



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS**

Marcio Antônio Bezerra de Almeida Junior

**DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS PROVENIENTES DO**  
**LANÇAMENTO DE EFLUENTES NO RIO PIANCÓ EM POMBAL-PB**

Pombal-PB

2020

Marcio Antônio Bezerra de Almeida Junior

**DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS PROVENIENTES DO  
LANÇAMENTO DE EFLUENTES NO RIO PIANCÓ EM POMBAL-PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, no curso de Mestrado, modalidade Acadêmico, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Walker Gomes de Albuquerque

Pombal-PB

2020

A447d Almeida Junior, Marcio Antônio Bezerra de.

Diagnóstico dos impactos ambientais provenientes do lançamento de efluentes no rio Piancó em Pombal - PB / Marcio Antônio Bezerra de Almeida Junior. – Pombal, 2021.

105 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2020.

“Orientação: Prof. Dr. Walker Gomes de Albuquerque”.

Referências.

1. Recursos hídricos. 2. Avaliação de impacto ambiental. 3. Degradação ambiental. 4. Saneamento básico. I. Albuquerque, Walker Gomes de. II. Título.

CDU 556.18(043)

# **DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS PROVENIENTES DO LANÇAMENTO DE EFLUENTES NO RIO PIANCÓ EM POMBAL-PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, no curso de Mestrado, modalidade Acadêmico, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Walker Gomes de Albuquerque

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Walker Gomes de Albuquerque (Orientador)  
**UACTA/CCTA/UFCG - *Campus Pombal***

---

Profa. Dra. Aline Costa Ferreira (Examinadora Interna)  
**UAGRA/CCTA/UFCG - *Campus Pombal***

---

Prof. D. José Cleidimário Araújo Leite (Examinador Externo)  
**UACTA/CCTA/UFCG - *Campus Pombal***

---

Profa. Dra. Viviane Farias Silva (Examinadora Externa)  
**UAEF/CSTR/ UFCG - *Campus Patos***

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente, a Deus pelo dom da vida por toda a força nos momentos difíceis e por todas as conquistas alcançadas, pois sei que se Deus permitiu os obstáculos impostos em minha vida, foi porque acreditou que eu poderia ultrapassá-los e adquirir sabedoria com eles.

À minha família, que eu amo muito, em especial a minha esposa Thais Guedes, ao meu filho Arthur Almeida, a minha mãe Osma Queiroga, ao meu pai Marcio Bezerra e ao meu irmão Davi, por todos os momentos de alegria, paciência e por serem meus alicerces que me apoiam e que estão sempre ao meu lado me motivando na busca e realização dos meus sonhos.

Ao meu orientador, o professor Dr. Walker Gomes de Albuquerque, por toda paciência e pelos incentivos e ensinamentos durante a execução deste trabalho.

Meus agradecimentos aos professores (as) Dr. Aloysio Rodrigues, Dr. José Cezario, Dra. Viviane Farias, Dr. José Cleidimário, Dra. Aline Ferreira, que fizeram parte da minha formação.

## RESUMO

A urbanização de maneira vertiginosa e desordenada provoca a degradação gradativa dos recursos hídricos, devido à escassez nos serviços de saneamento básico. A disposição de efluentes acaba se tornando um dos principais aspectos de degradação da qualidade ambiental dos corpos d'água. Nesse contexto, a cidade de Pombal-PB teve o seu desenvolvimento urbano às margens do rio Piancó, no entanto, este rio tornou-se o principal meio de escoamento dos efluentes, tendo em vista que esse curso d'água possui múltiplos usos, implicando inerentes danos à qualidade de seu corpo hídrico e ao equilíbrio do meio ambiente. Neste estudo, teve-se por objetivo identificar e analisar os impactos ambientais decorrentes do lançamento de efluentes lançados no rio Piancó na cidade de Pombal-PB. O diagnóstico ambiental simplificado foi elaborado através do levantamento da situação e percepção dos componentes ambientais, retratando a situação do meio físico, biótico e antrópico, de modo que caracterizasse a situação ambiental da área a ser estudada. As coletas de dados foram realizadas por observação *in loco*, obtenção de dados por meio de órgãos governamentais, obtenção de informações cartográficas, consulta de referências bibliográficas já publicadas e com o uso do sensoriamento remoto, considerando, o meio físico, o meio biológico e o meio antrópico. Os métodos utilizados para a identificação e análise dos impactos ambientais foram os métodos *Check Lists* e o método *Matriz de Interação*. Identificou-se 60 impactos ambientais adversos na área de estudo, sendo 32 classificados como “muito significativos” e 28 como “significativos”, dos quais 56 são mitigáveis e 4 não são mitigáveis. Os componentes do meio abiótico e antrópico foram os mais alterados pela disposição dos efluentes no rio Piancó, principalmente os componentes ambientais referentes ao fator econômico, o uso da água, do solo e dos recursos hídricos.

**Palavras-chaves:** Recursos Hídricos, Avaliação de Impacto Ambiental, Degradação Ambiental, Saneamento Básico.

## ABSTRACT

Urbanization in a vertiginous and disordered manner causes the gradual degradation of water resources, due to the scarcity in basic sanitation services. The disposal of effluents ends up becoming one of the main aspects of degradation of the environmental quality of water bodies. In this context, the city of Pombal-PB had its urban development on the banks of the Piancó river, however, this river has become the main means of draining effluents, considering that this watercourse has multiple uses, implying inherent damage to the quality of its water body and the balance of the environment. In this study, the objective was to identify and analyze the environmental impacts resulting from the discharge of effluents discharged into the Piancó river in the city of Pombal-PB. The simplified environmental diagnosis was elaborated through the survey of the situation and perception of the environmental components, portraying the situation of the physical, biotic and anthropic environment, in order to characterize the environmental situation of the area to be studied. Data collections were carried out by on-site observation, obtaining data through government agencies, obtaining cartographic information, consulting bibliographic references already published and using remote sensing, considering the physical environment, the biological environment and the anthropic means. The methods used for the identification and analysis of environmental impacts were the *Check Lists* methods and the *Interaction Matrix* method. 60 adverse environmental impacts were identified in the study area, 32 of which were classified as “very significant” and 28 as “significant”, of which 56 are mitigable and 4 are not mitigable. The components of the abiotic and anthropic environment were the most affected by the disposal of effluents in the Piancó river, mainly the environmental components related to the economic factor, the use of water, soil and water resources.

**Keywords:** Water Resources, Environmental Impact Assessment, Ambiental Degradation, Basic sanitation.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ADA - Área Diretamente Afetada

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

AIA - Avaliação de Impactos Ambientais

AID - Área de Influência Direta

AII - Área de Influência Indireta

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DBO - Demanda bioquímica de oxigênio

DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto

GIS - Geographic Information System

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NBR - Normas Brasileiras

ODNE - Observatório do Desenvolvimento do Nordeste

PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico

PRAD - Planos de Recuperação de Áreas Degradadas

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização geográfica do município de Pombal-PB.....	41
Figura 2 - Mapa de localização geográfica da área de estudo.....	42
Figura 3 - Situação atual da ETE do Sistema de Esgotamento Sanitário de Pombal-PB.....	48
Figura 4 - Pontos de lançamentos dos efluentes no rio Piancó em Pombal-PB.....	50
Figura 5 - Disposição inadequada de resíduos sólidos sobre os sistemas de drenagem pluvial.....	52
Figura 6 - Área Diretamente Afetada.....	53
Figura 7 - Área de Influência Direta.....	54
Figura 8 - Área de Influência Indireta.....	55
Figura 9 - Tipologia climática do município de Pombal-PB.....	56
Figura 10 - Pluviometria anual média do município de Pombal-PB.....	57
Figura 11 - Geologia do município de Pombal-PB.....	58
Figura 12 - Aspecto geral de afloramento do <i>sheet</i> de ortognaisse leucocrático situado a sul de Pombal (PB). Afloramento VC-91.....	59
Figura 13 - Áreas com riscos de movimentos de massa e de enchentes em Pombal-PB.....	60
Figura 14 - Geomorfologia fluvial com alterações.....	61
Figura 15 - Solos predominantes no município de Pombal-PB.....	62
Figura 16 - Proximidade da ETE com as áreas residenciais urbanas.....	69
Figura 17 - Presença de efluentes na rede de drenagem pluvial.....	70
Figura 18 - Macrófitas aquáticas flutuantes indicando o nível de eutrofização do rio Piancó.....	73
Gráfico 1 - Interações distribuídas nos meios abiótico, biótico e antrópico.....	75
Gráfico 2 - Distribuição dos impactos ambientais identificados nos meios abiótico, biótico e antrópico.....	79
Gráfico 3 - Impactos ambientais adversos significativos identificados na área de estudo.....	87

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Componentes ambientais descritos no diagnóstico ambiental da área de influência.....	44
Quadro 2 - Classificação dos impactos ambientais.....	44
Quadro 3 - Critérios para avaliação do grau de significância dos impactos.....	45
Quadro 4 - Matriz de interação com as atividades/ações antrópicas em relação aos fatores ambientais atingidos.....	73
Quadro 5 - Aspectos e impactos ambientais identificados.....	75
Quadro 6 - Matriz de classificação dos impactos ambientais identificados na área de estudo.....	80
Quadro 7 - Quadro 7. Determinação da significância dos impactos ambientais adversos identificados na área de estudo.....	84
Quadro 8 - Medidas de controle ambiental propostas para os impactos negativos identificados na área de estudo.....	88

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	13
2.1 GERAL .....	13
2.2 ESPECÍFICOS .....	13
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
3.1 USOS DA ÁGUA.....	13
3.2 ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL .....	17
3.3 EFLUENTES E SISTEMAS DE TRATAMENTO.....	20
3.4 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL VIGENTE APLICÁVEL .....	23
3.5 IMPACTO AMBIENTAL .....	25
3.6 ASPECTO AMBIENTAL .....	27
3.7 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL .....	28
3.8 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	30
3.9 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	32
3.9.1 <i>Método Espontâneo (Ad-Hoc)</i> .....	33
3.9.2 <i>Listagens de Controles (Check Lists)</i> .....	33
3.9.3 <i>Matrizes de interação</i> .....	34
3.9.4 <i>Redes de Interação (Networks)</i> .....	35
3.9.5 <i>Superposição de Mapas (Overlay Mapping)</i> .....	36
3.10 MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL .....	37
3.11 PLANOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS .....	39
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	40
4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	40
4.1.2 <i>Definição da Área de Influência</i> .....	42

4.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL SIMPLIFICADO.....	43
4.3 IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	44
4.4 CLASSIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	44
4.5 SELEÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS.....	45
4.6 MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL.....	46
4.7 PLANOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS.....	46
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>46</b>
5.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	46
5.1.1 <i>Definição da Área de Influência.....</i>	<i>52</i>
5.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL SIMPLIFICADO.....	55
5.2.1 <i>Descrição do meio físico.....</i>	<i>55</i>
5.2.2 <i>Descrição do meio biótico.....</i>	<i>64</i>
5.2.3 <i>Descrição do meio antrópico.....</i>	<i>65</i>
5.3 IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	73
5.4 CLASSIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	80
5.5 SELEÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS.....	84
5.6 PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL.....	87
5.7 PROPOSIÇÃO DE PLANOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS.....	90
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>95</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>96</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O avanço da urbanização de maneira descontrolada e desordenada, tem provocado a degradação progressiva de áreas de mananciais, tendo em vista que a urbanização é um dos processos mais impactantes no meio ambiente, em especial no que se refere à qualidade dos recursos hídricos (BRITO, 2012; HIDALGO, 2017).

O problema se agrava nas cidades que sofreram processos de crescimento populacional acelerado e, cujas infraestruturas físicas e suporte institucional não estavam dimensionados para tal expansão (BURSZTYN; AUGUSTA BURSZTYN, 2012). Esse vertiginoso crescimento das cidades pode apresentar uma sobrecarga para sua infraestrutura, prejudicando a oferta de bens e serviços locais, degradando o ambiente e reduzindo a qualidade de vida da população (FOGLIATTI et al., 2004). As consequências desse crescimento populacional podem ser observadas na expansão urbana, que é caracterizada por um crescimento escasso, desordenado e de baixa densidade em algumas áreas das cidades (SPERANDELLI et al., 2013).

O lançamento de esgotos de origem doméstica tem se tornado um dos principais fatores de degradação da qualidade da água nos corpos d'água urbanos (TUCCI, 2010). Essa poluição dos corpos hídricos ocorre pela adição de substâncias ou de formas de energia que alteram, de forma indireta ou direta, a natureza do corpo d'água, prejudicando os legítimos usos que dele são feitos (VON SPERLING, 2017).

Conforme os dados do Sistema Nacional de Informações em Saneamento (BRASIL, 2019), em 2018, o índice médio de atendimento total com rede de esgotos no Brasil apresentava apenas 53,2%, já o índice médio de tratamento dos esgotos coletados, foi de 74,5%. Isso demonstra que muitos municípios brasileiros não possuem tratamento de esgotos adequado, ou sequer disponibilizam o serviço para sua população, permitindo que o lançamento desses efluentes nos corpos hídricos comprometam a qualidade e os usos da água, acarretando implicações danosas à saúde pública e ao equilíbrio do meio ambiente (ANA, 2017).

De acordo com ANA (2017), mais de 110 mil km de trechos de rios brasileiros estão com a qualidade comprometida, devido ao excesso de carga orgânica, sendo que em 83.450 km não é mais permitida a captação para abastecimento público, devido à poluição, e em 27.040 km a captação pode ser feita, mas requer tratamento avançado, o que implica um maior custo.

Esses impactos ambientais são decorrentes da falta de investimentos nos sistemas de tratamento de esgotos, permitindo com que os esgotos sejam conectados à rede pluvial urbana através de ligações clandestinas, ocasionando o transporte de poluentes aos corpos hídricos receptores, acarretando em um impacto ambiental adverso cumulativo ou acumulativo no tempo e no espaço (SÁNCHEZ, 2013).

A acelerada degradação dos recursos naturais leva a sociedade a buscar modelos alternativos que harmonizem o desenvolvimento econômico com a indispensável proteção do meio ambiente. Essa questão ambiental é amplamente debatida em todos os âmbitos da sociedade, uma vez que as mudanças ambientais podem ocasionar consequências positivas ou negativas (SILVA; CRISPIM, 2011).

