esgoto a céu aberto e nos corpos hídricos, além da presença de ligações clandestinas de esgotos na rede de drenagem pluvial”.

### 3.2.2 Canal do Prado

A bacia urbana do Prado possui uma área de 37,15 km<sup>2</sup> e um perímetro de 43,78 km, sendo composta por 9 sub-bacias, abrangendo, parcial ou totalmente, 22 bairros. O canal do Prado tem início no extravasor das águas excedentes do Açude Velho (7° 13' 35,8" sul e 35° 52' 47,7" oeste), e término no bairro Jardim Paulistano, nas coordenadas (7° 14' 47,6" sul e 35° 53' 22,1" oeste). Após este ponto, o canal deixa de ter seu revestimento, seguindo seu percurso até desaguar no Riacho Bodocongó, o qual é afluente do Rio Paraíba. (HENRIQUES, 2014).

Contudo, para efeito deste estudo, foram selecionados os seguintes bairros: Catolé, Cruzeiro, Distrito Industrial, Estação Velha, Itararé, Jardim Paulistano, Liberdade, Prata, Sandra Cavalcante, São José, Tambor e Velame. Pois esses doze, contribuem em sua totalidade para o canal do Prado. Com exceção, do bairro do Centro, que está incluído no estudo por ter contribuição tanto para o canal das Piabas quanto para o canal do Prado.

**Figura 6** – Mapa de situação do canal do Prado nos bairros de Campina Grande – PB.



### 3.3 ADENSAMENTO POPULACIONAL

Para o estudo do adensamento populacional em cada sub-bacia, foram analisados dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, referentes à população de cada bairro, como também a sua densidade populacional e, a partir disso, foram feitos mapas interativos, no intuito de demonstrar como a população encontra-se distribuída nos bairros de interesse.

### 3.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

#### 3.4.1 Análises físico-químicas

Os indicadores físico-químicos utilizados para a realização deste trabalho foram: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV) e sólidos suspensos fixos (SSF).

Para DBO a metodologia utilizada foi a do método padrão sem sementeira e a determinação dos sólidos com base no método gravimétrico.

### 3.4.2 Análises microbiológicas

Para a determinação quantitativa microbiológica de bactérias de contaminação fecal, foram utilizados como indicadores os coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*.

Para determinar quantitativamente os coliformes termotolerantes, a metodologia é a membrana filtrante e para a *Escherichia coli*, a metodologia é a dos tubos múltiplos.

### 3.5 ANÁLISE DE RISCO

A metodologia escolhida para a análise de risco foi a da Análise da Árvore de Falhas – AAF (Failure Tree Analysis – FTA), na qual inicialmente foi definido o evento-topo e, em seguida, construiu-se um diagrama com sucessivas bifurcações, de maneira qualitativa e dedutiva, onde procurou-se determinar as falhas básicas do sistema de drenagem urbana, para compreender as causas que levaram a este evento-topo, que é a poluição dos canais de drenagem.

### 3.6 AQUISIÇÃO DE DADOS SECUNDÁRIOS E ELABORAÇÃO DE MAPAS

Na elaboração deste trabalho foi necessário o uso de dados secundários de alguns órgãos, como a Prefeitura Municipal de Campina Grande (PMCG), em especial a Secretaria de Planejamento (SEPLAN) do município, a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), com dissertações do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Na elaboração de mapas foi utilizado o Sistema de Informação Geográfica (SIG), com a utilização do software livre de código-fonte aberto, QGIS versão 2.18.22 (Las Palmas). O sistema geodésico de referência utilizado foi o SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas). E, o município de Campina Grande, que é o objeto de estudo encontra-se localizado na UTM zone 24S.

## 4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 AGLOMERAÇÃO POPULACIONAL

As Tabelas 3 e 4 apresentam os dados referentes ao adensamento populacional de bairros da cidade de Campina Grande que têm relação com os canais das Piabas e do Prado, respectivamente. Esses dados estão em conformidade com o Censo 2010 do IBGE, segundo o qual a densidade populacional da cidade foi de 648,31 habitantes por km<sup>2</sup>.

**Tabela 3** – Dados da população de cada bairro relacionado ao canal das Piabas.

<b>Canal das Piabas</b>			
<b>Bairro</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Dens. Pop. (hab/km<sup>2</sup>)</b>	<b>Pop. (hab)</b>
Centro	1,99	3782,4	7527
Conceição	0,49	7018,4	3439
Jardim Continental	1,28	1771,9	2268
José Pinheiro	1,22	13206,5	16112
Lauritzen	0,45	6028,8	2713
Louzeiro	0,57	2307,0	1315
Mirante	0,52	3446,1	1792
Monte Castelo	0,88	9565,9	8418
Palmeira	0,83	6856,6	5691
Santo Antônio	0,40	9830,0	3932

Fonte: adaptado IBGE (2010).

Para a população que contribui diretamente com o canal das Piabas, foi verificado um total de 53.207 habitantes, sendo observado que o bairro do José Pinheiro, além de ser o mais populoso, também é o mais densamente povoado, contrastando com o bairro do Louzeiro, onde nasce o Rio das Piabas, que é o menos populoso e também o menos densamente povoado. Destacam-se, ainda, os bairros de Monte Castelo e Santo Antônio por suas elevadas densidades populacionais.

**Tabela 4** – Dados da população de cada bairro relacionado ao canal do Prado.

<b>Canal do Prado</b>			
<b>Bairro</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Dens. Pop. (hab/km<sup>2</sup>)</b>	<b>Pop. (hab)</b>
Catolé	2,91	6719,6	19554
Centro	1,99	3782,4	7527
Cruzeiro	1,82	7703,8	14021
Distrito Industrial	2,95	853,5	2518
Estação Velha	0,43	7937,2	3313
Itararé	0,92	3361,9	3093
Jardim Paulistano	1,16	6919,8	8027
Liberdade	1,50	10557,3	15856
Prata	0,33	4779,15	4085
Sandra Cavalcante	1,31	4974,8	6517
São José	0,74	5337,8	3950
Tambor	1,29	6028,7	7777
Velame	8,45	1444,8	12209

Fonte: adaptado IBGE (2010).

Para a população que contribui diretamente com o canal do Prado, foi verificado um total de 100.420 habitantes. Com o levantamento dos bairros, verificou-se que o bairro do Catolé é o mais populoso, porém o bairro da Liberdade apresenta uma densidade populacional superior, em função da área do bairro que é quase a metade de toda a área do bairro do Catolé. Já o bairro do Velame, apresenta a maior área territorial entre outros.

O bairro menos populoso é o Distrito Industrial, que também é o bairro que possui uma aglomeração populacional inferior a todos do conjunto.

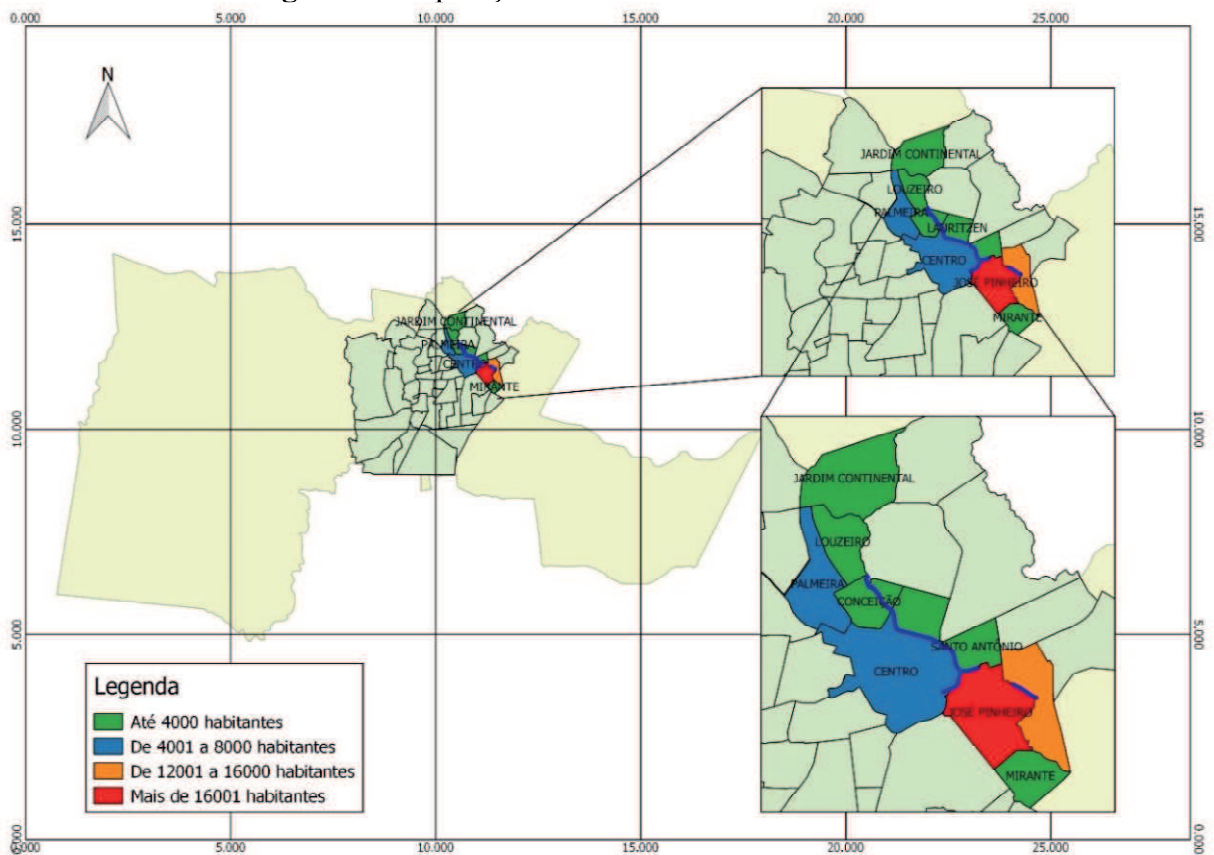
Com esse levantamento feito da população de cada bairro que contribui diretamente para os canais em estudo, foram elaborados mapas temáticos (Figuras 8 e Figura 9), para o canal das Piabas e o canal do Prado, respectivamente, tendo sido adotado critério de cores distintas, ilustrado na Figura 7, para a representação das faixas de população.

Na Figura 8, torna-se perceptível que a maioria dos bairros que contribuem para o canal das Piabas, possui um baixo número de habitantes, com exceção dos bairros José Pinheiro e Monte Castelo, onde ambos se encontram situados na zona leste da cidade.