Segundo Basso e Verdum (2006), a busca por procedimentos metodológicos e técnicas para a mitigação dos impactos ambientais, assim como a produção de estudos que pudessem ampliar o conhecimento técnico-científico, permitiram a implantação do sistema de Avaliação de Impactos Ambientais.

Nessa perspectiva, a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) surge como uma etapa fundamental para a implantação de empreendimentos e de atividades potencialmente poluidoras ou utilizadoras de recursos naturais, tendo por objetivo, permitir que as atividades humanas tenham seus impactos ambientais previstos e seus custos ambientais internalizados, de forma a embasar a tomada de decisão, buscando a sustentabilidade ambiental (TURRA et al., 2017).

Nesse contexto, a cidade de Pombal-PB teve o seu desenvolvimento urbano às margens do rio Piancó, no entanto, este rio tornou-se o principal meio de escoamento de efluentes, tendo em vista que esse curso d'água possui múltiplos usos, implicando inerentes danos à qualidade de seu corpo hídrico e ao equilíbrio do meio ambiente.

Destarte, os esgotos lançados no rio Piancó na cidade de Pombal necessitam ter condições sanitárias adequadas, desde a sua coleta através de uma rede geral, até o seu tratamento adequado, caso contrário, os recursos hídricos permanecerão poluídos com a ocorrência da proliferação de doenças de veiculação hídrica, além de impactar negativamente na qualidade dos recursos hídricos.

Essa pesquisa visa promover o conhecimento científico, tendo em vista que os estudos de impacto ambiental são realizados por equipes multidisciplinares habilitadas. Porém, a

ciência geográfica oportuniza atuar na estruturação de estudos e análises que contemplem a relação entre a sociedade com o meio natural na produção do espaço geográfico.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Analisar os impactos ambientais adversos provenientes do lançamento de efluentes no rio Piancó na cidade de Pombal-PB.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Delimitar, mapear e caracterizar a área do estudo
- Identificar os impactos ambientais
- Classificar os principais impactos ambientais adversos significativos na área de estudo
- Propor medidas de controle ambiental, ações e programas que possam assegurar a qualidade da água do rio e seus respectivos usos.

## **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1 USOS DA ÁGUA**

A água é uma das substâncias mais abundantes em nosso planeta, sendo um elemento essencial e de extrema importância para a sobrevivência e a manutenção da vida de todos os seres vivos que habitam a Terra e, a sua disponibilidade torna-se um papel essencial para a sobrevivência humana e para o desenvolvimento das sociedades, porém, a quantidade de água armazenada em cada um dos seus grandes reservatórios na Terra, tem sofrido diariamente com a poluição (HELLER, 2006; REBOUÇAS, 2004).

A utilização de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento de fontes alternativas para o abastecimento se constitui, hoje, como uma estratégia básica à solução do problema da escassez universal de água (REBOUÇAS, 2004).

O uso da água tornou-se crescentemente diversificado e cada vez mais exigente, em quantidade e qualidade. Nessa perspectiva, percebem-se os diversos usos demandados pela população e pelas atividades econômicas, o que resulta em perdas entre volume de água captado e o volume que retorna ao curso da água (usos consuntivos). Essas perdas não se verificam, embora implique no regime hidrológico ou na qualidade desses recursos (não consuntivos) (HELLER, 2006; MARTINS et al., 2012).

A água passou a ser vista, nas últimas décadas, como um recurso hídrico e não mais como um bem natural, disponível para a existência humana e das demais espécies. A sua utilização tornou-se indiscriminadamente, encontrando sempre novos usos, sem avaliar as consequências ambientais em relação à quantidade e qualidade das águas (BACCI; PATACA, 2008).

A intensidade da escassez da água ampliou-se em determinadas regiões do planeta, particularmente por fatores antrópicos ligados à ocupação do solo, à poluição e contaminação dos corpos de águas superficiais e subterrâneos (BACCI; PATACA, 2008).

Contudo, a importância da água não está associada apenas às suas funções do meio ambiente, mas ao papel que exerce na saúde pública, economia e qualidade de vida humana. À vista disso, a água também exerce um papel significativo no desenvolvimento de civilizações, como a exemplo das civilizações mesopotâmicas e egípcias que se desenvolveram ao longo dos rios Tigre, Eufrates e rio Nilo (SOUZA et al., 2014).

De acordo com Heller (2006), os principais usos consuntivos da água são os de abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação e aquicultura. Já os usos não consuntivos, destacam-se a geração de energia hidroelétrica, navegação, recreação e harmonia paisagística, pesca, diluição, assimilação e afastamento de esgotos.

O principal uso consuntivo de água no Brasil, em termos de quantidade utilizada, é a agricultura irrigada (ANA, 2019). Considerando os demais usos consuntivos, esses valores representam à 46% da retirada ( $2.105\text{m}^3/\text{s}$ ) e 67% da vazão de consumo ( $1.110\text{m}^3/\text{s}$ ). Porém, a irrigação é imprescindível para o aumento e a estabilidade da oferta de alimentos e consequente aumento da segurança alimentar e nutricional da população brasileira (ANA, 2017).



Agrega-se à água a sua importância econômica, pois ela ocupa uma posição relevante no desenvolvimento do País, visto que a água é a principal fonte de energia para as usinas hidrelétricas, de irrigação para a agricultura e têm múltiplas utilizações no setor industrial (RIBEIRO; ROLIM, 2017).

A demanda de água na indústria reflete o tipo de produto ou serviço que está sendo produzido e os processos industriais adotados. A expressividade do uso da água depende de vários fatores, dentre eles, o tipo de processo e de produtos e, das tecnologias empregadas. No que diz respeito a utilização de água no processo produtivo, pode-se observar diversas funções, tais como: matéria-prima e reagentes; solventes de substâncias sólidas, líquidas e gasosas; lavagem e retenção de materiais contidos em misturas; veículo de suspensão; e operações envolvendo transmissão de calor (ANA, 2017b).

Regionalmente, as maiores demandas de água estão localizadas nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste, que são responsáveis por 85% da demanda. Observa-se ainda que a preocupação com a eficiência no uso da água na indústria vem ocupando lugar de destaque nas estratégias competitivas das indústrias nacionais, especialmente daquelas que utilizam este recurso mais intensivamente e em setores com maior participação nos mercados externos (ANA, 2017b).

A agricultura irrigada depende de uma adequada disponibilidade e, de uma boa qualidade da água. Em contrapartida, aumenta-se as preocupações relacionadas aos recursos hídricos, pois os problemas de quantidade e qualidade da água tendem a ocorrer de forma interligada. Em uma outra perspectiva, o desperdício de outros setores podem limitar a disponibilidade de água para a irrigação, assim como a água que chega ao meio rural poluída pode limitar ou inviabilizar a atividade (ANA, 2017c).

O Brasil está entre os dez países com a maior área equipada para irrigação do mundo. A evolução crescente da agricultura irrigada no Brasil deve-se a alguns fatores-chave, especialmente na expansão da agricultura para regiões com clima desfavorável, aos estímulos governamentais de desenvolvimento regional e nos benefícios observados na prática com boa disponibilidade de financiamentos (ANA, 2017c).

De acordo com ANA (2017c), a irrigação é responsável pela retirada de 969 mil litros por segundo ( $969 \text{ m}^3/\text{s}$ ) e, pelo consumo de 745 mil litros por segundo ( $745 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Considerando os demais usos consuntivos levantados, esses valores correspondem a 46% da retirada ( $2.105 \text{ m}^3/\text{s}$ ) e 67% da vazão de consumo ( $1.110 \text{ m}^3/\text{s}$ ) no País.

Em regiões semiáridas, as restrições de água decorrem do elevado déficit hídrico, resultante do balanço entre precipitação e evapotranspiração ao longo do ano, em que as precipitações excedem a evapotranspiração potencial. Nessas circunstâncias, no período de estação seca, a água potável disponível é escassa e causa situações em que as atividades consumidoras de água se concentram nos locais onde a água permanece armazenada (MARTINS et al., 2012).

O semiárido brasileiro apresenta reservas insuficientes de água em seus mananciais, devido as elevadas temperaturas durante todo o ano, as baixas amplitudes térmicas, a forte insolação e as altas taxas de evapotranspiração. Apresentando totais pluviométricos irregulares e inferiores a 900mm, normalmente, são superados pelos elevados índices de evapotranspiração, resultando em taxas negativas no balanço hídrico. Trata-se, portanto, de um território vulnerável, em que a irregularidade interanual das chuvas pode chegar a condições extremas, representadas por frequentes e longos períodos de estiagem (ANA, 2010).

O aumento acelerado da demanda de recursos hídricos provoca, a princípio, o problema da escassez quantitativa do recurso, sendo que, simultaneamente, diminui a qualidade das águas pelo aumento da população. Este crescimento produz um incremento na industrialização, no uso de agrotóxicos na agricultura e no uso inadequado do solo e da água, fazendo com que as águas poluídas pelas atividades antropogênicas retornem com uma qualidade inferior aos corpos d'água de que foram retiradas (FOLEGATTI, et al., 2010).

Na atualidade, uma concorrência entre o uso doméstico e produtivo da água, que é explícita nos comitês de bacias hidrográficas. Os lagos e rios estão se transformando em criadouros de algas ou cloacas, devido à retirada excessiva de água para irrigação, para abrir “novas fronteiras” para o desenvolvimento econômico e suprir uma demanda de mercado (WARTCHOW, 2009).

Ainda que os recursos hídricos exerçam um papel indispensável no desenvolvimento regional, a qualidade e a quantidade das águas fluviais vêm sendo cada vez mais afetadas pelo crescimento econômico que, aumentam a demanda por água e provoca alterações de ordem física, química e biológica nos ecossistemas aquáticos (SOUZA et al., 2014).

Nas regiões com maior dinamismo econômico e produtivo, o desafio do abastecimento está relacionado com a constante utilização de fontes hídricas comuns, que resulta em conflitos pelo uso da água, de ordem quantitativa e qualitativa. Além disto, o aproveitamento

dos mananciais para o abastecimento dos grandes aglomerados urbanos se dá, geralmente, por meio de sistemas integrados, que atendem de forma simultânea e interligada várias sedes municipais, resultando em maior complexidade para o planejamento, execução e operação da infraestrutura hídrica e exigindo grande volume de investimentos (ANA, 2010).

À vista disso, as discussões relacionadas à disponibilidade hídrica ganham espaços e se tem constituído em uma pauta extremamente importante nos cenários nacional e internacional em que são debatidos os temas relacionados aos meios de preservação da quantidade e da qualidade hídrica, bem como as formas de utilização sustentável (RIBEIRO; ROLIM, 2017).

### 3.2 ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL

A definição de esgotamento sanitário, de acordo com a norma brasileira NBR 9648 (ABNT, 1986), se constitui de despejo líquido de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária.

A Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020 (BRASIL, 2020), atualiza o marco legal do saneamento básico e aprimora as condições estruturais do saneamento básico no País. A lei considera o esgotamento sanitário como um serviço:

Constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final para produção de água de reúso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente (BRASIL, 2020).

Dessa forma, o esgotamento sanitário caracteriza-se pelo conjunto de serviços, infraestruturas e instalações que têm por objetivo realizar de forma adequada o tratamento e a destinação final de esgotos no meio ambiente, pois sua ausência provoca a poluição dos recursos hídricos, ocasionando danos à saúde pública e ao meio ambiente (BRASIL, 2007). Essas ações visam preservar o meio ambiente, à saúde humana e as intervenções de desenvolvimento econômico (TOMÉ, 2019).

O esgotamento sanitário é um dos serviços de saneamento que mais demandam análises e propostas para o encaminhamento de soluções, principalmente as direcionadas para a gestão hídrica. O déficit de coleta e tratamento de esgotos nas cidades brasileiras tem

resultado em uma parcela significativa de carga poluidora chegando aos corpos hídricos, acarretando implicações negativas aos usos múltiplos dos recursos hídricos (ANA, 2017d).

A geração de esgotos em áreas urbanas está diretamente relacionada à população. As principais concentrações populacionais ocorrem nas capitais e no seu entorno, em função da disponibilidade de serviços, infraestrutura, logística e outros elementos que privilegiam o desenvolvimento de todos os tipos de atividades nessas regiões. Portanto, é natural que as capitais e os principais aglomerados urbanos concentrem a maior quantidade dos esgotos gerados (ANA, 2017d).

Estima-se que 2,4 bilhões de pessoas em todo o mundo ainda usam instalações sanitárias inadequadas (WHO; UNICEF, 2015). No Brasil, a Pesquisa Nacional de Saneamento (IBGE, 2010) apontou que apenas 55,2% dos municípios brasileiros tinham serviço de esgotamento sanitário por rede coletora, em 2008, que é o sistema adequado. Já em 2017, a situação do acesso ao esgotamento sanitário pelos domicílios brasileiros, passou a atender um percentual de 66,5% dos domicílios (PLANSAB, 2019).

Porém, 15,6% dos domicílios utilizam a fossa séptica como solução de esgotamento sanitário, e 17,9% dos domicílios brasileiros não possuem solução adequada de esgotamento sanitário, o que corresponde a 12,4 milhões de domicílios destinando seus esgotos para fossas rudimentares, valas, rios, entre outros destinos (PLANSAB, 2019).

A situação do acesso ao esgotamento sanitário pelos domicílios, na macrorregião Sudeste, foi a que apresentou o maior percentual de domicílios atendidos com rede geral de esgoto ou pluvial, com um percentual de 89,0%, e a macrorregião Norte foi a que apontou o maior percentual de domicílios com precariedade no atendimento, indicando apenas 38,3%. Já a macrorregião Nordeste indica um déficit de atendimento em 5,6 milhões de domicílios, representando apenas 45,7% de domicílios atendidos com rede geral de esgotos (PLANSAB, 2019).

O percentual de domicílios particulares permanentes sem esgotamento sanitário apresenta uma queda no índice para todas as regiões. Porém, verifica-se uma forte diferença inter-regional, principalmente nas regiões Norte e Nordeste. O Nordeste teve uma redução de 65% do índice na década, passando de 15,3% para 5,3% dos domicílios sem esgotamento sanitário em 2015, mas ainda representa mais que o dobro da média nacional (1,9%) (ODNE, 2017).

Em termos de contingente populacional, constata-se que 57% da população brasileira urbana reside em municípios que não possuem vazão suficiente para a diluição da carga orgânica sem recorrer a processos de tratamento mais eficientes ou, resultar em qualidade de água compatível apenas com classes de enquadramento menos restritivas. No Nordeste, com grande parte de sua área no semiárido, quase 800 sedes não dispõem de corpos d'água com vazão suficiente para a diluição dos esgotos. Nessas cidades estão mais de 10 milhões de pessoas, cerca de 25% da população urbana da região (ANA, 2017d).

Ainda que o tratamento convencional seja suficiente para 2.969 municípios, a maior parte da população brasileira está em 840 centros urbanos que demandam solução complementar ou solução conjunta para resolver o problema de esgotamento sanitário. Quase 55% dos investimentos previstos em tratamento são destinados a esses municípios, concentrados principalmente nas regiões hidrográficas do Paraná e Atlântico Nordeste Oriental (ANA, 2017d).

No que concerne aos investimentos direcionados ao saneamento básico, em 2016 foram aplicados R\$ 3,16 bilhões em recursos, sendo que, para a região Nordeste, foram destinados R\$ 1,48 bilhão do total desses recursos, devido a região possuir as áreas com as maiores carências na prestação dos serviços de saneamento (BRASIL, 2018).

Os municípios e estados que deixarem de investir adequadamente, no saneamento básico e na preservação dos recursos hídricos, serão forçados a gastar muito mais posteriormente para reparar os danos (WARTCHOW, 2009).

No que se refere as entidades prestadoras de serviços sanitários, estas podem ser de diferentes esferas do governo, no caso do esgotamento sanitário, o serviço prestado é realizado principalmente por entidades municipais com 61,3%, seguindo-se as estaduais com 34,0% e as privadas com 4,6%, sendo que nos municípios de menor população, contempla-se a maior presença de entidades municipais, enquanto nos mais populosos a predominância de entidades estaduais (IBGE, 2010).

A ausência da coleta e do tratamento dos esgotos sanitários, resulta em condições precárias de saneamento, favorecendo a degradação dos corpos hídricos. Assim, o tratamento dos esgotos sanitários é fundamental para resguardar à saúde pública e preservar o meio ambiente, melhorando, assim, a qualidade de vida da população (PLANSAB, 2019).

O lançamento de esgotos domésticos nos corpos hídricos sem tratamento adequado ou, em desconformidade com os padrões estabelecidos para o lançamento de efluentes, resulta em

comprometimento da qualidade da água do corpo hídrico receptor e, pode inviabilizar o atendimento aos usos atuais e futuros dos recursos hídricos a jusante do lançamento, especialmente em áreas urbanizadas (ANA, 2017d).

Sabe-se, no entanto, que a principal causa da má qualidade dos corpos d'água junto aos grandes centros urbanos ocorre justamente pelo baixo atendimento da população com redes coletoras adequadas e pela deficiência de tratamento nas cidades. Obviamente, a contribuição de esgotos não tratados alcança os rios, contribuindo fortemente para a degradação dos corpos d'água (JORDÃO; SANTOS, 2015).

### 3.3 EFLUENTES E SISTEMAS DE TRATAMENTO

De acordo com a resolução CONAMA n. 430/2011 (BRASIL, 2011), o efluente é “*o termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos*”. Esses despejos líquidos podem ser “*residenciais, comerciais, águas de infiltração na rede coletora, os quais podem conter parcela de efluentes industriais e efluentes não domésticos*”.

Compreende-se pela concepção de um sistema de esgoto sanitário, o conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e definições necessárias e suficientes para a caracterização completa do sistema a ser projetado. Assim, o estudo de concepção pode ser precedido de um diagnóstico técnico e ambiental da área em estudo ou, até mesmo, de um Plano Diretor da bacia hidrográfica (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011).

Os sistemas públicos de esgotos no Brasil são projetados considerando-se o sistema separador absoluto e tendo acesso à rede coletora os líquidos residuários provenientes de esgoto doméstico, águas de infiltração e os resíduos líquidos industriais, sendo que o conjunto desses líquidos é denominado de esgoto sanitário (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011).

A lei n. 14.026/2020 considera o sistema separador absoluto, como *um conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar exclusivamente o esgoto sanitário* (BRASIL, 2020).

A característica dos esgotos produzidos é função dos usos a que a água foi submetida. Esses usos, e a forma com que são exercidos, variam com o clima, situação social e econômica, e hábitos da população. Por outro lado, variam também ao longo do tempo, o que torna complexa sua caracterização (MATOS, 2010; VON SPERLING, 2017).

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água, sendo que a fração restante de 0,1% engloba sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, tal como microrganismos. Por consequência, é devido a essa fração restante que há necessidade de se tratar os esgotos. Em relação aos despejos industriais, estes apresentam uma ampla variabilidade das suas características que se diversifica com o tipo da indústria e com o processo industrial utilizado (VON SPERLING, 2017).

De modo geral, o tratamento de esgotos sanitários provenientes de centros urbanos objetiva a redução da matéria orgânica, dos microrganismos patogênicos, dos sólidos em suspensão e, em circunstâncias especiais, dos nutrientes presentes nos esgotos sanitários, prevenindo-se a ausência de resíduos tóxicos (ANA, 2017d).

É conveniente destacar que a presença de compostos farmacêuticos e de cuidados pessoais no meio ambiente estão cada vez maiores. Essas concentrações de compostos farmacêuticos no ambiente aquático, se dá pela disposição de excrementos humanos nos sistemas de esgotos. Os compostos mais frequentemente detectados em amostras pertencem ao grupo de anti-inflamatórios, analgésicos e antibióticos. Mesmo em baixas concentrações, esses compostos podem acarretar impactos sobre a dinâmica e estrutura das populações aquáticas (JJEMBA, 2006; GROS ET AL., 2006).

A seleção dos processos de tratamento de esgotos está relacionada às características do corpo receptor e da legislação vigente. Os normativos requerem padrões de qualidade extremamente amplos, de maneira que os efluentes possam ser lançados sem causar riscos à saúde da população ou danos significativos ao meio ambiente. Porém, a escolha do processo de tratamento de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) não se restringe apenas às exigências ambientais e de saúde pública. Complementarmente, consideram-se aspectos econômicos, sociais, operacionais, a disponibilidade de área e até os anseios da comunidade (ANA, 2017d).

O sistema de esgoto mais utilizado no Brasil é o sistema separador absoluto, em que as águas residuárias (domésticas e industriais) e as águas de infiltração (água do subsolo que penetra nas tubulações e órgãos acessórios), que constituem o esgoto sanitário, veiculam em

um sistema independente, denominado sistema de esgoto sanitário. Já as águas pluviais são coletadas e transportadas em um sistema de drenagem pluvial totalmente independente (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011).

O tratamento de efluentes abrange os processos de transformação da água poluída em um estado suficientemente limpo, que pode ser descarregado nos corpos receptores com o mínimo impacto ambiental (KYUNG KIM et al., 2019).

No tocante ao tratamento de efluentes, este é desenvolvido essencialmente por processos biológicos, associados a operações físicas de concentração e separação de sólidos. Contudo, os processos físico-químicos, como os a base de coagulação e floculação, geralmente não são empregados por resultarem em maiores custos operacionais (MATOS, 2010).

De acordo com a ANA (2017d), os processos mais encontrados no País são os constituídos de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa, reator anaeróbio, tanque séptico associado a filtro anaeróbio, apenas lagoa facultativa e as de reator anaeróbio seguido de filtro biológico. O sistema de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa é o mais representativo na Região Sudeste, enquanto os reatores anaeróbios predominam nas regiões Nordeste, Sul e Centro-Oeste.

As estações de tratamento de águas residuais, empregam uma série de processos, como tratamento preliminar, decantação primária, tratamento secundário, tratamento terciário, desinfecção e processamento de lodo, cada um dos quais projetados para remover os diferentes tipos de poluentes (KYUNG KIM et al., 2019; VON SPERLING, 2017).

De acordo com Nunes (2008), são frequentemente utilizados o tratamento físico-químico por coagulação e floculação em águas residuárias decorrentes dos processos industriais (de curtumes, têxteis, celulose e papel), na maioria das vezes, em nível de tratamento primário, precedendo o tratamento biológico de depuração, com o objetivo de reduzir a carga orgânica do afluente, conseqüentemente, obtendo-se menores dimensões destas unidades.

Portanto, a escolha do tipo de tratamento depende das condições das águas receptoras e do nível de eficiência dos processos adotados, além dos custos de instalação, operação e manutenção das estações de tratamento de águas residuárias (NUNES, 2008; VON SPERLING, 2017).



### 3.4 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL VIGENTE APLICÁVEL

A Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020, estabelece as diretrizes básicas nacionais para o saneamento básico, e define o saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, gestão associada (associação voluntária entre entes federativos, por meio de consórcio público ou convênio de cooperação), a universalização (ampliação progressiva do acesso de todos os domicílios ocupados ao saneamento básico) e o controle social (BRASIL, 2020).

No que tange ao esgotamento sanitário, este é constituído:

Pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente (PLANSAB, 2019).

A Política Federal de Saneamento Básico tem como propósito, proporcionar a melhoria da qualidade de vida e das condições ambientais e de saúde pública, assegurando que a aplicação dos recursos financeiros administrados pelo poder público, dê-se segundo critérios de promoção da salubridade ambiental, de maximização da relação benefício-custo e de maior retorno social, minimizando os impactos ambientais relacionados à implantação e desenvolvimento das ações, obras e serviços de saneamento básico e assegurando que estes sejam executados de acordo com as normas relativas à proteção do meio ambiente, ao uso e ocupação do solo e à saúde pública (BRASIL, 2007; BRASIL, 2020).

Nas áreas do perímetro urbano ocupadas predominantemente por população de baixa renda, o serviço público de esgotamento sanitário deverá ser realizado diretamente pelo titular ou por concessionário, incluindo conjuntos sanitários para as residências e solução para a destinação dos efluentes, quando inexistentes, assegurando a compatibilidade com as diretrizes da política municipal de regularização fundiária (BRASIL, 2020).

A Lei n. 14.026/2020 (BRASIL, 2020), estabelece que os municípios e o Distrito Federal exercem a titularidade dos serviços públicos de esgotamento sanitário, porém, o exercício da titularidade dos serviços de saneamento poderá ser realizado também por gestão

associada, mediante consórcio público ou convênio de cooperação, observando as seguintes disposições:

I - Fica admitida a formalização de consórcios intermunicipais de saneamento básico, exclusivamente composto de Municípios, que poderão prestar o serviço aos seus consorciados diretamente, pela instituição de autarquia intermunicipal;

II - os consórcios intermunicipais de saneamento básico terão como objetivo, exclusivamente, o financiamento das iniciativas de implantação de medidas estruturais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais, vedada a formalização de contrato de programa com sociedade de economia mista ou empresa pública, ou a subdelegação do serviço prestado pela autarquia intermunicipal sem prévio procedimento licitatório (BRASIL, 2020).

O pagamento de taxas ou de tarifas não dispensa o usuário da obrigação de conectar-se à rede pública de esgotamento sanitário, e o descumprimento desse dever sujeita o usuário ao pagamento de multa e demais sanções previstas na legislação, ressalvados os casos de reúso e de captação de água de chuva. Porém, a inadimplência pelo usuário do serviço de esgotamento sanitário, do pagamento das tarifas, após ter sido formalmente notificado, de forma que, em caso de coleta, afastamento e tratamento de esgoto, a interrupção dos serviços deverá preservar as condições mínimas de manutenção da saúde dos usuários, de acordo com norma de regulação ou norma do órgão de política ambiental (BRASIL, 2020).

Percebe-se que a legislação vigente assegura as condições adequadas de salubridade ambiental, além da eficiência na prestação dos serviços de saneamento básico visando à implantação e à ampliação dos serviços e das ações de saneamento básico no Brasil (BRASIL, 2007).

Diante da necessidade da preservação ambiental, sucedeu-se nas últimas décadas um amadurecimento na legislação brasileira, abrangendo novas diretrizes levando-se em consideração aspectos sociais, econômicos, ambientais e de saúde pública.

A Política Nacional do Meio Ambiente, conforme a Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, tem por objetivo a preservação, a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando garantir as condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (BRASIL, 1981).

A Lei n. 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), propõe diminuir os custos de combate à poluição das águas, além de prevenir ou reverter

grave degradação ambiental mediante ações preventivas permanentes, assegurando às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas (BRASIL, 1997).

Pode-se mencionar ainda a resolução CONAMA n. 430, de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Esta Resolução determina que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta resolução, e o não cumprimento do disposto nesta resolução sujeitará os infratores, entre outras, às sanções previstas na Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e em seu regulamento (BRASIL, 2011).

A Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, afirma que causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora, estará sujeito as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (BRASIL, 1998).

Observa-se que as condutas e atividades lesivas que provoquem qualquer dano ou prejuízo aos elementos que compõem o meio ambiente, estão passíveis de sanções administrativas, civis e penais, o que torna uma legislação ambiental centralizada com penas e infrações adequadas e bem definidas (BRASIL, 1998). Porém, necessita-se de uma melhor fiscalização para a sua aplicação e cumprimento, de modo a garantir efetividade na proteção ambiental (ROCHA et al., 2005).

### 3.5 IMPACTO AMBIENTAL

De acordo com a resolução CONAMA n. 001, de 23 janeiro de 1986, o termo “impacto ambiental” é definido como:

Qualquer modificação das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, prejudiquem: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

Para Sánchez (2013), o impacto ambiental é definido como a alteração da qualidade ambiental, independentemente de sua importância, que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocados pela ação antrópica, podendo ser benéfica ou adversa. Na visão de Derani (2001), o conceito de impacto ambiental é compreendido como a interferência antrópica no meio ambiente, podendo causar impactos positivos ou negativos.

Spadotto (2002), define o impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causado por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades antrópicas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota e a qualidade dos recursos ambientais. Porém, essa definição exclui o aspecto significância, já que considera o impacto ambiental como “qualquer alteração”, independentemente de ser ou não significativa.