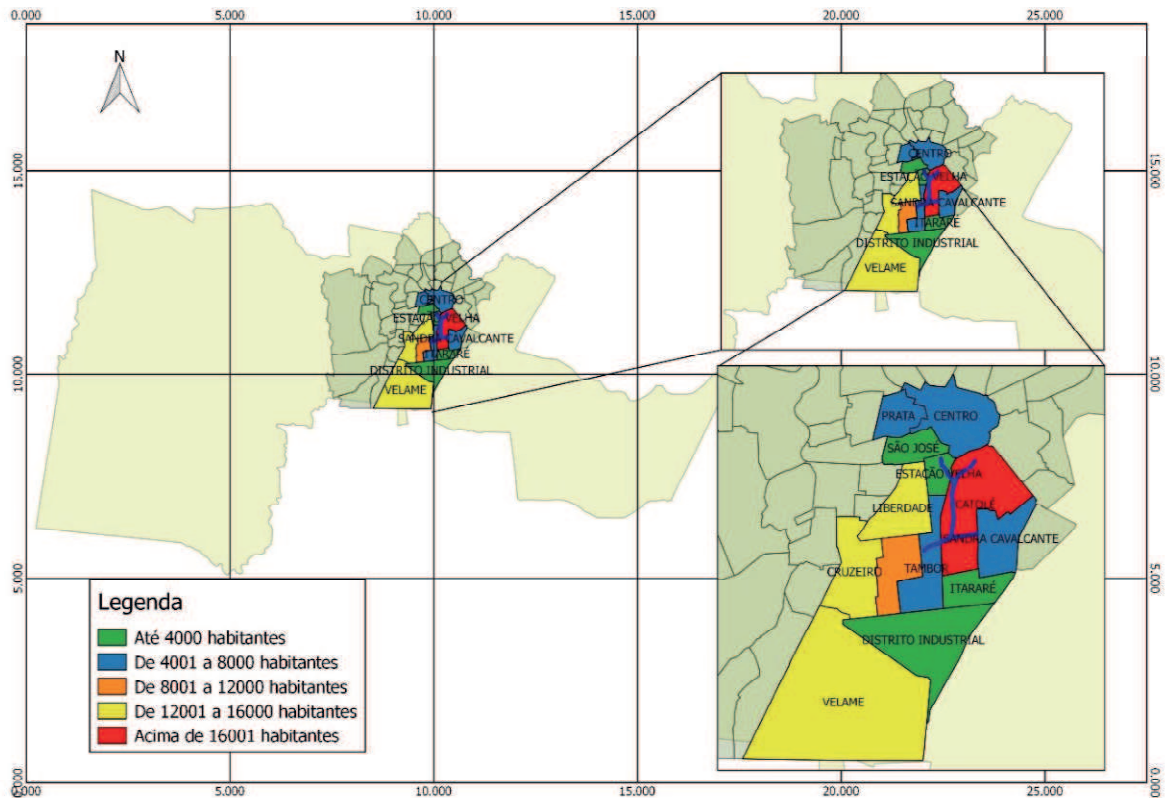
**Figura 7 – Critério adotado para a caracterização da população.**

População	
Até 4000 habitantes	
De 4001 a 8000 habitantes	
De 8001 a 12000 habitantes	
De 12001 a 16000 habitantes	
Acima de 16001 habitantes	

**Figura 8 – População relacionado ao canal das Piabas.**



**Figura 9 – População relacionado ao Canal do Prado.**



Pela Figura 9 percebe-se que a concentração da população que coopera com o canal do Prado é bastante diversificada, e possui uma área territorial elevada, quando comparada com a do canal das Piabas.

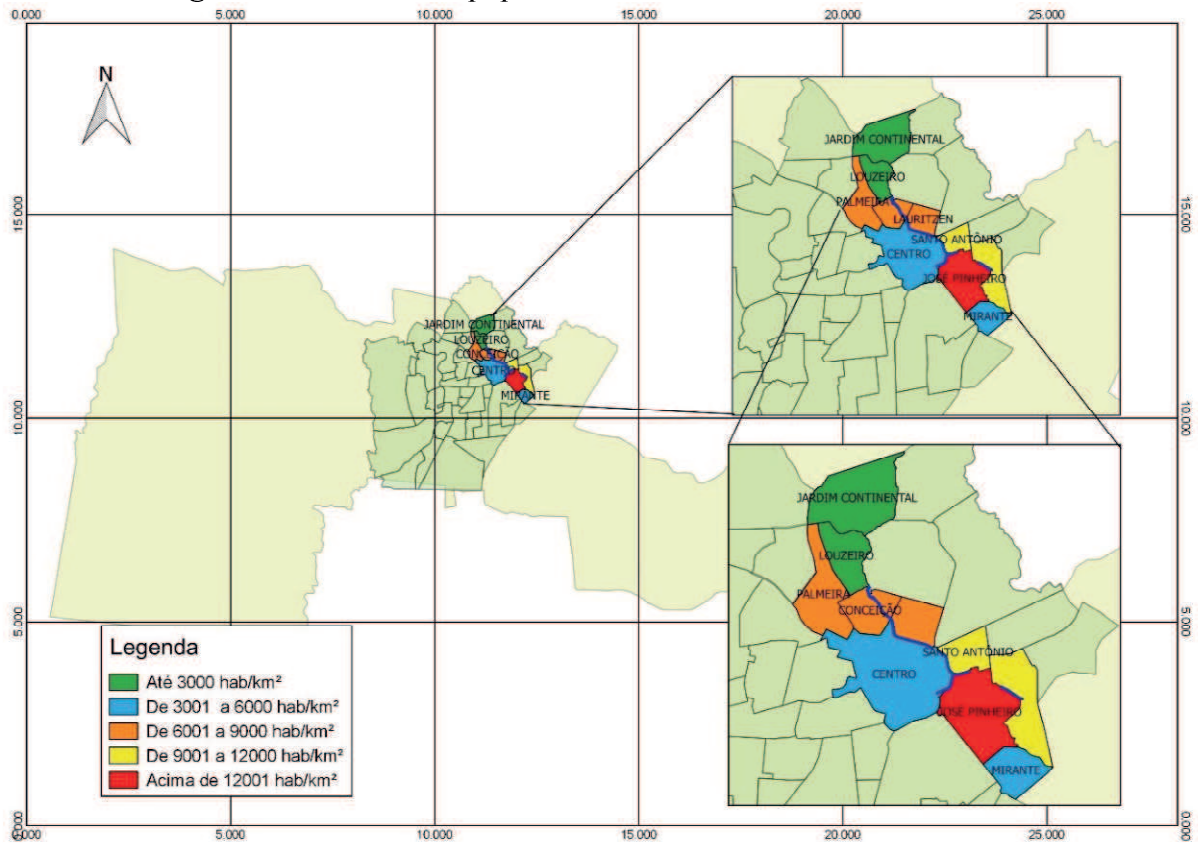
Com a análise da densidade populacional de cada bairro que contribui diretamente para os canais em estudo, foram elaborados mapas temáticos (Figuras 11 e Figura 12), para o canal das Piabas e o canal do Prado, respectivamente, tendo sido adotado critério de cores distintas, ilustrado na Figura 10, para a representação das faixas de densidade.

**Figura 10 – Critério adotado para a caracterização da densidade populacional.**

Densidade Populacional	
Até 3000 hab/km <sup>2</sup>	
De 3001 a 6000 hab/km <sup>2</sup>	
De 6001 a 9000 hab/km <sup>2</sup>	
De 9001 a 12000 hab/km <sup>2</sup>	
Acima de 12001 hab/km <sup>2</sup>	

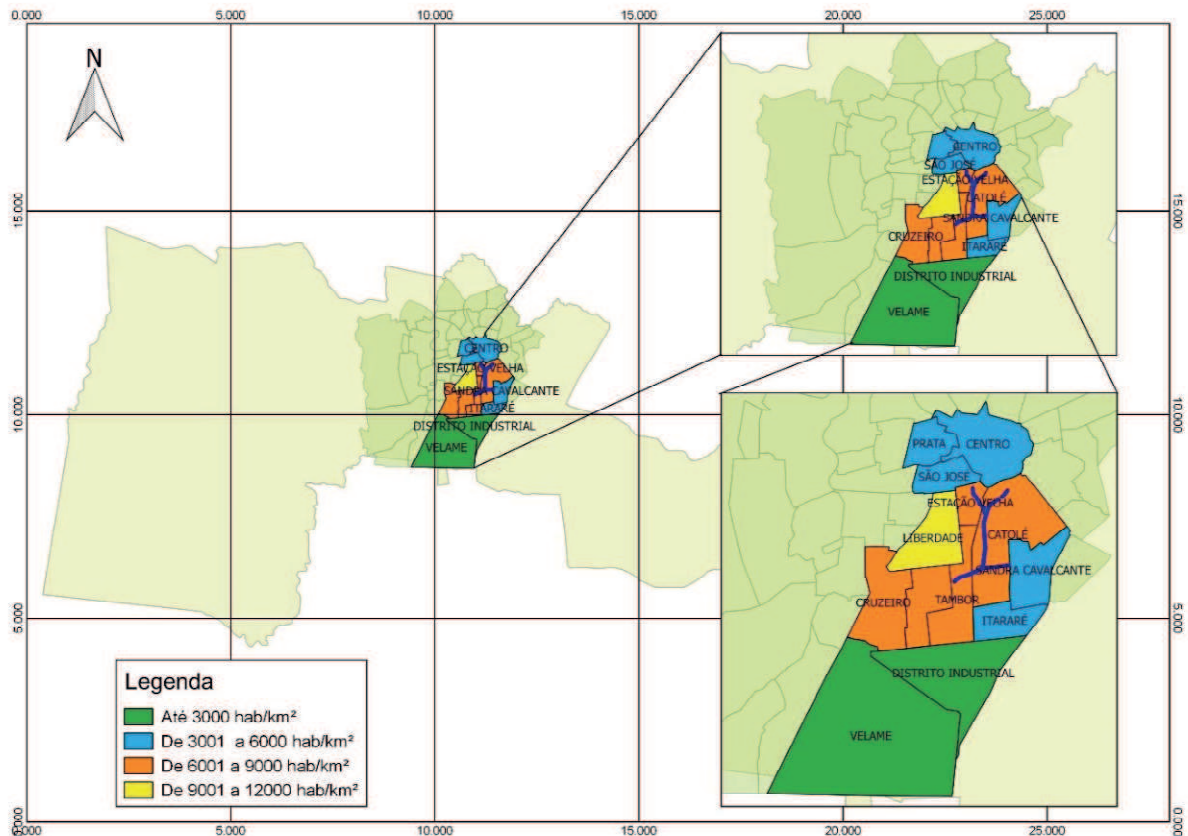


**Figura 11 – Densidade populacional relacionado ao canal das Piabas.**



Com a figura comprova-se que o bairro do José Pinheiro, possui o maior valor para a densidade populacional, e que os bairros do Santo Antônio e Monte Castelo também apresentam uma densidade elevada. Já no outro extremo, encontram-se os bairros do Louzeiro e Jardim Continental, demonstrando serem os bairros menos densos do estudo.