Vianna (2015) destaca que impacto ambiental é um conceito bastante amplo e que difere do conceito de poluição, pois o termo poluição tem somente conotação negativa, diferente de impacto ambiental, que pode ter conotação positiva ou negativa. Sánchez (2013), reitera que toda poluição causa impacto ambiental, porém nem todo impacto ambiental tem a poluição como causa.

Vilhena e Silva (2017), destacam que a noção de impacto ambiental estipulada pelo CONAMA presume que, qualquer intervenção antrópica resultante de matéria ou energia aplicada para sua adaptação, produz um determinado impacto ambiental, seja de forma direta ou indireta, podendo ser positivo ou negativo.

O impacto negativo ou adverso é resultante de uma ação que provoque um dano à qualidade de um fator ou parâmetro ambiental. Já o impacto positivo ou benéfico, é quando uma ação resulta na melhoria ou potencialização da qualidade ou efeito de um determinado fator ou parâmetro ambiental (FOGLIATTI et al., 2004; PHILIPPI JR; MAGLIO, 2005).

Na prática da avaliação de impacto ambiental, nem sempre é possível atribuir o conceito de impacto ambiental, devido à dificuldade de se prever a evolução da qualidade ambiental em uma dada área. Nesse caso, o conceito acaba sendo a diferença entre a provável situação futura de um indicador ambiental e sua situação presente (SÁNCHEZ, 2013). Outro principal obstáculo encontrado na conceituação e identificação de impacto ambiental, consiste na própria delimitação do impacto, já que o mesmo se reproduz tanto espacialmente e temporalmente através de uma complexa rede de interdependência (LA ROVERE, 2001).

Os impactos ambientais assumem diferentes graus de influência e a ciência ambiental busca classificá-los com o objetivo de facilitar os seus estudos de identificação e as análises desses impactos (GUIMARÃES, 2014).

Conforme a resolução CONAMA n. 001/86 (BRASIL, 1986), um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) deve analisar os impactos ambientais de um projeto e de suas alternativas, através da identificação, previsão da magnitude e, interpretação da importância dos impactos relevantes, discriminando:

Os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais” (BRASIL, 1986).

O impacto ambiental pode ser caracterizado quanto ao seu valor (positivo e negativo), ao espaço de ocorrência (local, regional e estratégico), ao seu tempo de ocorrência (imediate, permanente ou cíclico), à sua reversibilidade (reversível ou irreversível), à sua chance de ocorrência (determinístico e probabilístico) e quanto à sua incidência (direto e indireto) (FOGLIATTI et al., 2004).

Os impactos ambientais podem ser classificados em primários, de efeitos imediatos e relevantes, secundários, de efeitos muitos mais difíceis de detectar e mensurar e igualmente severos e terciários, com respostas complexas de longo prazo (TUNDISI, 2008).

De acordo com La Rovere (2001), essas classificações de impactos ambientais têm sido introduzidas com o intuito de tentar explicitar a dinâmica espaço-temporal. A magnitude e a importância constituem os principais atributos dos impactos ambientais, uma vez que informam sobre a significância dos mesmos (SPADOTTO, 2002).

Em relação aos diferentes impactos das atividades antrópicas, é necessário considerar a quantificação desses impactos e sua detecção ainda em um estágio que possibilite ações reparadoras ou mitigadoras e na avaliação econômica dos impactos e seus possíveis efeitos na socioeconomia regional e local, em função da degradação (TUNDISI, 2008).

### 3.6 ASPECTO AMBIENTAL

A norma NBR 14.001 define o aspecto ambiental como um “*elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente*”, considerando que “*um aspecto ambiental significativo é aquele que tem ou pode ter um impacto ambiental significativo*” (ABNT, 2015).

Para Sánchez (2013), o aspecto ambiental pode ser compreendido como o mecanismo através do qual uma ação humana causa um impacto ambiental. Desse modo, os aspectos ambientais são os mecanismos ou os processos pelos quais ocorrem as consequências.

De acordo com Dyllick (2000), os aspectos ambientais são os mecanismos controláveis pela organização, enquanto os impactos ambientais são os efeitos no meio ambiente causados isoladamente ou não, sendo que os dois conceitos estão assim em uma relação de causa e efeito.

### 3.7 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

A resolução CONAMA n. 001/1986 caracteriza o diagnóstico ambiental como uma “*completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação de um projeto, considerando*” o meio físico, o meio biológico e os ecossistemas naturais, e o meio socioeconômico (BRASIL, 1986).

O Art. 6º dessa resolução define como condições básicas de um estudo de impacto ambiental o diagnóstico ambiental, a análise dos impactos ambientais, a definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, e elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados (BRASIL, 1986).

De acordo com Vianna (2015), o diagnóstico ambiental possibilita uma “visão geral” da área de estudo, onde são realizadas observações dos aspectos ambientais e das situações que podem ser modificadas com a implantação do empreendimento, e a completa descrição e análise dos recursos ambientais e de suas interações.

Guimarães (2014), define diagnóstico ambiental como a caracterização da qualidade ambiental atual das áreas de influência de um empreendimento a ser implantado, fundamentada em conhecimentos técnicos e científicos que fundamentem os estudos de

identificação, previsão e avaliação dos impactos ambientais nos meios físico, biológico e socioeconômico.

O diagnóstico ambiental é construído a partir da avaliação dos componentes e fatores ambientais que o compõem e os seus resultados servem de referência para a análise de alterações antrópicas potencialmente geradoras de impactos ambientais, bem como para a elaboração de prognóstico sobre as alterações futuras da qualidade ambiental (PHILIPPI JR; MAGLIO, 2005).

A resolução CONAMA n. 001/86, afirma que é necessário:

Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza (BRASIL, 1986).

A área de influência de um empreendimento pode ser caracterizada como o espaço passível de alterações em seus meios físico, biótico e antrópico, sejam elas positivas ou negativas, decorrentes da sua implantação e operação. A delimitação desta área é fundamental para a avaliação dos impactos ambientais, assim como, para a definição da área a ser objeto do diagnóstico ambiental relativa às atividades a serem desenvolvidas (PARANÁ, 2014).

Conforme Guimarães (2014), as áreas de influência podem ser: área diretamente afetada (ADA), na qual encontra-se o empreendimento; área de influência direta (AID), localizada nas vizinhanças da ADA, e que apresente riscos de impactos diretos; e, área de influência indireta (AII), que está além da AID, porém, potencialmente ameaçada pelos impactos indiretos das fases de implantação e operação do empreendimento.

A área de influência direta é aquela mais próxima do empreendimento e que sofre os efeitos diretos da implantação ou do funcionamento do projeto, demandando uma descrição bem mais detalhada e aprofundada. Essas áreas devem ser apresentadas cartograficamente, em escalas apropriadas, que permitam a abrangência do fenômeno e do detalhe que se deseja retratar. Já a área de influência indireta, é aquela em que os efeitos são menos evidentes e mais diluídos (RIBEIRO, 2014).

A área diretamente afetada é a área que sofre diretamente as intervenções de implantação e operação do empreendimento/atividade considerando alterações físicas, biológicas, socioeconômicas e das particularidades da atividade (IAP, 2012).

Dessa forma, o diagnóstico ambiental do empreendimento deve ser composto pela descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, de modo a caracterizar a situação ambiental da área antes da implantação do empreendimento, considerando: o meio físico, o meio biológico e os ecossistemas naturais, e o meio socioeconômico (STAMM, 2003).

### 3.8 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

A AIA é caracterizada pelos estudos realizados para identificar, prever, interpretar e prevenir os efeitos ambientais que determinadas ações, planos, programas ou projetos possam causar ao bem-estar, à saúde humana, e ao ambiente, abrangendo alternativas ao projeto ou ação, e pressupondo a participação do público (BOLEA, 1984).

A AIA aparece como um dos instrumentos do planejamento ambiental, no que se refere à análise dos impactos de um empreendimento proposto (VIANNA, 2015), e como um instrumento utilizado para prevenir os efeitos adversos no meio ambiente (STAMM, 2003).

Sánchez (2013) afirma que a AIA é um instrumento de política ambiental adotado atualmente em diversas jurisdições, assim como por organizações internacionais e por entidades privadas, sendo reconhecida como um mecanismo potencialmente eficaz de prevenção do dano ambiental e de promoção do desenvolvimento sustentável.

Para Stamm (2003), o objetivo da AIA é identificar os impactos ambientais causados pelo empreendimento sobre os meios físico, biótico e socioeconômico, permitindo uma decisão lógica e racional sobre a sua implementação ou não, utilizando métodos de identificação e avaliação de impactos que requerem uma análise mais detalhada.

Já para Pimentel e Pires (1992), o principal objetivo da AIA é obter informações sobre os impactos ambientais, mediante exame sistemático, para submetê-las às autoridades e à opinião pública, com a finalidade de mitigar os impactos ambientais adversos decorrentes da ação proposta e suas alternativas, bem como maximizar os eventuais benefícios.

O objetivo dos estudos de impactos ambientais é principalmente avaliar as consequências de algumas ações, para que possa haver a prevenção da qualidade de determinado ambiente que poderá sofrer a execução de certos projetos ou ações, ou logo após a implementação dos mesmos (RODRIGUES, 2013).



La Rovere (2001) destaca que a AIA é um instrumento auxiliar que fornece subsídios para o processo de tomada de decisão. Dentro deste cenário, a AIA representa um método de análise sistemática, através de parâmetros técnico-científicos, dos impactos ambientais associados a um determinado projeto e pode ser compreendida como um instrumento de auxílio ao processo de negociação. Esta vertente, político-institucional, atribui para a AIA um papel de interlocutor entre os projetos públicos ou privados com a sociedade na qual estes projetos estão inseridos.

De acordo com Spadotto (2002), a AIA não deve ser considerada apenas com uma técnica, mas com uma dimensão política de gerenciamento, educação da sociedade e coordenação de ações impactantes.

Sánchez (2013) ressalta que o processo de avaliação de impacto ambiental é vinculado ao licenciamento ambiental, que é primariamente de competência dos órgãos estaduais de meio ambiente. De acordo com Costa et al. (2009), a grande maioria dos empreendimentos é licenciado pelos estados, porém, isso gera uma sobrecarga nos sistemas estaduais de licenciamento ambiental. Tal fato decorre de duas situações:

(i) a indefinição das tipologias de empreendimentos e atividades consideradas de impacto local, cuja competência para exercer o licenciamento é dos municípios; e (ii) a inexistência, na maioria dos municípios, da necessária estrutura para assumir de fato a gestão ambiental – entes federados para exercerem suas competências licenciatórias deverão ter implementados os Conselhos de Meio Ambiente, com caráter deliberativo e participação social e, ainda, possuir em seus quadros, ou à sua disposição, profissionais legalmente habilitados. Contribui, ainda, para essa situação, a permanência de questionamentos quanto à competência originária dos municípios para realizar o licenciamento ambiental, gerando disputas jurídicas ou ações propostas pelo Ministério Público. No entanto, expectativas para superar esses questionamentos, bem como para dar maior celeridade nos processos de licenciamento, estão na regulamentação do artigo 23º da Constituição Federal, que prevê a Lei Complementar para fixar normas visando à cooperação entre a união, estados e municípios (Costa et al., 2009).

Deve-se observar que não se exige a apresentação de estudo de impacto ambiental para toda e qualquer atividade que necessite de uma licença ambiental para o seu funcionamento. A Constituição estabelece que somente é necessário o preparo de uma EIA para aquelas atividades com o potencial de causar “significativa degradação ambiental” (SÁNCHEZ, 2013).

Ribeiro (2009) destaca que o licenciamento ambiental é um instrumento de gestão ambiental, instituído pela Política Nacional do Meio Ambiente que, por meio de métodos de avaliação de impactos ambientais, auxilia na tomada de decisões, em função da análise do custo/benefício das várias alternativas contempladas, incorporando a variável ambiental.

O autor ainda afirma que, o setor empresarial ainda não incorporou realmente a variável ambiental nos seus estudos de viabilidade técnica-econômica e, dessa forma, os estudos ambientais têm se tornado apenas em um instrumento utilizado para cumprir às exigências legais, do que para subsidiar a tomada de decisões e, como um obstáculo da pesada burocracia brasileira, que exige inúmeras autorizações para a regularização de um empreendimento.

### 3.9 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Os métodos empregados na avaliação de impacto ambiental são mecanismos estruturados para coletar, analisar, comparar e organizar informações e dados sobre impactos ambientais de uma proposta, incluindo os meios de comunicação para a apresentação escrita e visual dessas informações, com o objetivo de determinar a magnitude dos impactos ambientais (PIMENTEL; PIRES, 1992).

Segundo Spadotto (2002), os métodos de avaliação de impactos ambientais são instrumentos empregados para coletar, analisar, avaliar, comparar e organizar informações qualitativas e quantitativas sobre os impactos ambientais originados de uma determinada atividade modificadora do meio ambiente.

Para La Rovere (2001), os métodos de AIA são instrumentos que visam identificar, avaliar e sintetizar os impactos de um determinado projeto ou programa. Porém, a aplicação destes métodos mostra-se limitada pela própria dificuldade de prever a evolução de sistemas tão complexos quanto os ecossistemas.

Dentre os métodos utilizados na AIA, citam-se: métodos *ad-hoc*, *checklists*, *matrizes de interação*, *redes de interação e superposição de mapas* (CASTRO et al., 2015; COSTA et al., 2005; FEDRA et al., 1991; LOHANI, et al., 1997; PEREIRA; BRITO, 2012; PIMENTEL; PIRES, 1992; RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003; STAMM, 2003). Porém, cada método

apresenta as suas vantagens e desvantagens, e depende dos objetivos a serem alcançados na avaliação (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003).

### 3.9.1 Método Espontâneo (*Ad-Hoc*)

Os métodos *ad-hoc* são elaborados para cada projeto específico, em que os impactos são identificados por meio de *brainstorming*, caracterizados e sumariados por meio de tabelas e matrizes (COSTA et al., 2005; PIMENTEL; PIRES, 1992).

Os métodos *ad-hoc* têm como grande vantagem, no entanto, a sua facilidade de uso e na possibilidade de adaptá-los às circunstâncias específicas de um determinado problema de avaliação sem as restrições de um formalismo rígido, porém eles dependem da experiência das pessoas envolvidas (COSTA et al., 2005; FEDRA et al., 1991).