**Figura 12** – Densidade populacional relacionado ao Canal do Prado.



Já no canal do Prado, observa-se que o bairro da Liberdade, é caracterizado como sendo o que apresenta o maior valor referente à densidade populacional. Em contrapartida, os bairros do Velame e do Distrito Industrial, estão incluídos na faixa do menor intervalo atribuído no critério adotado.

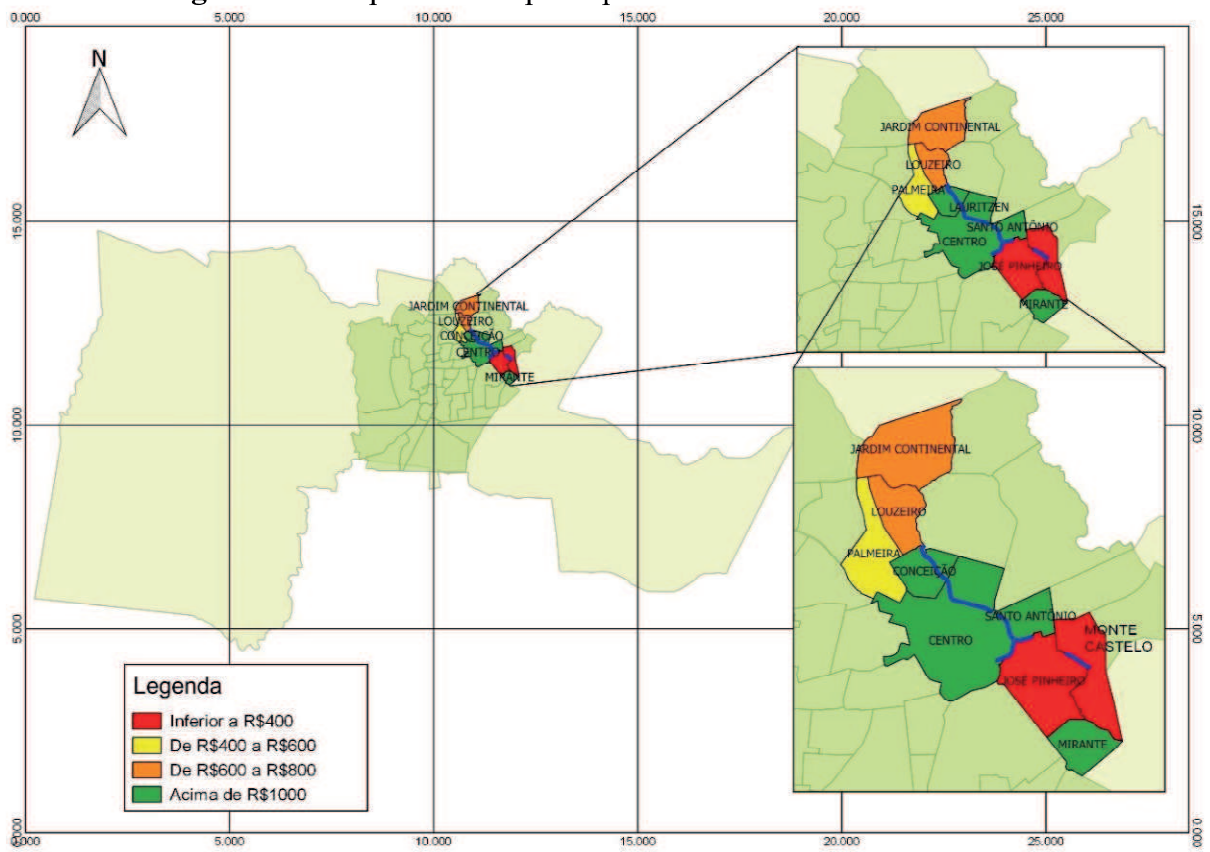
A situação socioeconômica, também contribui diretamente com a qualidade das águas de drenagem dos canais tendo sido elaborados mapas temáticos (Figura 14 e Figura 15), representando a renda per capita da população de cada bairro, individualmente.

Antes de tudo, é importante ressaltar, que os dados coletados para a renda per capita foram do ano de 2010 e, de acordo com a Lei nº 12.255, de 15 de junho de 2010, o salário mínimo daquele ano foi de R\$ 510,00 (quinhentos e dez reais), enquanto que o decreto nº 9.255, de 29 de dezembro de 2017, estabeleceu que o salário mínimo de 2018 é de R\$954,00 (novecentos e cinquenta e quatro reais). Com isso, pode-se inferir que a renda per capita de cada bairro também tenha mudado ao longo destes oito anos, mas sem alterar significativamente suas características socioeconômicas

Para a construção dos mapas interativos, também foi adotado critério de cores distintas, conforme ilustrado na Figura 13.

**Figura 13** – Critério adotado para a caracterização da renda per capita.

Renda per capita	
Inferior a R\$400	
Entre R\$400 e R\$600	
Entre R\$600 e R\$800	
Entre R\$800 e R\$1000	
Acima de R\$1000	

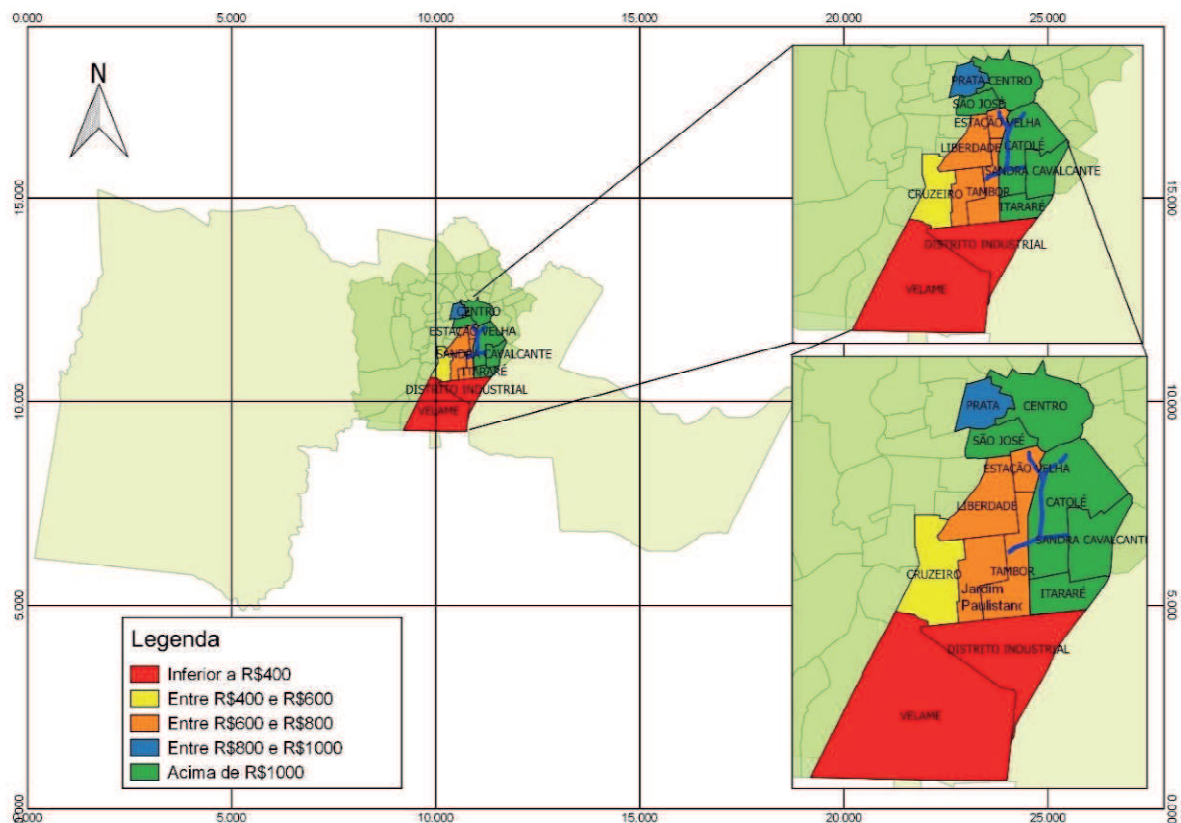
**Figura 14** – Mapa da renda per capita relacionado ao canal da Piabas.

Com o levantamento dos dados, foi possível verificar que o bairro do Monte Castelo apresentou a renda per capita mais baixa, apenas R\$324,00 por habitante, por mês, e 59% de sua população encontram-se abaixo da linha da pobreza, numa situação bastante crítica. O bairro do José Pinheiro não fica distante dessa situação, sendo a renda observada de apenas R\$ 383,00, por pessoa, por mês.

Uma relação importante a ser destacada, é que os dois bairros citados que apresentam a renda per capita mais baixa, encontram-se entre os que apresentam a maior densidade populacional.

Os bairros Centro e Conceição apresentaram renda per capita mais elevada, em torno de R\$ 1239,00, nos quais somente 20% da população estão situados abaixo da linha da pobreza.

**Figura 15** – Mapa da renda per capita relacionado ao canal do Prado.



A Figura 15 mostra que os bairros com a renda per capita mais baixa são os que estão situados no extremo sul da cidade, o Distrito Industrial e o Velame. Os dados apontam que ambos apresentam uma renda de R\$266,00 por habitante por mês. Porém, o bairro do Distrito Industrial é caracterizado por ter concentrado as indústrias do município, e com isso o número de domicílios é baixo, contando com apenas 679 residências, ou seja, a população nesse bairro é caracterizada como sendo flutuante, sendo essa uma das razões para a renda baixa registrada no bairro.

Assim, os bairros que apresentaram a renda per capita mais baixa, Velame e Distrito Industrial, também são aqueles que se comportaram como sendo os menos densos de todo o conjunto.

No outro extremo, encontram-se os bairros do Centro e do São José, ambos apresentados uma renda mensal per capita de R\$1239,00.

#### 4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

Os dados sobre os indicadores físico-químicos e microbiológicos estudados neste trabalho foram coletados de duas referências bibliográficas, de fato, duas dissertações de mestrado que analisassem a qualidade da água nas sub-bacias em questão. Os estudos avaliados foram:

- FREIRE, J. R. P. Análise do sistema separador absoluto no âmbito da drenagem pluvial da cidade de Campina Grande - estudo de caso do canal das Piabas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB, 2014.
- HENRIQUES, J. A. Distribuição da contaminação fecal em águas de drenagem afluentes do canal do Prado, Campina Grande-PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB, 2014.