De acordo com La Rovere (2001), os métodos *ad-hoc*, como sua própria denominação indica, são elaborados para um projeto específico, identificando normalmente os impactos por meio de uma longa reflexão, caracterizando-os e sintetizando-os em seguida através de tabelas ou matrizes.

Este método geralmente é empregado quando as informações disponíveis são poucas ou quando a experiência existente sobre o projeto é insuficiente para a utilização de métodos mais sofisticados (STAM, 2003). Um bom exemplo de um método *ad-hoc* é uma equipe de especialistas reunidos por um curto período de tempo para realizar um EIA (LOHANI, et al., 1997).

### 3.9.2 Listagens de Controles (*Check Lists*)

As listagens de controle consistem em uma lista de parâmetros ambientais onde se investiga os impactos ambientais potenciais, garantindo uma cobertura completa dos aspectos ambientais a serem investigados. Porém, as listagens de verificação podem ou não incluir diretrizes sobre os parâmetros relevantes do impacto, devendo estes serem medidos, interpretados e comparados (FEDRA et al., 1991).

O método de lista de verificação é utilizado principalmente para organizar informações ou garantir que nenhum impacto em potencial seja negligenciado, sendo uma versão mais formalizada do que os de *ad-hoc*, em que áreas específicas de impacto são listadas e instruções são fornecidas para identificação e avaliação do impacto (LOHANI, et al., 1997).

Apesar de serem técnicas de identificação, as *Check-Lists* podem incorporar escalas de valoração e ponderação dos fatores. Esse método se constitui em uma forma concisa e organizada de relacionar os impactos, porém não indica as inter-relações entre os fatores ambientais (LA ROVERE, 2001).

Em uma fase inicial, a listagem representa um dos métodos mais utilizados em AIA, pois a identificação e enumeração dos impactos se dão a partir da diagnose ambiental dos meios físico, biótico e socioeconômico. Os especialistas relacionam os impactos decorrentes das fases de implantação e operação do empreendimento, categorizando-os em positivos ou negativos, conforme o tipo da modificação antrópica a ser introduzida no sistema analisado (COSTA et al., 2005; MEDEIROS, 2010).

### 3.9.3 Matrizes de interação

O método de *matriz de interação* identifica as interações entre várias ações do projeto e parâmetros ambientais e componentes, incorporando uma lista de atividades de projeto com uma lista de verificação de componentes ambientais que podem ser afetados por essas atividades. Uma matriz de interação potencial é constituída pela combinação de duas listas, uma no eixo vertical e a outra no eixo horizontal. Dessa maneira, o impacto associado às colunas de ação e à linha da condição ambiental é descrito em termos de sua magnitude e significância (LOHANI, et al., 1997).

De acordo com Finucci (2010), este método é basicamente de identificação, apesar de que alguns parâmetros de avaliação podem se incorporar a este método. A matriz tem um papel relevante na identificação das ações que podem causar maiores impactos e por isso deve ser monitorada com maior atenção. Isto posto, é possível conhecer os aspectos que proporcionam maior impacto e aqueles que afetam os fatores ambientais mais relevantes (MORAES; D'AQUINO, 2016).

Stamm (2003) ressalta que as matrizes podem avaliar os impactos a serem gerados no empreendimento, podendo ser conhecidas as ações propostas que causam o maior número de impactos e àquelas que afetam os fatores ambientais mais consideráveis.

A Matriz de Leopold, elaborada em 1971 para o Serviço Geológico do Interior dos Estados Unidos, é uma das mais difundidas nacional e internacionalmente, projetada para avaliação de impactos associados a quase todos os tipos de implantação de projetos (COSTA, et al., 2005; FEDRA et al., 1991; LOHANI, et al., 1997).

A Matriz de Leopold fundamenta-se em, a princípio, assinalar todas as possíveis interações entre as ações e os fatores para, posteriormente, estabelecer em uma escala que varia de 1 a 10 para a magnitude e importância de cada impacto, identificando como positivo ou negativo (COSTA, et al., 2005).

O número de ações é listado horizontalmente nesta matriz, com um total de 100 ações de projetos, e 88 características ambientais que são listadas na vertical, permitindo um total de 8.800 possíveis interações (LEOPOLD et al., 1971). Devido à dificuldade de operar com este número de interações, trabalha-se, geralmente, com matrizes reduzidas para 100 ou 150, das quais em geral no máximo 50 são significativas (LA ROVERE, 2001).

#### *3.9.4 Redes de Interação (Networks)*

Essa metodologia constitui-se em uma sequência de impactos ambientais, a partir de determinada intervenção, utilizando métodos gráficos (COSTA et al., 2005). As redes de interação são pertinentes para identificar caminhos de causa e efeito, entre as fontes de impactos; e entre impactos primários e impactos secundários. No entanto, não podem quantificar magnitudes de impactos ou de seus efeitos (MORRIS; THERIVEL, 2009).

De acordo com Morgan (1998), o método das redes de interação apresenta a característica de identificar impactos indiretos e sinérgicos (secundários), subsequentes ao impacto principal.

As Redes de Interação estabelecem as relações do tipo causa-condição-efeito, permitindo uma melhor identificação dos impactos e de suas inter-relações. Um dos métodos mais conhecidos é o de Sorensen, elaborado em 1971 para analisar os diversos tipos de uso do solo em regiões costeiras. Existem ainda outros métodos que seguem os mesmos princípios de

Sorensen, dentre os quais o Método CNYRPAB (Departamento de Desenvolvimento e Planejamento Regional do Estado de New York) e o Método Bereano, utilizado para identificar os impactos do oleoduto do Alasca (LA ROVERE, 2001).

Uma rede de interação geralmente é composta por uma lista de atividades (eixo vertical) relacionadas ao projeto e uma lista de fatores ambientais (eixo horizontal), orientando a equipe do projeto para apoiar a confecção de uma matriz de avaliação destes impactos, informando quais serão os impactos e onde (localização) eles deverão ser analisados (STAMM, 2003). Porém, para desenvolver uma rede, uma série de questões relacionadas a cada atividade de projeto (como quais são as áreas de impacto primário, os principais impactos dessas áreas, as áreas de impacto secundário, os impactos secundários dentro dessas áreas e assim por diante) devem ser respondidas (LOHANI, 1997).

Para Finucci (2010), as redes de interação estabelecem relações do tipo causa-condição-efeito, concedendo uma melhor identificação dos impactos e de suas inter-relações, facilitando a visualização dos impactos indiretos e das suas interações. Desta maneira, trata-se de uma técnica sobretudo de identificação de efeitos, os quais se desdobram em diversos fatores causais que, por sua vez, acarretam impactos ambientais classificados em condições iniciais, consequências e efeitos.

Por sua vez, a rede de interação ajuda a explorar e compreender as relações subjacentes entre componentes ambientais que produzem mudanças de ordem maior que são frequentemente negligenciados por abordagens mais simples (LOHANI, 1997).

### *3.9.5 Superposição de Mapas (Overlay Mapping)*

Desenvolvido no âmbito do planejamento territorial, este método é adaptado para aplicar a avaliação de impactos ambientais, visando à localização e à identificação da extensão dos efeitos sobre o meio através do uso de fotografias aéreas (FINUCCI, 2010).

Os métodos de sobreposição utilizam um conjunto de mapas físicos ou eletrônicos, de características e possíveis impactos do projeto sobre eles, que são sobrepostos para produzir uma caracterização composta e espacial das consequências do projeto (FEDRA, 1991).

O procedimento utiliza-se da colocação de transparências dos diversos mapas sobrepostos que estabelecem os impactos individuais de uma região para a obtenção de um

impacto (FINUCCI, 2010; LOHANI, 1997). A intensificação da cor é interpretada como áreas com impactos ambientais mais acentuados (STAMM, 2003).

O Método McHarg, desenvolvido em 1969, foi elaborado para determinar aptidões territoriais por meio de superposição de mapas de capacidade, confeccionados em diferentes tons de cinza para quatro usos distintos de solo (agricultura, recreação, silvicultura e meio urbano), estabelecem-se as possibilidades de usos combinados. Existem ainda outros métodos próximos ao do determinismo ecológico de McHarg, como o de M. Falque, desenvolvido na França, o de Tricart e, mais recentemente, as análises por satélite (LA ROVERE, 2001).

Esse método pode indicar recursos como impacto áreas/zonas e localizações e extensões dos locais receptores ou dos recursos dentro destes. Os mapas de sobreposição podem combinar e integrar duas ou três "camadas" para os diferentes impactos ou componentes ambientais receptores (MORRIS; THERIVEL, 2009).

Atualmente, emprega-se o método Geographic Information System – GIS, utilizando ferramentas sofisticadas de mapeamento que podem relacionar um número de variáveis diferentes referenciando espacialmente (sobrepondo) conjuntos de dados com o material cartográfico digital, o que permite analisar os dados quantitativos e modelar os resultados (ELIAZAR CREMONEZ et al., 2014; LOHANI, 1997; MORRIS; THERIVEL, 2009).

A principal vantagem deste método é a identificação do impacto, sua apresentação direta e espacial dos resultados, permitindo relacionar os aspectos físicos territoriais e socioeconômicos, estabelecendo desta forma os impactos globais (FINUCCI, 2010; STAMM, 2003).

### 3.10 MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL

A implantação de um empreendimento deve ser acompanhada da implementação de todas as medidas visando reduzir, eliminar e compensar os impactos negativos, ou potencializar os positivos (medidas potencializadoras). Mas, tem-se constatado, no mundo todo, inúmeras dificuldades na correta implantação das medidas propostas pelo estudo de impacto ambiental. Por essa razão, têm se buscado mecanismos para garantir o pleno cumprimento de todos os compromissos assumidos pelo empreendedor e demais intervenientes (SÁNCHEZ, 2013).

Porém, em nenhuma hipótese as medidas de controle ambiental a serem adotadas em um empreendimento aprovado poderão ser desviadas ao que ficou estabelecido após análise e aprovação do que foi estabelecido no EIA/RIMA (PRADO FILHO; SOUZA, 2004). Esse conjunto de medidas é necessário em qualquer fase do período de vida de um empreendimento, para evitar, atenuar ou compensar os impactos adversos e realçar ou acentuar os impactos benéficos (SÁNCHEZ, 2013).

Os impactos negativos podem ser aceitos se houver medidas de controle ambiental capazes de reduzi-los, ou seja, medidas mitigadoras, que são ações que visam atenuar os efeitos adversos do empreendimento (SÁNCHEZ, 2013). As medidas mitigadoras e potencializadoras apresentam características de conformidade com os objetivos a que se destinam, e podem ser classificadas em (IEMA, 2009):

*Medida mitigadora preventiva:* medida que tem como objetivo atenuar ou eliminar eventos adversos que se apresentem com potencial para causar prejuízos aos elementos ambientais destacados nos meios físico, biótico e socioeconômico. Este tipo de medida procura anteceder a ocorrência do impacto negativo.

*Medida Mitigadora Corretiva:* medida que visa mitigar os efeitos de um impacto adverso identificado através de ações de controle para neutralização do fator gerador do impacto.

*Medida Compensatória:* medida que procura repor bens socioambientais perdidos em decorrência de ações diretas ou indiretas do empreendimento.

*Medida Potencializadora:* medida que visa otimizar ou maximizar o efeito de um impacto positivo decorrente direta ou indiretamente da implantação do empreendimento.

De acordo com Ribeiro (2014), as medidas compensatórias são utilizadas quando, após esgotadas as medidas preventivas e mitigadoras, ainda restem impactos ambientais adversos em decorrência do projeto.

Bursztyn e Augusta Bursztyn (2012), destacam que se deve priorizar as ações preventivas sobre as corretivas. No caso da impossibilidade de medidas preventivas, deve-se imputar aos responsáveis a reparação ambiental e os custos decorrentes dos danos ambientais. Além disto, as estratégias preventivas melhoram a eficiência da implementação da gestão ambiental e, para isso, a variável ambiental deve ser incorporada desde as primeiras fases de elaboração dos empreendimentos públicos e privados.



Dessa forma, as medidas mitigadoras e compensatórias permitem a minimização dos impactos ambientais quando negativos, e medidas potencializadoras otimizam ou potencializam os impactos ambientais quando positivos (BRASIL, 2010).

### 3.11 PLANOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS

O estudo de impacto ambiental deve incluir a elaboração de programas de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados (BRASIL, 1986).

De acordo com Sánchez (2013), um plano de gestão ambiental “*é um conjunto de medidas propostas para prevenir, atenuar ou compensar impactos adversos e riscos ambientais, além de medidas voltadas a valorizar os impactos positivos*”.

A admissão de planos e programas ambientais são destinadas a atenuar, de forma efetiva, a ocorrência dos impactos ambientais adversos, tendo em vista, assegurar às condições ambientais adequadas nas áreas de influência direta do empreendimento (DER, 2015).

Esses programas ambientais envolvem o meio natural e o sócio-econômico-político e, são implementados durante as fases de implantação ou operação do empreendimento, buscando atenuar ou potencializar os impactos (quando o impacto é positivo), de forma integrada, permitindo o acompanhamento da evolução das condições operacionais do empreendimento, verificando os benefícios alcançados, os impactos decorrentes e a eficácia das medidas mitigadoras implementadas (APPA, 2004).

Conforme Sobral et al. (2014), os planos e programas ambientais possibilitam o uso racional dos recursos naturais visando à sustentabilidade nos seus múltiplos aspectos, sejam eles ecológicos, sociais, econômicos, institucionais, políticos e culturais. Estes devem ser promovidos de forma contínua, visando a identificação de eventuais necessidades de intervenções específicas, para assegurar a manutenção da qualidade ambiental na área de influência de um empreendimento (SÃO PAULO, 2010).

Os planos e programas ambientais são de responsabilidade do empreendedor, dessa forma, o empreendedor deve se responsabilizar por fazer contatos e parcerias com várias instituições, como universidades, ONGs, prefeituras, governo estadual e o governo federal.

Algumas dessas ações deverão ser mantidas por toda a vida útil do empreendimento. Porém, é essencial que estas ações sejam implantadas com a participação da sociedade (BRASIL, 2009).