**Tabela 5** – Pontos de monitoramento no canal das Piabas.

<b>Ponto</b>	<b>Bairro</b>
<b>P1</b>	Louzeiro
<b>P2</b>	Lauritzen
<b>P3</b>	Centro
<b>P4</b>	Santo Antônio
<b>P5</b>	José Pinheiro

Fonte: FREIRE (2014).

**Tabela 6** – Pontos de monitoramento no canal do Prado.

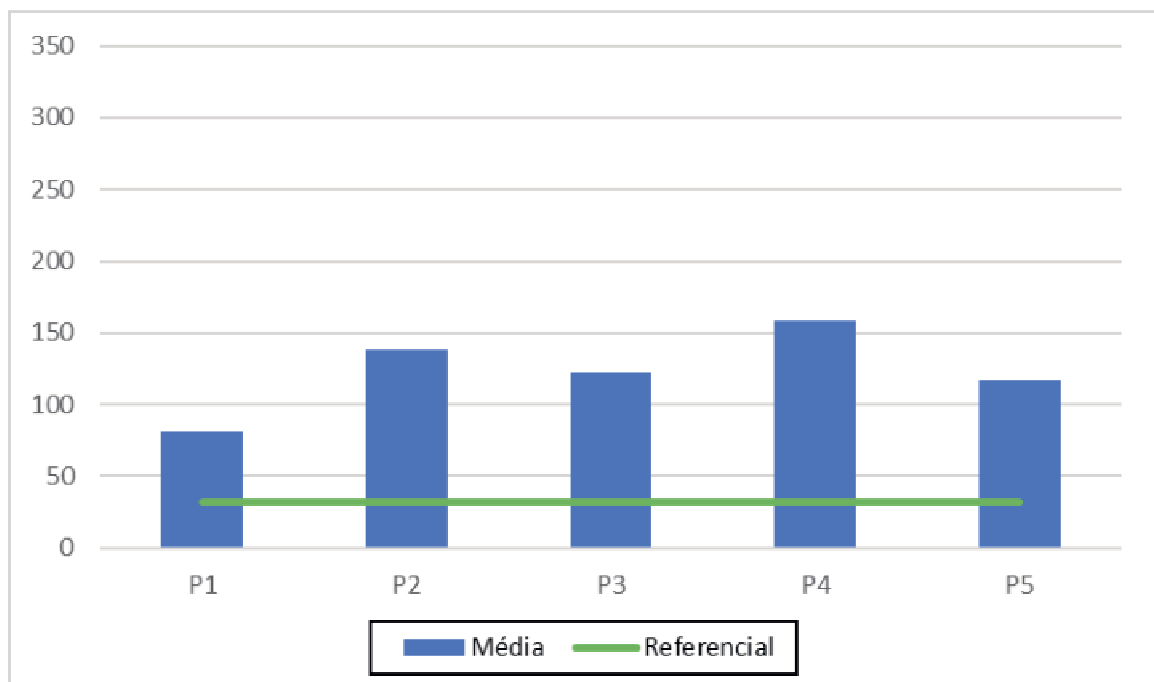
Ponto	Bairro
P1	Centro (recebe contribuição do Açude Velho e parte do Catolé)
P2	Católé (recebe contribuição da outra parte do Catolé)
P3	Católé (recebe contribuição da Prata, São José, Estação Velha)
P4	Católé (recebe contribuição da outra parte do Catolé)
P5	Sandra Cavalcante
P6	Tambor (também recebe contribuição do bairro da Liberdade)
P7	Amostra a jusante de todas as contribuições

Fonte: HENRIQUES (2014).

#### 4.2.1 Análises físico-químicas

De acordo com os dados relatados por Freire (2014), foi possível construir gráficos (Figura 16 e Figura 18), que relacionam os indicadores DBO e SST para as águas do canal das Piabas.

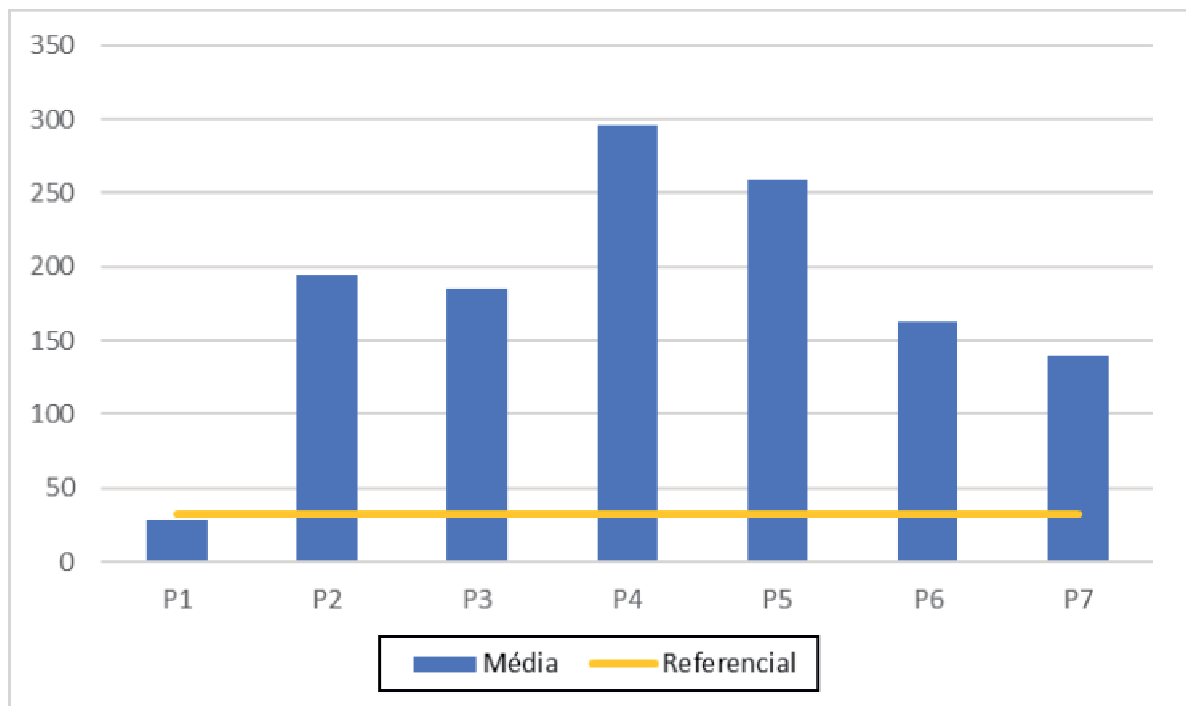
Já com os dados dos pontos monitorados por Henriques (2014), foi possível construir gráficos (Figura 17 e Figura 19), que relacionam os indicadores DBO, SST, SSV e SSF, das águas do canal do Prado, com o referencial citado na literatura (Tucci, 1997).

**Figura 16** – Gráfico dos resultados de DBO para o canal das Piabas.

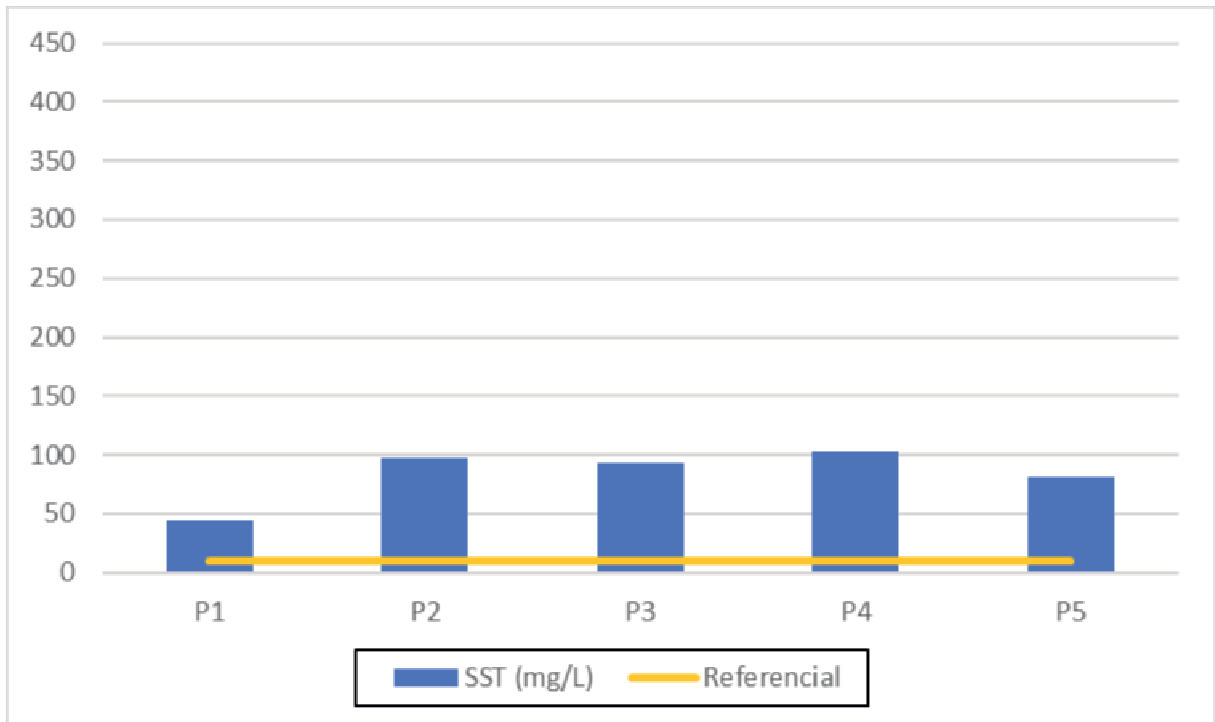
Pela figura é possível constatar que os valores de DBO apresentam-se elevados, ficando superiores ao referencial relatado por Tucci (1997) para águas de drenagem no Brasil sem interferência de poluição, que é uma DBO média de 31,8 mg/L. O ponto P1, que se encontra a montante do sistema de drenagem, apresentou uma média de 81mg/L, num intervalo de 14 a 212 mg/L. Já o ponto P4, localizado entre o bairro de Santo Antônio e José Pinheiro, apresentou os valores mais elevados, com média foi de 158mg/L e valores entre 54 e 320 mg/L.

No ponto P5 houve uma redução da DBO, fato que pode ser explicado pela distância entre os pontos amostrais, onde a distância dos pontos P4 e P5, são os maiores entre o estudo. Assim, é possível afirmar, que as águas presentes no canal, passaram por um processo natural de autodepuração.