Os planos de mitigação, por exemplo, visam atenuar os danos parciais e minimizar as situações de risco e de impactos ambientais por meio da intervenção em áreas vulneráveis e da implementação de programas operacionais que permitam, a curto prazo, mitigar situações críticas com base na definição de prioridades (GOTTI, 2017).

Mechi e Sánches (2010) citam em seu estudo os Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), que são relativamente recentes nos empreendimentos e há uma evidente dissociação entre as medidas praticadas e aquelas preconizadas nesses planos. A maior parte dos trabalhos de recuperação de áreas degradadas que se tem registrado no estado de São Paulo, tem caráter incipiente e se baseia especialmente na execução de medidas restritas de revegetação, visando atenuar o impacto visual gerado.

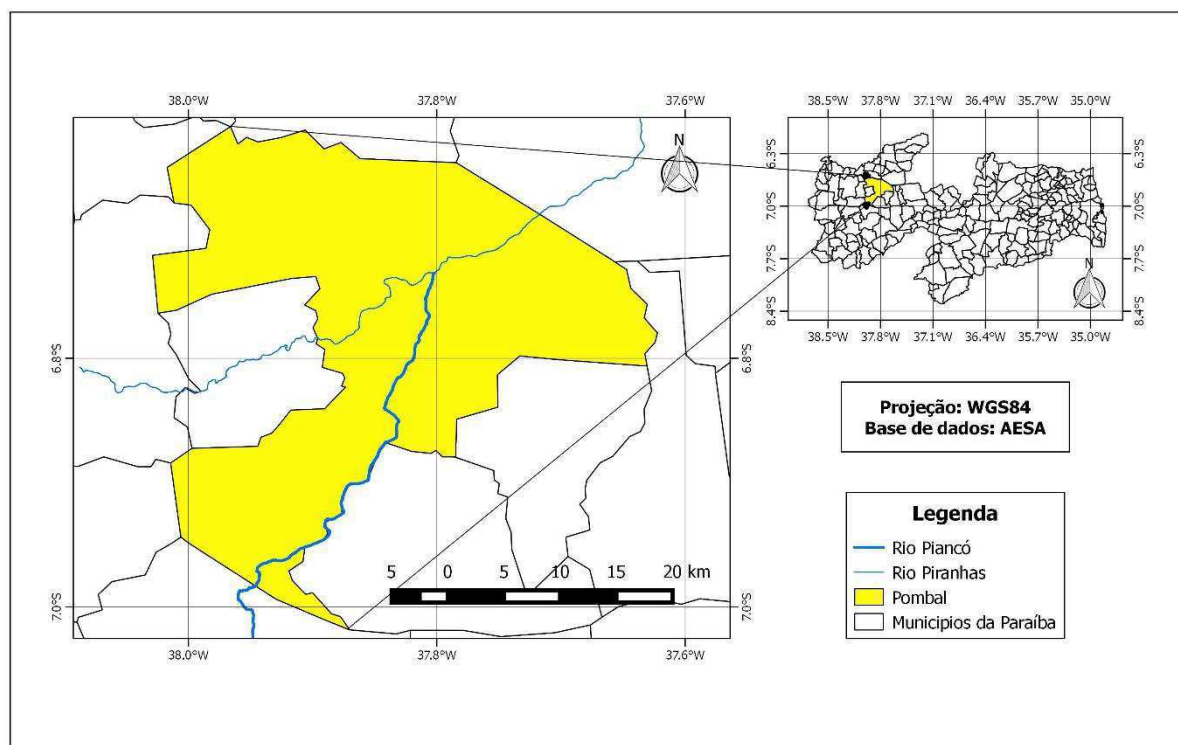
Podem-se citar ainda os Programas de Educação Ambiental, que é uma ação estratégica complementar à gestão ambiental do empreendimento. Para tanto, atuam na mobilização e qualificação da participação das comunidades envolvidas no planejamento e na execução de ações destinadas a otimizar os impactos positivos e minimizar os impactos negativos (BRASIL, 2012).

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O município de Pombal está localizado na porção Oeste do Estado da Paraíba (Figura 1), situado na Região Geográfica Intermediária de Patos e Região Geográfica Imediata de Pombal (IBGE, 2017), apresentando coordenadas geográficas de 06° 46' S de latitude e 37° 47' W de longitude, e uma altitude de 160 metros. A área territorial do município corresponde a 889,491 km<sup>2</sup>, com uma população de 32.110 habitantes, sendo 25.760 residentes da zona urbana e 6.350 residentes na zona rural, apresentando uma densidade demográfica de 36,13 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2016).

Figura 1. Mapa de localização geográfica do município de Pombal-PB.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O município está situado sob a unidade morfológica da *depressão sertaneja*, destacando-se pela sua *superfície de pediplanação* com pequenos *Inselbergs* e pela bacia sedimentar cretácea. Segundo a classificação climática de Köppen, a área que compreende o município de Pombal está inserida na porção que apresenta a tipologia climática definida como *semiárido quente (Bsh)*, com precipitação média anual de 431mm. A sua vegetação é composta por Caatinga Hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifólia, com grande quantidade de plantas espinhosas (MA/EPE-SUDENE/DRN, 1972; CPRM, 2005).

O município de Pombal está inserido na sub-bacia hidrográfica do Rio Piancó, e entre as regiões hidrográficas do Alto Piranhas e do Médio Piranhas (AESA, 2016). O sistema de reservatórios Curema-Mãe D'Água, com capacidade de armazenamento de 1,350 bilhões de m<sup>3</sup>, pereniza o rio Piancó que corta o município, possibilita o abastecimento urbano e rural e o desenvolvimento agrícola desta região, além de perenizar o trecho do rio Piranhas até a montante da barragem Armando Ribeiro Gonçalves, no Rio Grande do Norte (AESA, 2017).

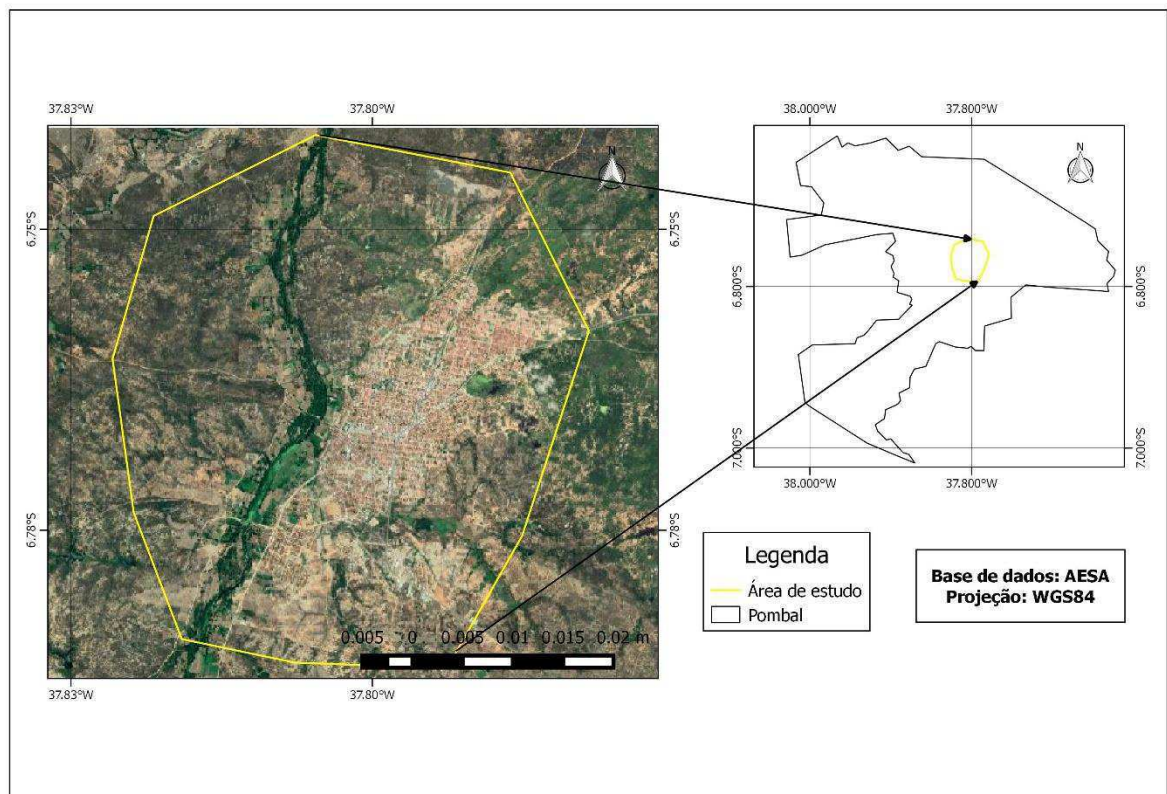
O município de Pombal possui uma taxa de crescimento anual em torno de 1,86%, o que corresponde ao 15º maior Índice de Desenvolvimento Humano da Paraíba, com uma expectativa de vida em média de 66,2 anos. A cidade de Pombal tem, aproximadamente,

10.825 domicílios residenciais e 695 estabelecimentos comerciais, com uma economia sustentada pela atividade agrícola, comércio interno e algumas fábricas (IBGE, 2016).

O município de Pombal apresenta 60% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, de acordo com o IBGE (2011). Porém, os dados fornecidos pela ANA (2017d), evidencia que o município não possui o tratamento adequado dos esgotos, apresentando apenas 67% da parcela dos esgotos com coleta, porém sem tratamento.

A localização da área de estudo está representada na Figura 2.

Figura 2. Mapa de localização geográfica da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

#### 4.1.1 Definição da Área de Influência

A análise da delimitação e do mapeamento das áreas de influências foi realizada de acordo com a extensão dos impactos ambientais significativos, definidos por meio de coleta, análise e interpretação dos dados coletados com visitas *in loco*, utilizando-se o registro

fotográfico e as técnicas em SIG (Sistemas de Informações Geográficas) no *software* livre de georreferenciamento QGIS para o processamento das bases cartográficas.

A delimitação das áreas de influências é uma exigência estabelecida através das Resoluções n. 001/86 e n. 237/97 do CONAMA, como um componente necessário para o uso e implementação da avaliação de impactos ambientais (BRASIL1986, 1997).

A área de influência foi definida de acordo com as alterações dos meios físicos, biológicos e socioeconômicos, conforme a metodologia de Ribeiro (2014) e Philippi Jr e Maglio (2005). A área de influência abrange à área da zona urbana do município, compreendendo toda a área de despejo de efluentes no rio Piancó, considerando os meios bióticos, abióticos e antrópicos, sendo dividida em: área diretamente afetada (ADA), área de influência direta (AID) e área de influência indireta (AII).

#### 4.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL SIMPLIFICADO

O diagnóstico ambiental simplificado foi elaborado através do levantamento da situação e percepção dos componentes ambientais, retratando a situação do meio físico, biótico e antrópico, de modo que caracterizasse a situação ambiental da área a ser estudada.

As coletas de dados foram realizadas por observação *in loco*, obtenção de dados através de órgãos governamentais (federal, estadual e municipal), obtenção de informações cartográficas, consulta de referências bibliográficas já publicadas e com o uso do sensoriamento remoto, considerando, o meio físico, o meio biológico e o meio antrópico, de acordo com a metodologia de Brasil (1986), IEMA (2009) e Philippi Jr e Maglio (2005).

O diagnóstico ambiental adequado da área de influência do empreendimento ou da atividade é fundamental, pois ele fornece informações suficientes para embasar a identificação e a avaliação dos impactos nos meios físico, biológico e socioeconômico (GOTTI, 2017).

Apresentam-se no Quadro 1, os componentes ambientais descritos no diagnóstico ambiental da área de influência.

Quadro 1. Componentes ambientais descritos no diagnóstico ambiental da área de influência.

Componentes ambientais		
Meio físico (Abiótico)	Meio Biótico	Meio Antrópico
Clima	Flora	Dinâmica populacional
Geologia	Fauna	Fator econômico
Geomorfologia		Infra estrutura
Solo		Uso e ocupação do Solo
Recursos hídricos		Usos da água

Fonte: Adaptado do Brasil (1986), IEMA (2009), Ribeiro, 2004.

#### 4.3 IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

Os métodos utilizados para a identificação e análise qualitativa dos impactos ambientais foram os métodos de *Check Lists*, conforme as literaturas de Fedra et al. (1991), Lohani et al. (1997), Costa et al. (2005) e Medeiros (2010), e o método de *Matriz de Interação*, de acordo com Lohani, et al. (1997), Moraes e D´Aquino (2016), Stamm (2003), Costa et al. (2005), Fedra et al. (1991) e Lohani et al. (1997) Philippi Jr e Maglio (2005).

#### 4.4 CLASSIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

A classificação dos impactos ambientais identificados na área de estudo, foi elaborada de acordo com os critérios dispostos no Quadro 2.

Quadro 2. Classificação dos impactos ambientais.

Critério	Classificação	Abreviatura
Tipo de impacto	Direto	D
	Indireto	I
Área de abrangência	Local	L
	Regional	R
Duração	Temporário	T
	Permanente	Pr
	Cíclico	C

Reversibilidade	Reversível	Rv
	Irreversível	Ir
Potencial de mitigação	Mitigável	Mi
	Não mitigável	Nm

Fonte: Adaptado do DNIT (2009); IEMA (2017); Santos e Aumond (2017), Philippi Jr e Maglio (2005), Guimarães, 2014, Fogliatti et al. (2004).

#### 4.5 SELEÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS

A seleção da significância dos impactos foi conduzida de acordo com a combinação possível de ocorrerem dos níveis de magnitude e importância (Quadro 3), sendo estes: pouco significativo (PS), significativo (S) e muito significativo (MS).

Quadro 3. Critérios para avaliação do grau de significância dos impactos.

Importância	Magnitude		
	Grande	Média	Pequena
Grande	MS	MS	S
Média	MS	S	PS
Pequena	S	PS	PS

Fonte: Adaptado da VALEC (2010); DNIT (2009); IEMA (2017), Philippi Jr; Maglio (2005).

A magnitude refere-se ao grau de incidência de um impacto sobre o fator ambiental, podendo ser grande, média ou pequena magnitude, segundo a intensidade de transformação da situação pré-existente do fator ambiental impactado. A importância está relacionada ao grau de interferência do impacto ambiental sobre diferentes fatores ambientais, estando relacionada estritamente com a relevância da perda ambiental, podendo ser grande, média ou pequena, na medida em que tenha maior ou menor influência sobre o conjunto da qualidade ambiental local (DNIT, 2009; VALEC, 2010).