**Figura 17** – Gráfico dos resultados de DBO para o canal do Prado.



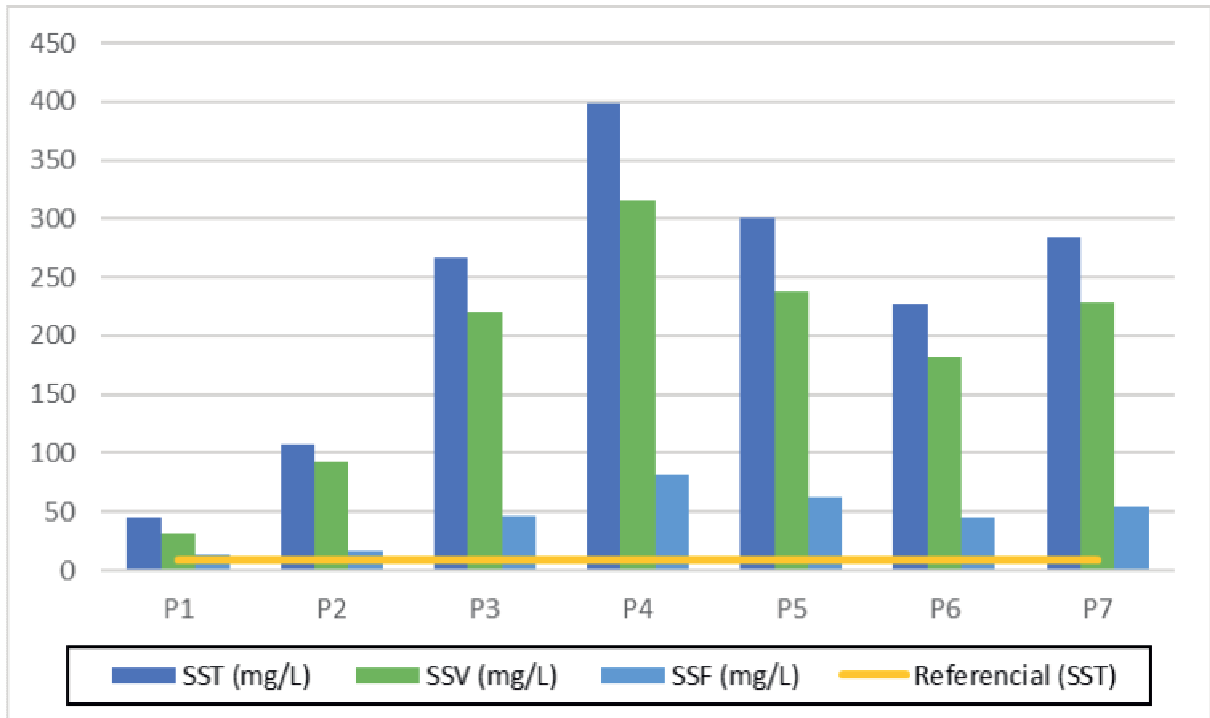
Através desse resultado apresentado, foi possível constatar que os valores se encontram superiores ao referencial, com exceção do ponto P1, a montante de todas as contribuições do canal do Prado, localizado nas proximidades do Açude Velho no Centro da cidade, o qual apresentou uma média de DBO de 29mg/L, com valores variando entre 3 e 51mg/L. Em contrapartida, o ponto P4 apresentou um valor muito superior, na altura do bairro do Catolé, resultado de um elevado adensamento populacional, com média de 296mg/L e valores entre 205 e 392mg/L.

**Figura 18** – Gráfico dos resultados de sólidos em suspensão para o canal das Piabas.

Considerando os dados da Figura 18, é possível constatar que os valores de sólidos em suspensão apresentam-se elevados ficando superiores em relação à concentração média referencial de 9,4 mg/L, citada por Campana (2007) para bacias de detenção alagadas, caso da sub-bacia estudada. O ponto P1, foi o que mais se aproximou da referência, contudo a média foi de 44mg/L, na faixa de 6 a 127mg/L. Já os resultados do ponto P4, o que mais se distanciou, a média foi de 103mg/L e o intervalo de 26 a 300 mg/L.



**Figura 19** – Gráfico dos resultados de sólidos em suspensão para o canal do Prado.



Já Henriques (2014), em suas análises verificou as concentrações de SST, SSV e SSF. O ponto P1 apresentou os valores mais baixos com média para SST de 45mg/L, variando em uma faixa 1 a 137mg/L, já a média dos SSV foi de 31mg/L e, conseqüentemente, os SSF foram de 14mg/L.

O ponto P4 exibiu os valores mais elevados com média para SST de 398mg/L, variando em uma faixa 105 a 813mg/L, já a média dos SSV foram de 316mg/L, conseqüentemente os SSF foram 82mg/L.

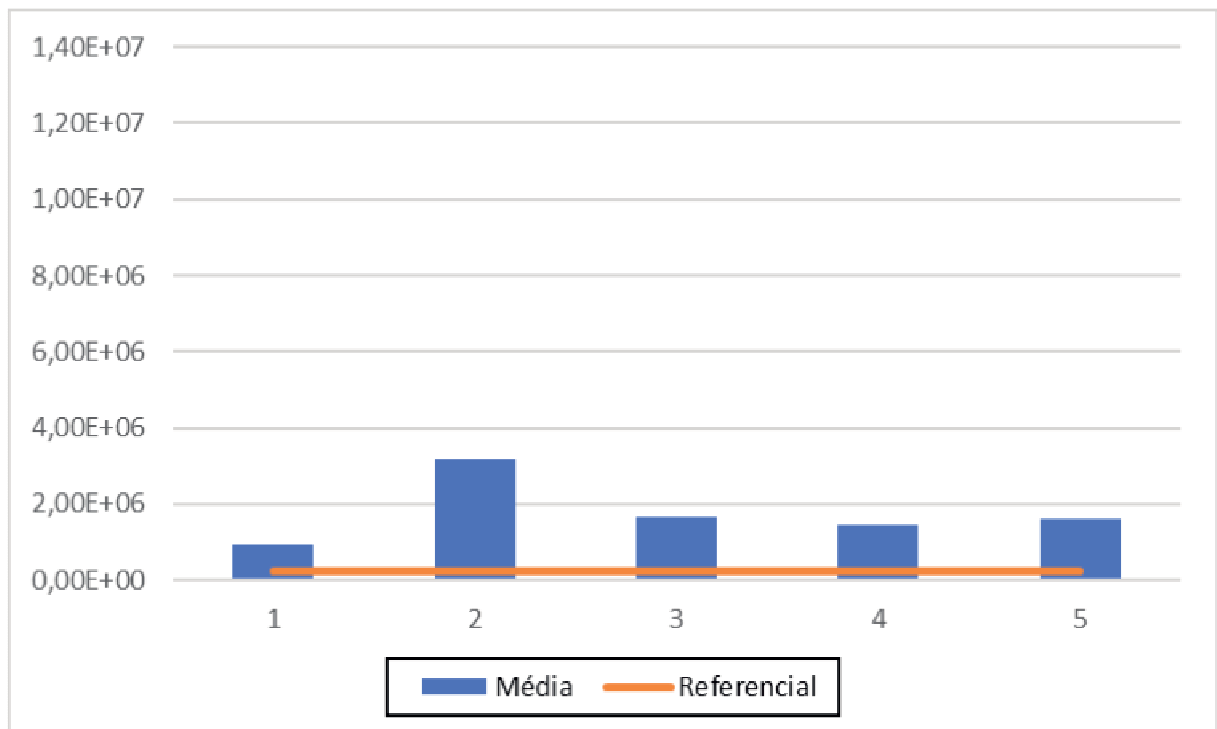
A alta concentração dos SST indica que existe carreamento de material particulado para dentro dos canais de drenagem, sendo esse também o principal causador de turbidez. No caso do canal do Prado, no qual houve estudos para SSV, o mesmo se comportou de maneira análoga ao total, indicando relação com a concentração de matéria orgânica na água. Contudo, de acordo com a Resolução do CONAMA 430/2011 a qual dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, as águas analisadas não se enquadram com os padrões exigidos.

#### 4.2.2 Análises microbiológicas

Em relação aos parâmetros estudados por Freire (2014), foi possível construir gráfico (Figura 20), que relaciona a presença de CTT, com o referencial para o canal das Piabas.

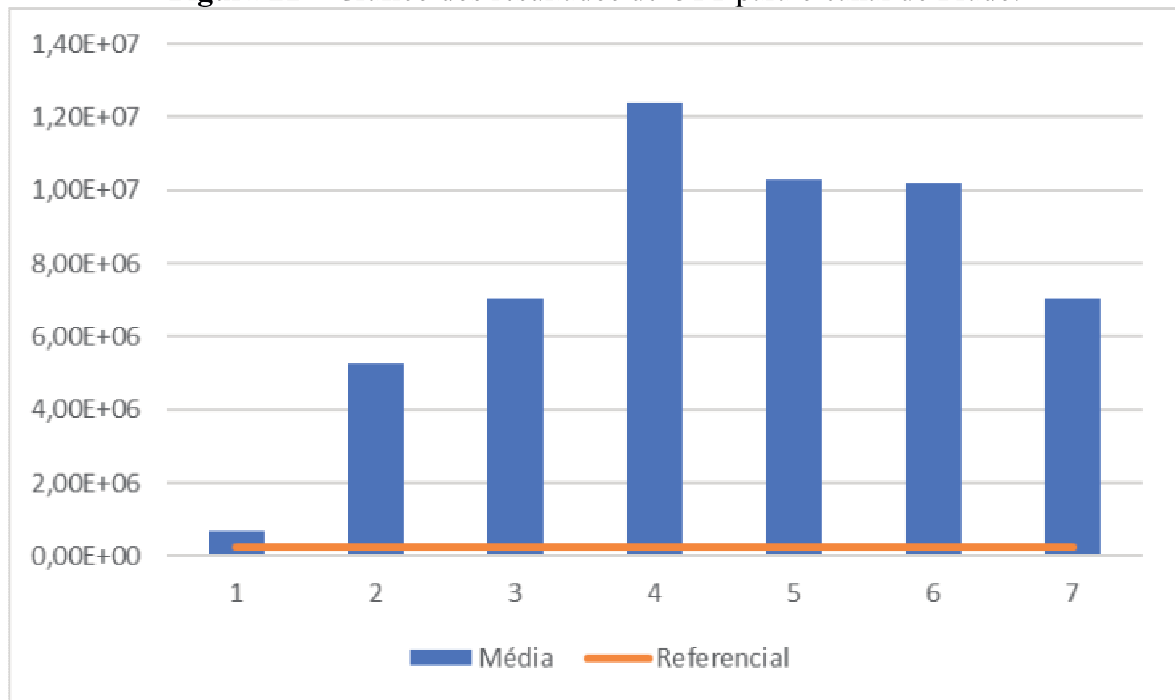
Com os pontos analisados por Henriques (2014), foi possível a construção dos gráficos (Figura 21 e Figura 22), que relacionam a presença de CTT com o referencial para o canal do Prado, como também a presença de *Escherichia coli*.

**Figura 20** – Gráfico dos resultados de CTT para o canal das Piabas.



Com os dados da Figura 20 é possível constatar que os valores de CTT apresentam-se elevados, ficando superiores em relação ao referencial que, de acordo com Campana (2007), a concentração média de CTT do escoamento pluvial para a bacia de retenção alagada é de  $2,36 \times 10^5$  UFC/100mL. O ponto P1, foi o que mais se aproximou da referência, contudo a média ainda bastante elevada, foi de  $9,53 \times 10^5$  UFC/100mL, no intervalo de  $1,00 \times 10^4$  e  $4,00 \times 10^6$  UFC/100mL.

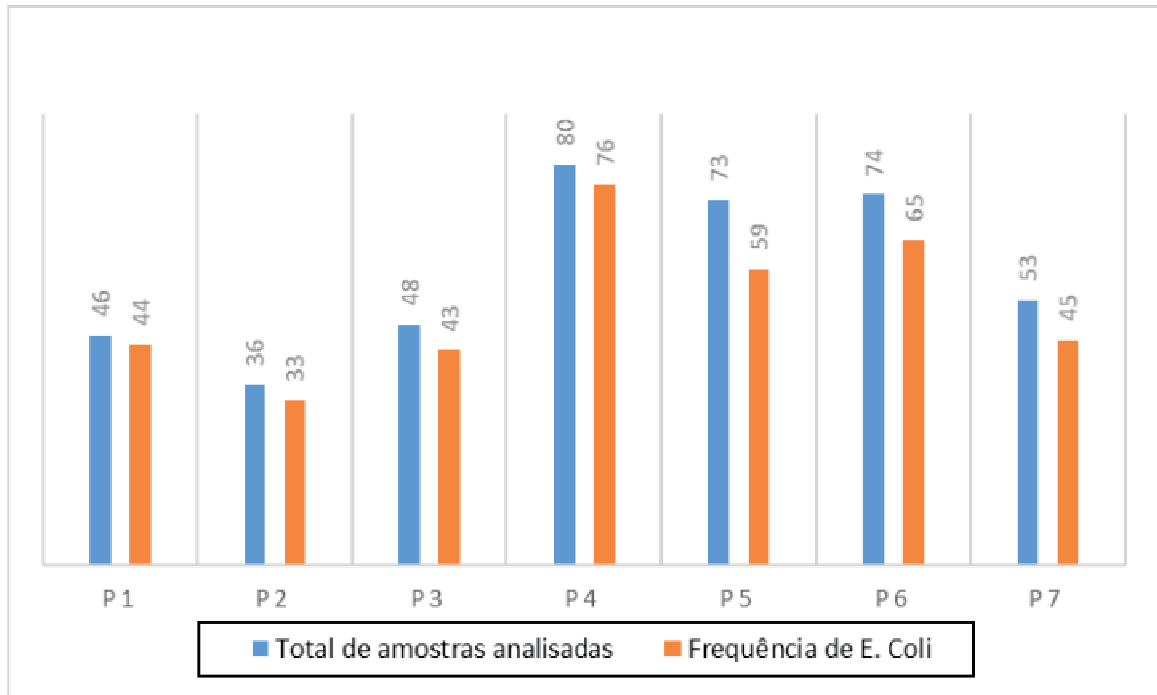
Já os resultados do ponto P2, foram os que mais se distanciaram do referencial, com uma média de  $3,17 \times 10^6$  UFC/100mL e um intervalo de  $6,20 \times 10^4$  a  $1,35 \times 10^7$  UFC/100mL. Uma das possíveis causas para esse número elevado da concentração de colônias, é que esse ponto recebe contribuições de oficinas.

**Figura 21** – Gráfico dos resultados de CTT para o canal do Prado.

Conforme o gráfico apresentado foi possível constatar que, em todos os pontos, os valores se encontraram superiores ao referencial. O ponto P1 que é o ponto a montante de todas as contribuições do canal do Prado, apresentou uma média de  $6,95 \times 10^5$  UFC/100mL, variando entre  $8,33 \times 10^3$  e  $3,38 \times 10^6$  UFC/100mL. Em contrapartida, o ponto P4 apresentou uma média de  $1,24 \times 10^7$  UFC/100mL e um intervalo entre  $1,00 \times 10^5$  e  $3,77 \times 10^7$  UFC/100mL. Caracterizando assim, que existe uma ligação entre a densidade populacional e o número formadoras de colônia para CTT.

A Figura 22 mostra a distribuição das frequências de positividade de *Escherichia coli* em 10% das colônias de coliformes termotolerantes, no canal do Prado. Nesse gráfico, as barras azuis significam o número total das amostras analisadas por Henriques (2014), já as barras vermelhas significam as colônias positivas para *E. coli*.

**Figura 22** – Gráfico da frequência de *E. coli* em 10% do número de colônias de CTT.



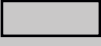




Os resultados demonstraram a presença de *Escherichia Coli* em praticamente todos os testes realizados, indicando que a maioria dos CTT analisados tem as fezes humanas e de animais de sangue quente como fontes.

#### 4.3 ANÁLISE DE RISCO

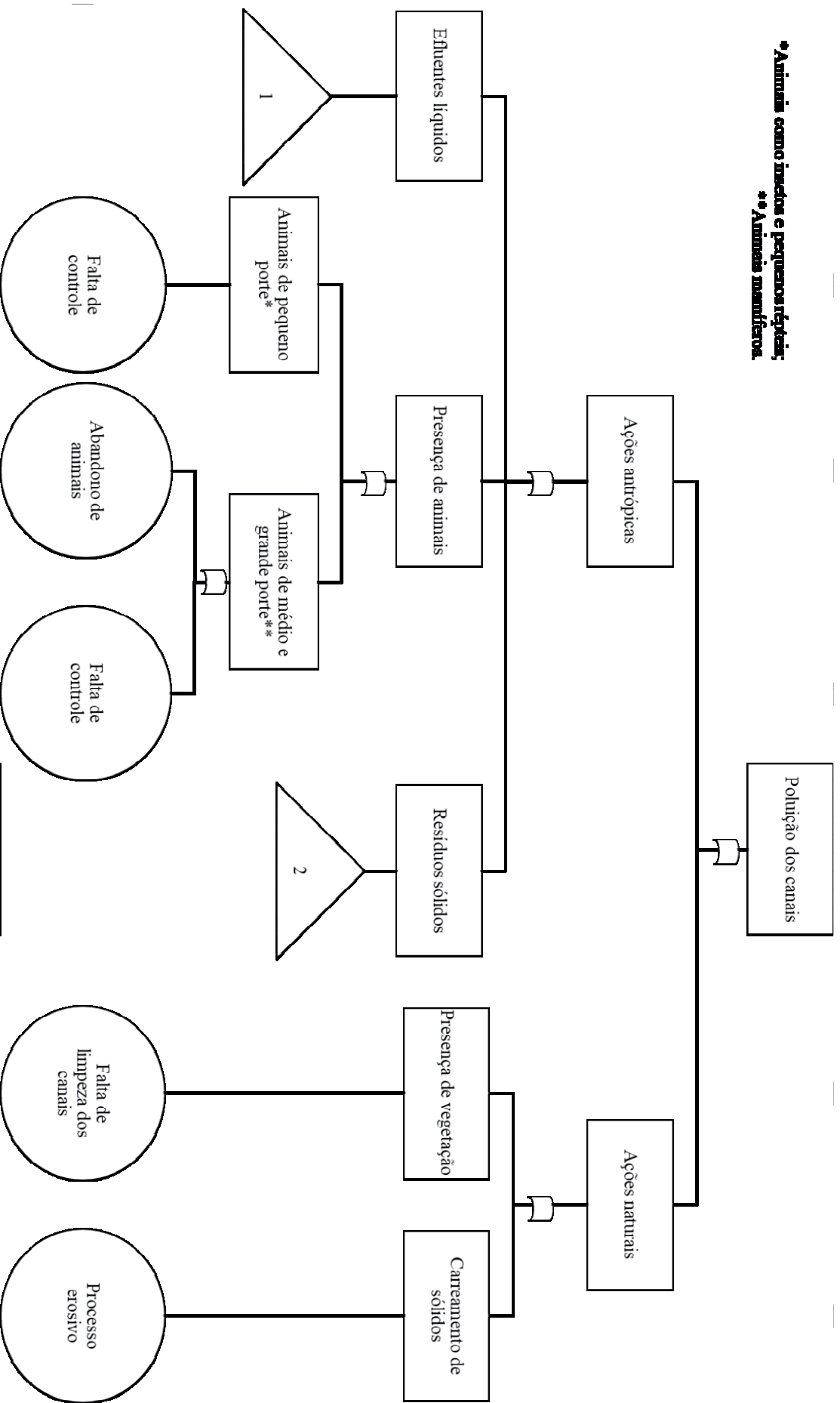
Na realização da análise de riscos ambientais, foi aplicada a metodologia da árvore de falhas a qual, para sua construção, requer a utilização de portas-lógicas, sendo essas apresentadas na Tabela 7.