A análise dos impactos foi realizada após a classificação dos impactos e, consistiu em dar magnitude e importância aos verificados *in loco*, a fim de poder determinar a ordem de

prioridade de prevenção, mitigação ou de compensação. Dessa forma, a análise estabeleceu a importância relativa e absoluta dos impactos (RIBEIRO, 2014).

Os atributos de magnitude e importância do impacto permitiram aferir e avaliar cada um dos impactos potenciais identificados e de sua interação com o sistema ambiental onde estão localizadas as áreas de influência (PHILIPPI JR; MAGLIO, 2005).

#### 4.6 MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL

As medidas de controle ambiental foram adotadas após a identificação dos impactos ambientais significativos, visando à prevenção, mitigação e compensação dos impactos na área de estudo, sendo baseadas nas literaturas de Sánchez (2013), IEMA (2009) e Brasil (2010).

As medidas de controle ambiental aplicadas para os impactos ambientais “significativos” e “muito significativos” foram: medida mitigadora preventiva, medida mitigadora corretiva e, medida compensatória.

#### 4.7 PLANOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS

Após a identificação dos impactos ambientais na área de estudo e da indicação das medidas de controle ambiental, realizou-se a proposição de planos e programas ambientais que permitissem atenuar e compensar os impactos adversos, atendendo às diretrizes da legislação ambiental e que sejam implantados de forma efetiva, alcançando os resultados esperados.

### **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### 5.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



O rio Piancó é usado para o abastecimento de água para o consumo humano urbano após o seu tratamento convencional, e à área de disposição de efluentes no rio Piancó, se dá por meio do lançamento a céu aberto ou por meio de ligações irregulares nos sistemas de drenagem pluvial.

O ponto de captação de água para o abastecimento e consumo humano encontra-se no trecho do rio Piancó, dentro do perímetro urbano do município pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), que é a responsável por planejar, executar e operar os serviços de captação, adução, tratamento convencional e distribuição de água potável no município (PARAÍBA, 2018).

Durante os períodos de escassez de chuva no município, é possível verificar a captação de água no rio Piancó por meio de carros pipas. Essas águas são destinadas para o consumo humano nas áreas rurais atingidas pela estiagem, porém, destaca-se que essa captação de água é realizada a poucos metros dos pontos de lançamentos de efluentes dos bairros Dep. Janduhy Carneiro, Novo Horizonte I e II, Projeto Mariz e Cícero Gregório. Dessa forma, a água bruta coletada não é apropriada para o consumo humano direto.

Em relação ao esgotamento sanitário, que vai desde as instalações destinadas à coleta, transporte, tratamento e disposição final dos esgotos, este encontra-se inoperante na cidade de Pombal, devido a uma série de irregularidades na execução das obras do esgotamento sanitário, além da alteração do projeto sem o conhecimento e autorização prévia da Funasa, o que oportuniza o lançamento ou a disposição de efluentes de forma inadequada no rio Piancó (PARAÍBA, 2017).

De acordo com os dados do IBGE (2011), o município de Pombal apresenta 60% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, porém, ao comparar com os dados fornecidos pela ANA (2017d), estes mostram que o município apresenta apenas 67% da parcela dos esgotos com coleta, porém sem tratamento. A carga total de DBO (Demanda bioquímica de oxigênio) gerada dos efluentes é da ordem de 1.414 kg/dia e a lançada é de 1.353 kg/dia na área urbana, o que requer um sistema de tratamento de esgotos com um nível de eficiência necessária em 97% para, posteriormente, os efluentes serem lançados no rio Piancó, que tem sua vazão de referência em torno de 357 l/s (ANA, 2017d).

Os efluentes não coletados (25%) são destinados em fossas rudimentares, lançados em rede de drenagem de águas pluviais ou em valetas e dispostos diretamente no solo e nos

corpos d'água. Já os esgotos coletados e não tratados (67%) são lançados em fossas sépticas (ANA, 2017d).

A estação de tratamento de esgotos (ETE) implantada no município utiliza o sistema de tratamento por lagoas de estabilização (lagoas anaeróbias seguidas de lagoas facultativas), no entanto este sistema de tratamento encontra-se com as obras inacabadas e, conseqüentemente, inoperante como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3. Situação atual da ETE do Sistema de Esgotamento Sanitário de Pombal-PB.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

As lagoas de estabilização adotadas no sistema de tratamento de esgoto em Pombal, possuem uma notável eficiência de tratamento, mas em termos de eficiência para a remoção de DBO, a faixa típica situa-se entre 75 e 85% e, se o projeto não for criterioso, o tratamento será inadequado acarretando inconvenientes como a exalação de maus odores, estética desfavorável, efluente com DBO elevada, coliformes fecais em excesso, e a proliferação de mosquitos certamente aparecerão (JORDÃO; PESSOA, 2014).

Dessa forma, o projeto adotado no município não atende a recomendação imposta pela ANA (2017d), devido a utilização de um projeto de baixa eficiência de tratamento. Porém, é necessária a realização de um estudo sobre a autodepuração do rio Piancó, para que se comprove o atendimento às metas do enquadramento do corpo hídrico receptor.

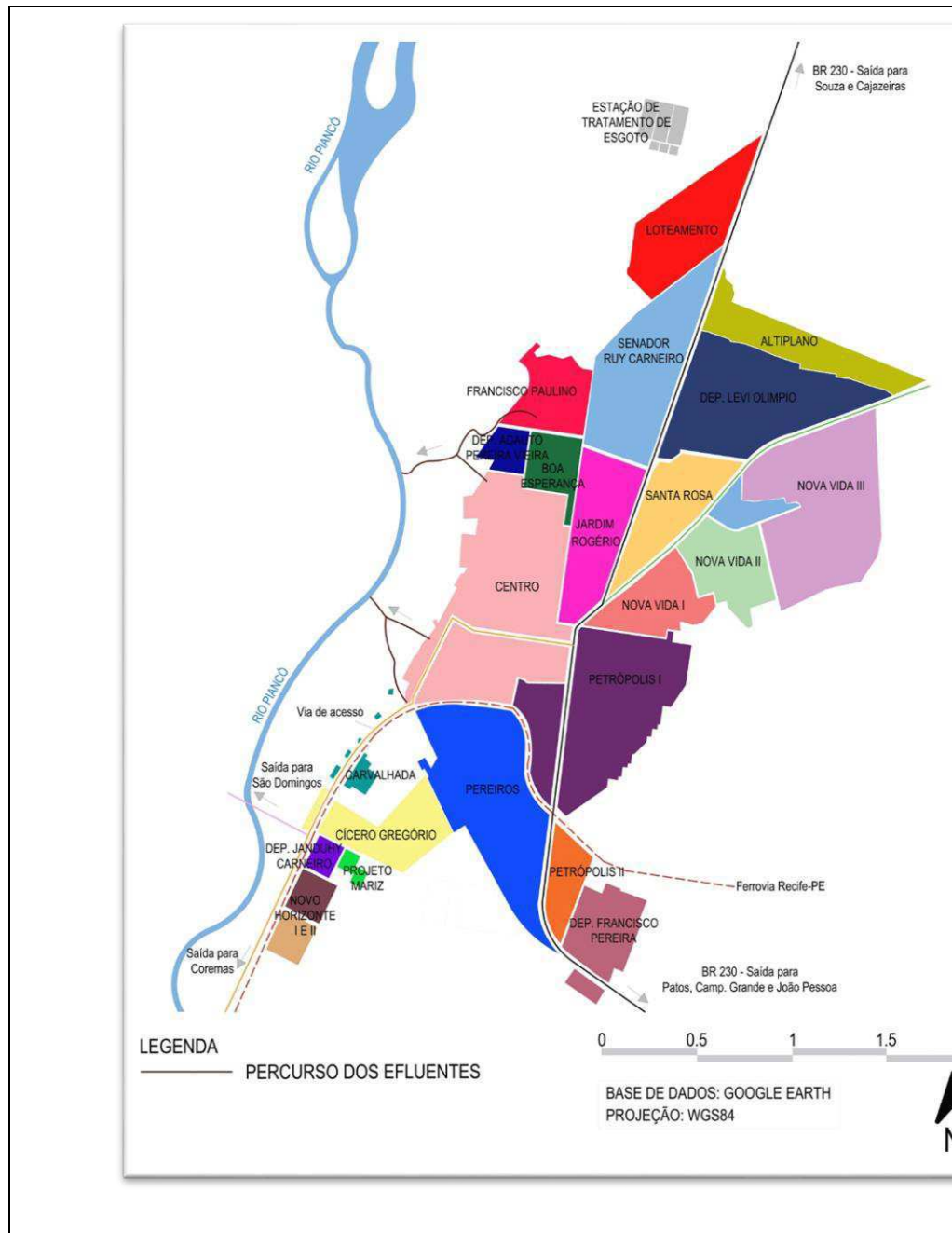
A ANA ainda recomenda que além dos requisitos de remoção de DBO, é importante considerar a possibilidade de reuso do efluente tratado e priorizar os processos de tratamento que resultem em uma elevada remoção de microrganismos patogênicos. Devido à escassez hídrica, os efluentes podem se converter em fontes alternativas de água, por consequência, constituindo-se num risco à saúde pública. Então, a preocupação com os aspectos de proteção à saúde remete à busca de soluções com maior remoção de patógenos.

Do ponto de vista jurídico, é pertinente destacar que o descumprimento à legislação aplicável, sujeita aos infratores às sanções previstas na Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que penaliza as condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.

Devido à ausência do funcionamento da ETE e da rede de coleta de esgotos sanitários, constata-se a disposição inapropriada de efluentes nos sistemas de drenagem pluvial no município, devido às ligações clandestinas realizadas pela população, além da disposição de efluentes a céu aberto no entorno de residências que não dispõem do serviço essencial de saneamento básico, permitindo que os efluentes sejam transportados e depositados *in natura* no solo e no curso d'água do rio Piancó.

Os principais pontos de lançamentos dos efluentes estão dispostos na Figura 4.

Figura 4. Pontos de lançamentos dos efluentes no rio Piancó em Pombal-PB.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O primeiro ponto de lançamento recebe os efluentes dos seguintes bairros: Novo Horizonte I e II, Dep. Janduhy Carneiro, Carvahada, Cícero Gregório, Pereiros, Dep. Francisco Pereira, Petrópolis I e II e Centro. O segundo ponto de lançamento recebe os efluentes dos seguintes bairros: Dep. Adauto Pereira Vieira, Francisco Paulino, Boa Esperança, Jardim Rogério, Senador Ruy Carneiro, Dep. Levi Olímpio, Santa Rosa, Nova Vida I, II e III, Altiplano e da implantação de um novo loteamento.

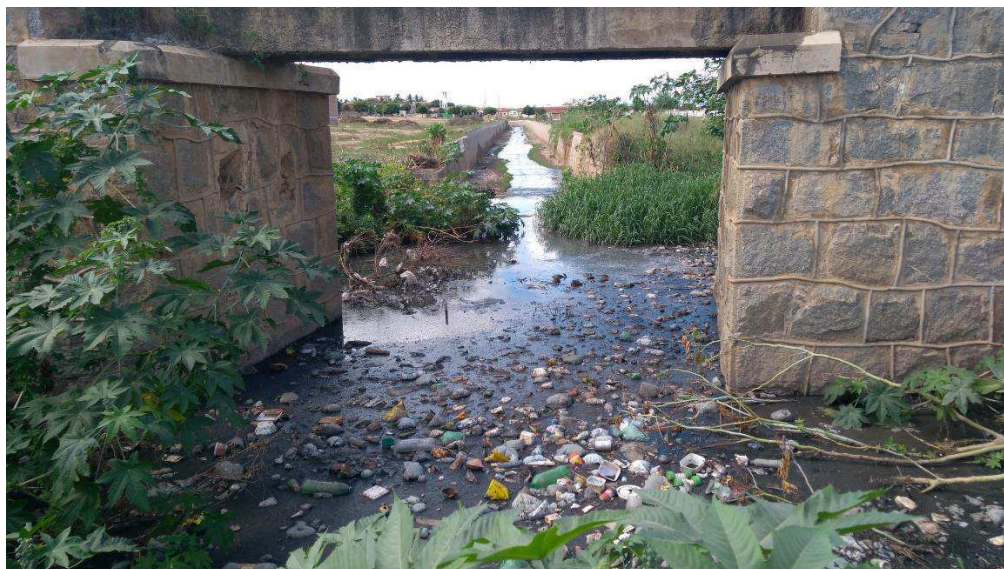
Os tipos de esgotos encontrados na área de estudo são de origem doméstica, comercial, industrial, de águas pluviais e de águas de infiltração. A disposição das águas residuais ao meio ambiente de forma inadequada é devido à insuficiência dos serviços de saneamento e da educação sanitária, concebendo, desta forma, situações oportunas à transmissão de doenças veiculação hídrica.

No que se refere ao serviço público de manejo e drenagem pluvial urbana, este é realizado e custeado com recursos próprios do município, que realiza serviços de limpeza e de fiscalização preventiva nas redes de drenagem urbana. Porém, esse serviço expõe carências em sua infraestrutura, ocasionando o aumento das inundações e alagamentos nas áreas urbanas em épocas de chuvas, devido à falta de investimentos nas suas infraestruturas, aliada as ligações clandestinas de esgoto realizadas pela população ao longo da rede de drenagem pluvial, permitindo que toda parcela das chuvas e de esgotos se desloquem para o curso d'água do rio Piencó, através do escoamento superficial.

As enchentes nas áreas urbanas do Brasil vêm tornando-se um problema habitual em praticamente todas as suas regiões. Essa situação foi se estabelecendo ao longo dos anos, particularmente pela falta de planejamento apropriado dos sistemas de drenagem e pela inadequação dos projetos de engenharia à real dimensão das necessidades das cidades brasileiras e constitui-se em um dos principais impactos adversos sobre a população urbana, tanto do ponto de vista da saúde pública quanto da economia (NASCIMENTO, 2011).