**Tabela 7** – Simbologia para a construção da árvore de falhas.

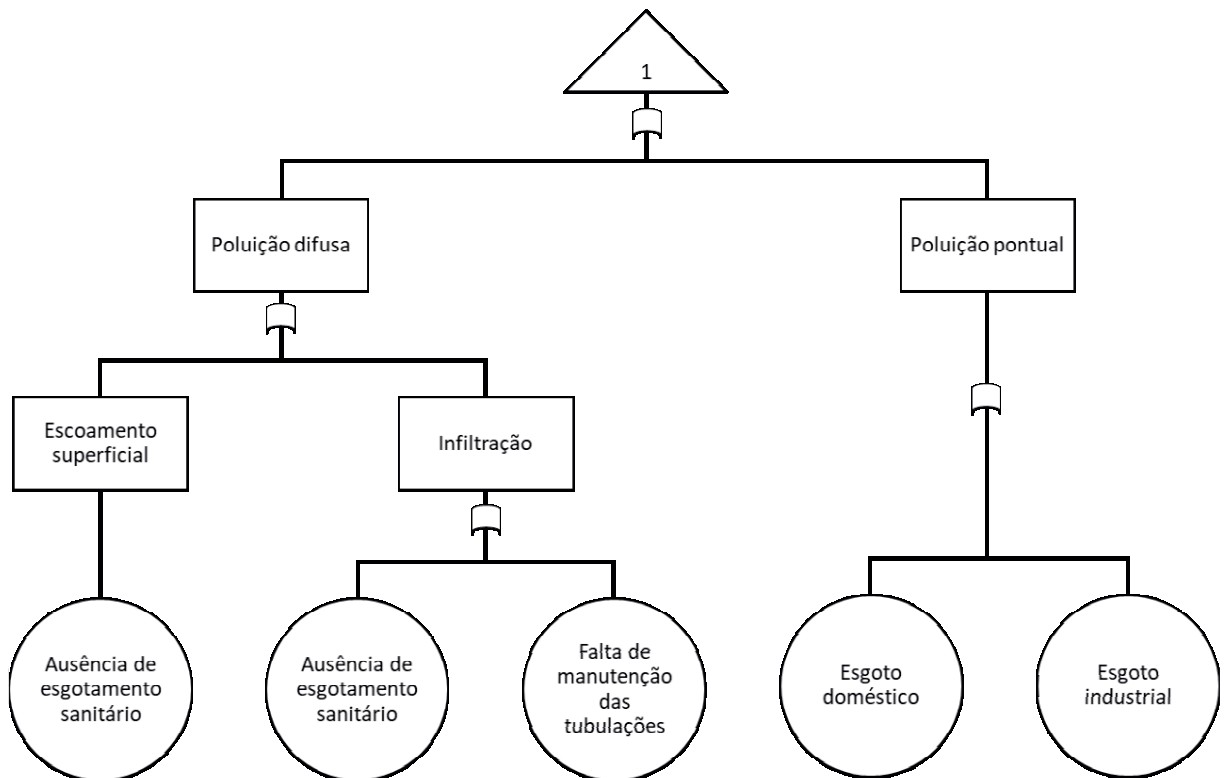
<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
	Porta “OU”
	Porta “E”
	Identificação de um evento particular, topo ou contribuinte
	Evento básico
	Símbolo de conexão a outra parte da árvore

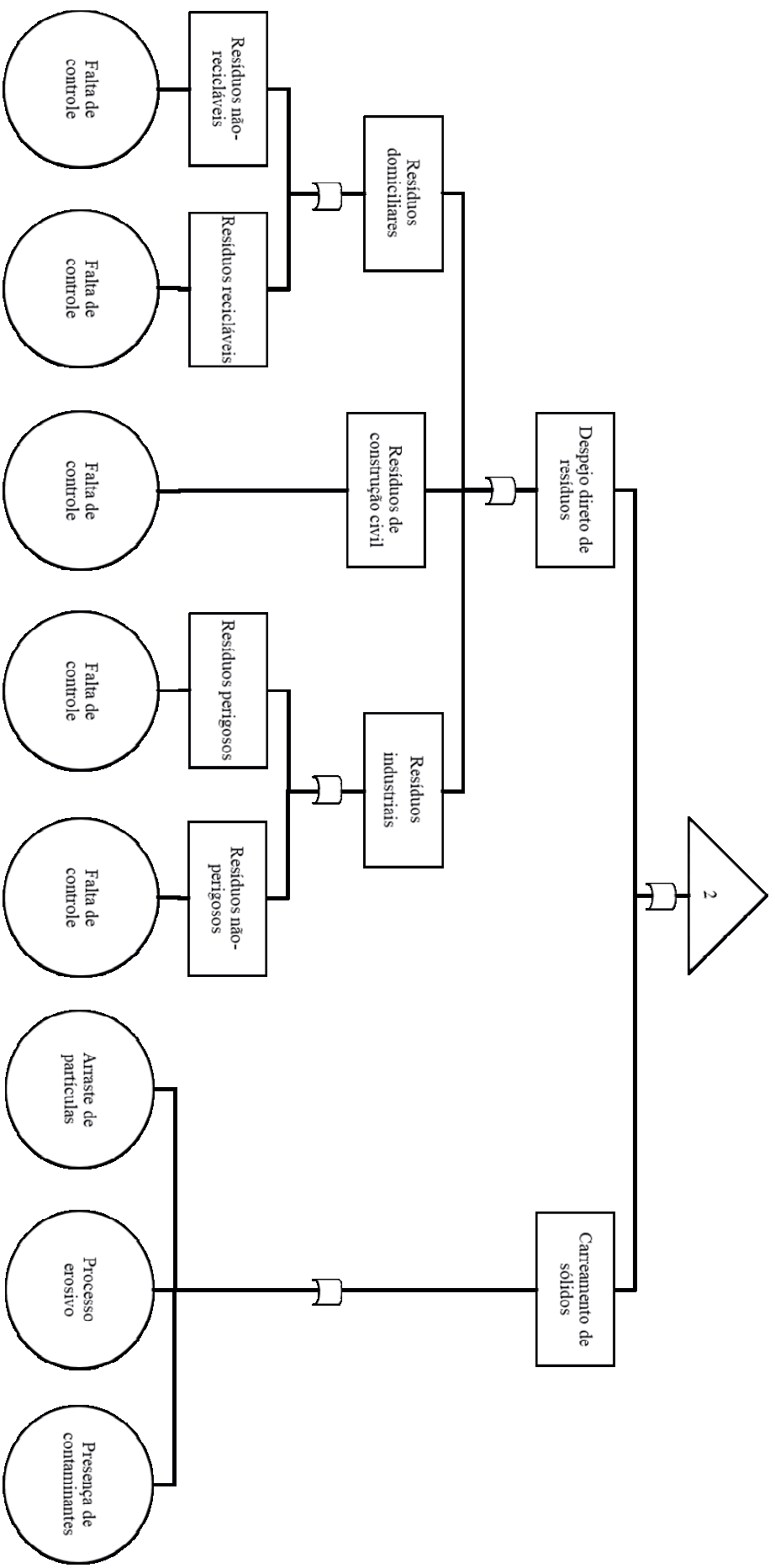
Utilizando os símbolos descritos na tabela e reconhecendo as falhas existentes nos sistemas de drenagem urbana da cidade de Campina Grande-PB, foi possível construir a árvore de falhas, elegendo como evento-topo a poluição dos canais em estudo, ou seja, o risco de poluição das águas pluviais.

Figura 23 – Árvore de falhas, cujo evento-topo é a poluição dos canais.



**Figura 24** – Desenvolvimento das possíveis falhas para efluentes líquidos.





**Figura 25** – Desenvolvimento das possíveis falhas para resíduos sólidos.



## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Um equívoco bastante comum na literatura, no que se refere ao sistema de esgotamento sanitário, é que as referências, como é o caso do SNIS (2015), afirmam que na cidade de Campina Grande é operado um sistema separador absoluto, o que significa que os esgotos são transportados por um sistema separado do sistema de drenagem de águas pluviais. Porém, como foi constatado neste trabalho, a presença de efluentes líquidos no sistema de macrodrenagem de águas pluviais urbanas não caracteriza a correta aplicação do conceito de separação absoluta. Logo, o tipo de sistema que atende a cidade deveria ser caracterizado como sistema separador parcial. De fato, também o sistema de esgotamento sanitário coleta águas da precipitação pluviométrica através de ligações de tubos de descida de águas pluviais com os coletores de esgotos. Toda essa situação representa um retrocesso na infraestrutura urbana de saneamento básico, pois, desde o primeiro sistema separador projetado, fato que ocorreu a quase 200 anos, foram verificadas vantagens significativas, particularmente nos âmbitos do saneamento ambiental e da saúde pública.

Outro aspecto importante é em relação à cobertura dos serviços de saneamento básico, particularmente o esgotamento sanitário e a coleta e manuseio de resíduos sólidos, pois os bairros de baixa renda per capita não são atendidos em sua totalidade por esses serviços, a exemplo desse tipo de bairro nas duas sub-bacias do estudo. São exemplos típicos dessa situação os bairros do Monte Castelo, José Pinheiro, Jardim Continental e Louzeiro, na sub-bacia das Piabas e Velame, Distrito Industrial, Cruzeiro, Estação Velha, Liberdade, Tambor e Jardim Paulistano, na sub-bacia do Prado.

Pela análise da árvore de falhas foi possível verificar que no sistema de macrodrenagem urbana de Campina Grande existem falhas que se encontram intrinsecamente ligadas com a poluição das águas dos canais das sub-bacias, as quais podem ser mitigadas através de ações pontuais e permanentes, a exemplo do reforço na limpeza dos canais, controle da permanência de animais na área urbana, coleta e destinação adequada de resíduos sólidos, além do controle do processo erosivo. No entanto, para uma gestão mais eficiente, é necessário que haja um plano de ação de melhoria continuada, incluindo programas de reabilitação dos sistemas de esgotamento sanitário e drenagem de águas pluviais urbanas, os quais não necessariamente implicariam na interceptação dos esgotos, mas em soluções locais de mais baixo impacto. Além disso, um programa de monitoração deveria ser incluído no processo de gestão para avaliar

melhorias no sistema de macrodrenagem da cidade, relacionando-as à mudança de perfil das populações residentes detectadas ao longo dos levantamentos censitários oficiais.

## 6 CONCLUSÃO

Tomando como bases os resultados apresentados a respeito do sistema de drenagem urbana no canal das Piabas. Foi possível concluir que:

- Há relação inversamente proporcional entre a densidade populacional com o poder aquisitivo;
- Verifica que quanto maior o poder aquisitivo maior também o grau de poluição do canal;
- O canal recebe contribuições de esgotos ao longo de todo o seu percurso;
- Observa que no canal existe lançamento de resíduos por parte dos moradores da sub-bacia, o que caracteriza numa deficiência na limpeza urbana;
- As águas pluviais do canal encontram-se bastante poluídas, caracterizadas como esgoto doméstico fraco;
- Há um número significativo de falhas básicas, que poderiam ser solucionados com a gestão do sistema, diminuindo assim o grau de poluição da sub-bacia;
- O alto nível de poluição significa um perigo para a população que vive no entorno do canal.

Já em relação ao estudo dos resultados exibidos a respeito da sub-bacia do Prado, tem-se que:

- Há uma ligação entre o grau de poluição com a densidade populacional;
- O alto poder aquisitivo resulta num grau de poluição maior;
- Há relação diretamente proporcional entre a aglomeração populacional com o poder aquisitivo;
- As águas pluviais do canal encontram-se bastante poluídas, caracterizadas como esgoto doméstico médio;
- A sub-bacia recebe contribuição de esgoto ao longo de todo o seu percurso;
- Em todos os pontos, foi possível a verificação de contaminação do tipo fecal;
- Há influência da aglomeração populacional com o nível de contaminação fecal;
- Há um número significativo de falhas básicas, que poderiam ser solucionados com a gestão do sistema, diminuindo assim o grau de poluição da sub-bacia;
- O alto nível de poluição significa um perigo para a população que vive no entorno do canal.

## REFERÊNCIAS

ALVES, E. et. al. **Êxodo e sua contribuição à urbanização de 1950 a 2010**. Revista de Política Agrícola (Embrapa). Ano XX – nº 2 – Abr./Maio/Jun. 2011. pp.80-88.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9648 de 30 de novembro de 1986. **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

BARROS, R. **A história do saneamento básico na Idade Moderna**. Rodo Inside. Disponível em: <<http://www.rodoinside.com.br/a-historia-do-saneamento-basico-na-idade-moderna/>> Acesso em: 23 out 18.

BPHC. Boston Public Health Commission. **Escherichia coli**. 2014. Disponível em: <<http://www.bphc.org/whatwedo/infectious-diseases/Infectious-Diseases-A-to-Z/Documents/Fact%20Sheet%20Languages/E.coli/Portuguese.pdf>>. Acesso em: 25 jun 18.

BRASIL, 2016 – **RELATÓRIO Nº 04** – CDR, 2016 de Avaliação de Políticas Públicas, da Comissão de Desenvolvimento Regional e Turismo do Senado Federal.

BRASIL, Câmara dos deputados. **Decreto nº 9.255, de 29 de dezembro de 2017**. Regulamenta a Lei nº 13.152, de 29 de julho de 2015, que dispõe sobre o valor do salário mínimo e a sua política de valorização de longo prazo.

BRASIL, Câmara dos deputados. **Lei nº 12.255, de 15 de junho de 2010**. Dispõe sobre o salário mínimo a partir de 1º de janeiro de 2010, estabelece diretrizes para a política de valorização do salário mínimo entre 2012 e 2023 e revoga a Lei nº 11.944, de 28 de maio de 2009.

BRASIL, Câmara dos deputados. **Medida provisória que altera marco legal do saneamento básico**. 09 jun 2018. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/CIDADES/560138-CONGRESSO-RECEBE-MEDIDA-PROVISORIA-QUE-ALTERA-MARCO-LEGAL-DO-SANEAMENTO-BASICO.html>> Acesso em: 08 nov 18.

BRASIL. Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**.

BRASIL, Ministério da Saúde. FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3 ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

BRASIL, Ministério da Saúde. FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Fsesp**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2017.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011.

CAMARGO, R.P.L. et al. **Caracterização físico-química e bacteriológica dos resíduos de eta: a importância do seu estudo**. Eclética química, 81-90. 2014.

CAMPANHA, N. A.; BERNARDES, R. S.; JÚNIOR, J. A. S. **Controle qualitativo e quantitativo do escoamento pluvial urbano com bacias de detenção**. *Amibi-Agua*, Taubaté, v. 2, n. 3, p. 98111, 2007.

CRUZANDO O MUNDO. **O Rio de Janeiro de Debret no centro cultural dos correios**. 06/03/2015. Disponível em: < <https://cruzandomundo.com.br/dicas/atividades/o-rio-de-janeiro-de-debret-no-centro-cultural-dos-correios/>>. Acesso em: 08 nov 18.

CURIOSIDADES CARIOCAS. **Arcos da Lapa**. Carlos H. 28/02/2007. Disponível em: < [http://rio-curioso.blogspot.com/2007/02/arcos-da-lapa\\_28.html](http://rio-curioso.blogspot.com/2007/02/arcos-da-lapa_28.html)>. Acesso em: 08 nov 18.

DATASUS. Tecnologia da Informação a Serviço do SUS. **Dados de morbidade hospitalar do SUS - Por local de internação – Brasil**. Período de setembro de 2017 a agosto de 2018. Disponível em: < <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sih/cnv/niuf.def>>. Acesso em: 13 nov 18.

DEEPASK. **Mapa mundial da população com acesso a saneamento básico**. Disponível em: <[http://www.deepask.com/goes?page=Veja-mapa-mundial-da-populacao-com-acesso-a-saneamento-basico-\(em-percentage\)-por-pais](http://www.deepask.com/goes?page=Veja-mapa-mundial-da-populacao-com-acesso-a-saneamento-basico-(em-percentage)-por-pais)> Acesso em: 08 nov 18.

DINIZ, F. et. al. **Apostila Análise Risco**. DNV. Módulo 1: Conceitos Fundamentais, Formas de Expressão e Critérios de Aceitabilidade de Riscos. Ministério do Meio Ambiente. 2006.

FELICIANO, W. C. **Análise de riscos como ferramenta de gestão ambiental**. São Paulo: CRQ-IV. 11/09/2008. Disponível em: < <https://www.crq4.org.br/downloads/PRG/Artigos/CRQ%20-Artigo%20An%C3%A1lise%20de%20Riscos.pdf>>. Acesso em: 08 nov 18.

FERREIRA, F; MATOS, J.S. **Qualidade de águas pluviais na zona baixa de Alcântara, em Lisboa**. 2012. Disponível em: <[http://www.aprh.pt/rh/pdf/rh33\\_n2-5.pdf](http://www.aprh.pt/rh/pdf/rh33_n2-5.pdf)> Acesso em: 08 nov 2018.

FREIRE, J. R. P. **Análise do sistema separador absoluto no âmbito da drenagem pluvial da cidade de Campina Grande - estudo de caso do canal das Piabas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB, 2014.

GUIMARÃES, P. L. F. **Indústria sucroalcooleira – Análise de Risco Ambiental**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2011.

HENRIQUES, J. A. **Distribuição da contaminação fecal em águas de drenagem afluentes do canal do Prado, Campina Grande-PB**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>>. Acesso em: 24 jun 18.

KOLLURU, R. **Risk Assessment and Management: a Unified Approach**. In: Kolluru, R.; Bartell, S.; Pitblado, R.; Stricoff, S. Risk Assessment and Management Handbook: for Environmental, Health and Safety Professionals. Boston, Massachusetts: McGraw Hill, 1996. chap. 1, p. 1.3 - 1.41.

LIMA, R.N.S. et al. **Estudo da poluição pontual e difusa na bacia de contribuição do reservatório da usina hidrelétrica de Funil utilizando modelagem espacialmente distribuída em Sistema de Informação Geográfica**. ABES. Engenharia Sanitária e Ambiental. v.21 n.1. 2016.

MATOS, J. S. **Aspectos Históricos e Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano**. Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura do Instituto Superior Técnico. Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa. Número 16, 2003.

MENDONÇA, A. L. P. V. **Métodos de avaliação de riscos - Contributo para a sua aplicabilidade no setor da construção Civil**. Dissertação de mestrado em Engenharia do Ambiente. UALg. Universidade do Algarve. 2013.

MENDONÇA, D. **Cloaca Máxima**. Crônicas sobre a cidade. Jornal Tribuna/PR. Publicado em: 28/04/12. Disponível em: <<https://www.tribunapr.com.br/blogs/dante-mendonca/cloaca-maxima/>>. Acesso em: 14 nov 18.

MICHAELIS – **Dicionário de Português**. UOL, 2002.

MPRS. Ministério Público do Rio Grande do Sul. **Saneamento básico**. 09/08/2012. Disponível em: <[https://www.mprs.mp.br/media/areas/ressanear/arquivos/apresentacoes/oficina\\_4/apresentacao\\_ressanear\\_sta\\_maria\\_09\\_08\\_12\\_frangipani.pdf](https://www.mprs.mp.br/media/areas/ressanear/arquivos/apresentacoes/oficina_4/apresentacao_ressanear_sta_maria_09_08_12_frangipani.pdf)>. Acesso em: 08 nov 18.

NASCIMENTO, E. M. N. **Avaliação de risco de exploração e beneficiamento de quartzito em Várzea – PB**. Campina Grande; Ciência e Tecnologia Ambiental/UEPB, 2015.

ONU. **Nações Unidas do Brasil**. 2017. Disponível em:<<https://nacoesunidas.org/onu-45-bilhoes-de-pessoas-nao-dispoem-de-saneamento-seguro-no-mundo/>>. Acesso em: 24 jun 18.

ROSA, A. H. et. al. **Meio Ambiente e sustentabilidade**. Porto Alegre: Bookman, 2012.

SANCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2006.

SANETRAM SANEAMENTO AMBIENTAL S/A. **Evolução do saneamento no mundo e a gestão de resíduos sólidos**. 14/04/2016. Disponível em: <<http://sanetram.com.br/evolucao-do-saneamento-no-mundo-e-a-gestao-de-residuos-solidos/>> Acesso em: 08 nov 18.

SANTOS, M. A. **Cuidado com o tigre!** 03/06/2010. Disponível em: <<http://historianovest.blogspot.com/2010/06/cuidado-com-o-tigre.html>> Acesso em: 08 nov 18.

THE HISTORY BLOG. **Rome's Cloaca Maxima sewer needs love**. 18/11/2012. Disponível em: < <http://www.thehistoryblog.com/archives/21511>>. Acesso em: 25 jun 18.

TRATA BRASIL. **Benefícios econômicos da expansão do saneamento Brasileiro.**

Disponível em: <<http://tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa7/pesquisa7.pdf>>. Acesso em: 21 de out de 18.

TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento no Brasil 2018.** Disponível em:

<<http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking-2018/realatorio-completo.pdf>> Acesso em: 08 nov 18.

TRATA BRASIL. **Saneamento no Brasil - bakup.** Disponível em: <

<http://m.tratabrasil.org.br/saneamento-no-brasil-bakup> >. Acesso em: 24 jun 18.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e transporte de esgoto sanitário.** Rio de Janeiro: ABES, 2011.

TUCCI, C.E.M. **Água no meio urbano: Livro da água doce.** Cap 14, Instituto de pesquisa hidráulica. UFGRS. Porto Alegre. RS. 1997.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da drenagem urbana.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 7, N.1, jan/mar, pp 5-27. 2002.

UFRRJ. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, **Saneamento básico.** Agosto/2007. Disponível em:

<<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>> Acesso em: 08 nov 18.

UNICEF, Brasil. **Água é vida, saneamento é dignidade – Dia Mundial da Água, 22 de março.** Disponível em: <[https://www.unicef.org/brazil/pt/media\\_11765.htm](https://www.unicef.org/brazil/pt/media_11765.htm)>. Acesso em 25 jun 18.

VOLSCHAN, I.; TSUTIYA, M. T.; MARTINS, R. H. O.; YAZAKI, L. F. O. **Sistema unitário x sistema separador absoluto qual o mais atraente para as condições brasileiras?.** DAE. São Paulo. Brasil. 60 p. 2009.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias),** v. 1, 1996.

WHO - World Health Organization. **Progress on Drinking Water and Sanitation,** 2014 Update. Switzerland: WHO, 2014a.

WHO - World Health Organization. **Water, Sanitation and Hygiene Links to Health.** Switzerland: WHO, 2004.