É possível verificar a disposição inadequada de resíduos sólidos sobre os sistemas de drenagem pluvial, conforme a Figura 5, o que oportuniza a obstrução das suas estruturas e, conseqüentemente, provocando o aumento da frequência de alagamentos e inundações do sistema de drenagem, devido a diminuição do volume de escoamento durante as enchentes. Esses resíduos sólidos acabam sendo transportados e depositados no curso d'água do rio Piencó, o que reflete diretamente no ecossistema.

Figura 5. Disposição inadequada de resíduos sólidos sobre os sistemas de drenagem pluvial.



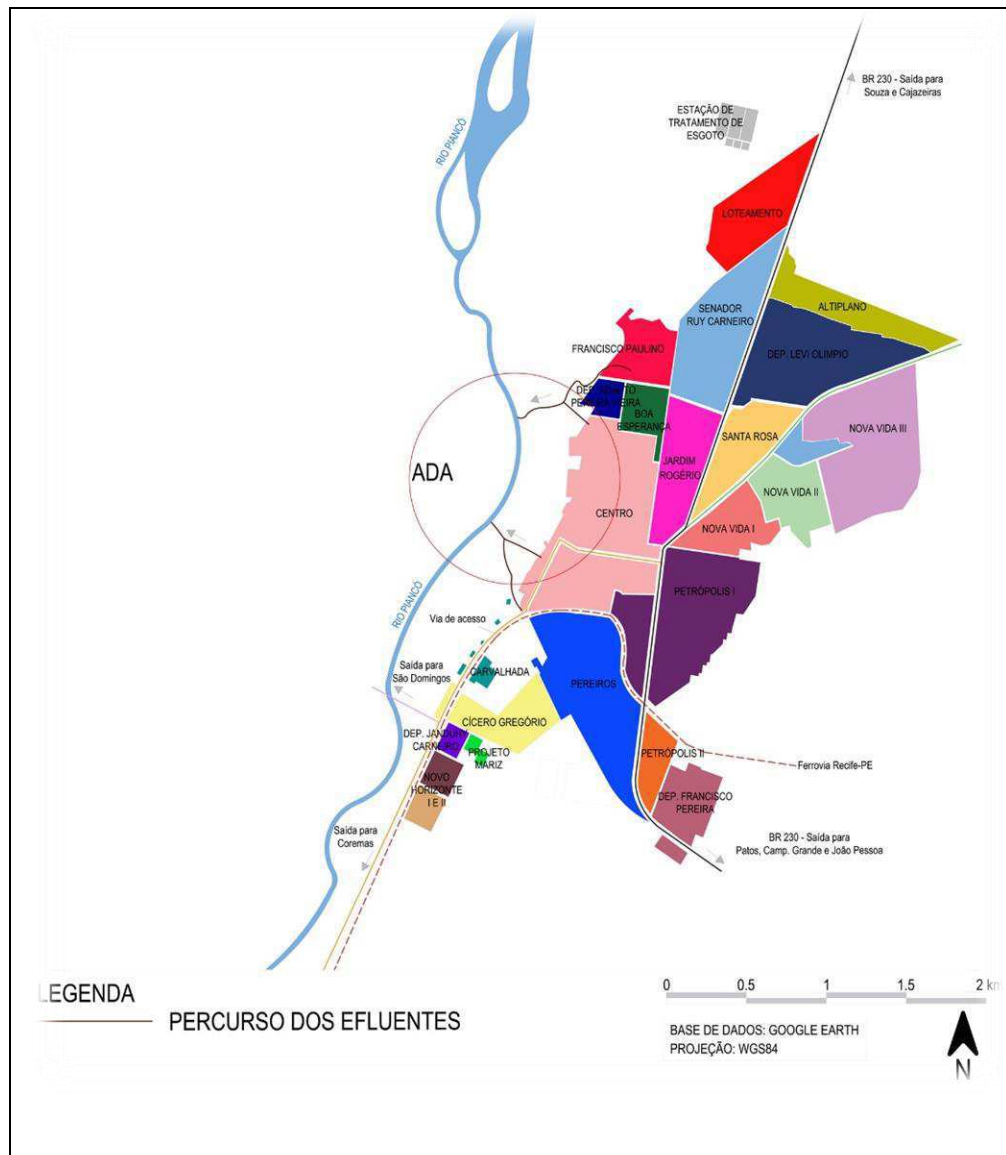
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os principais resíduos sólidos encontrados na rede de drenagem urbana, são de origem de embalagens de plástico, papel e metal. No entanto, essa caracterização depende essencialmente da eficiência dos sistemas de coleta e de limpeza urbana, do tipo de ocupação da bacia e das características socioculturais da população (RIGHETTO; MOREIRA; SALES, 2009).

#### 5.1.1 Definição da Área de Influência

A área diretamente afetada (ADA) corresponde à área onde se localiza os pontos de disposição de efluentes no rio Piancó, isto é, os 2 locais onde são despejados os efluentes *in natura* no trecho do rio Piancó. Essa área possui 500m<sup>2</sup>, conforme a Figura 6.

Figura 6. Área Diretamente Afetada.



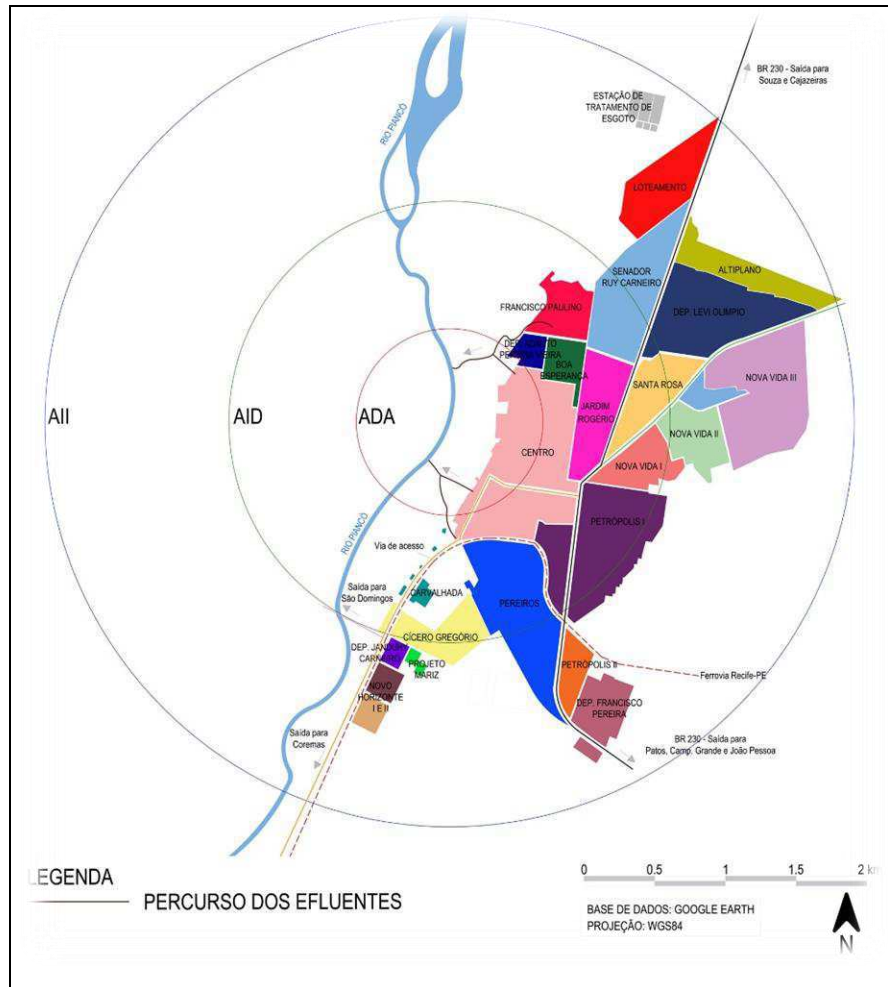
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A área de influência direta (AID) refere-se à área contígua que circunda os despejos dos efluentes, onde os impactos causados incidem diretamente e de forma primária sobre os elementos dos meios biótico, abiótico e antrópico, ou seja, subsequentes a ADA. Essa área possui uma abrangência de 900m<sup>2</sup>, conforme a Figura 7.





Figura 8. Área de Influência Indireta.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

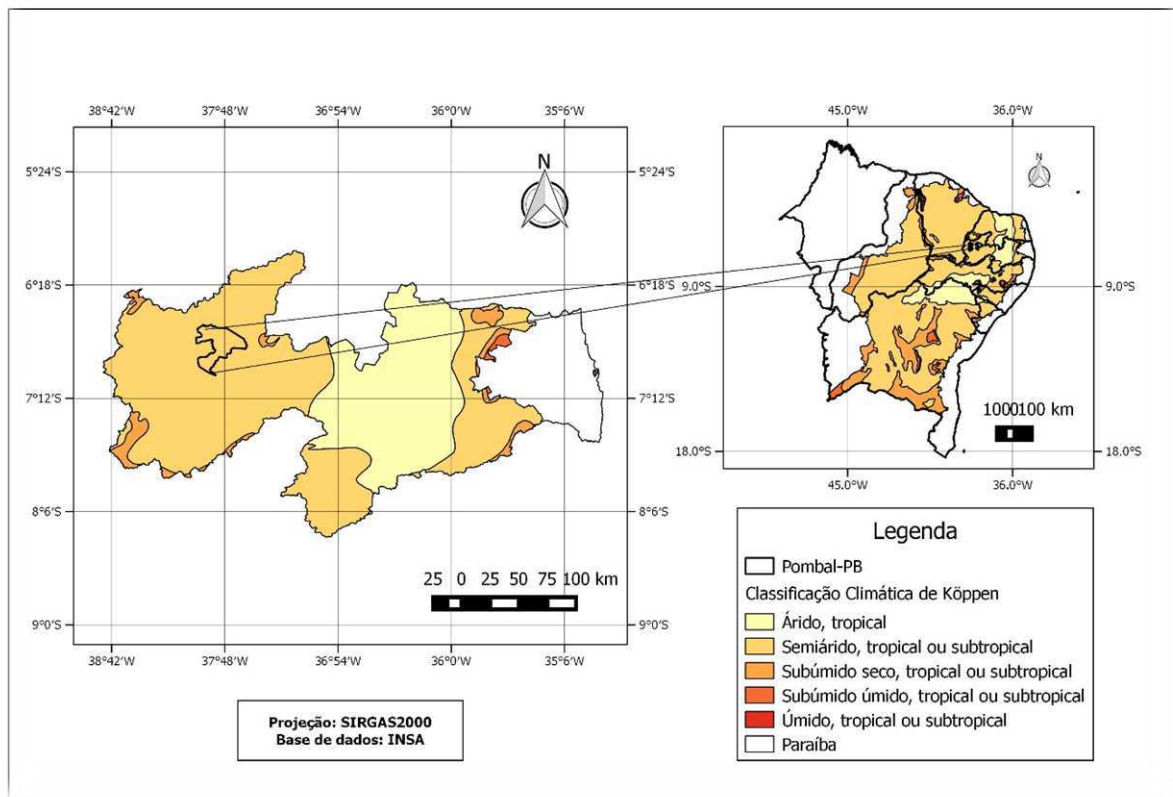
## 5.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL SIMPLIFICADO

### 5.2.1 Descrição do meio físico

#### Clima

De acordo com o Sistema de Classificação Climática de Köppen, o município de Pombal possui uma tipologia climática definida como *semiárido quente (Bsh)* (Figura 9), com chuvas de verão. A sua precipitação média anual é de 431mm, com período chuvoso se iniciando em novembro e com término em abril (CPRM, 2005; MA/EPE-SUDENE/DRN, 1972).

Figura 9. Tipologia climática do município de Pombal-PB.

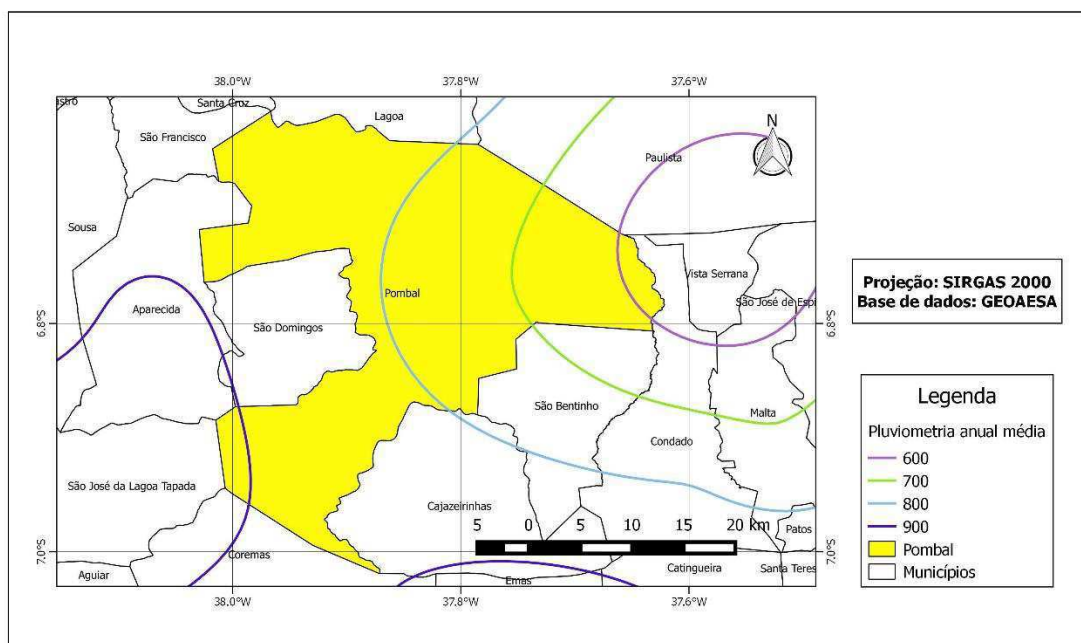


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Segundo o IBGE (BRASIL, 1966), o município apresenta temperaturas de 34°C para as temperaturas máximas e de 20°C para as mínimas. O período normal das chuvas vai de janeiro a abril, com chuvas esparsas de outubro a dezembro.

A Figura 10 expõe a pluviometria anual média mais recente do município de Pombal.

Figura 10. Pluviometria anual média do município de Pombal-PB.



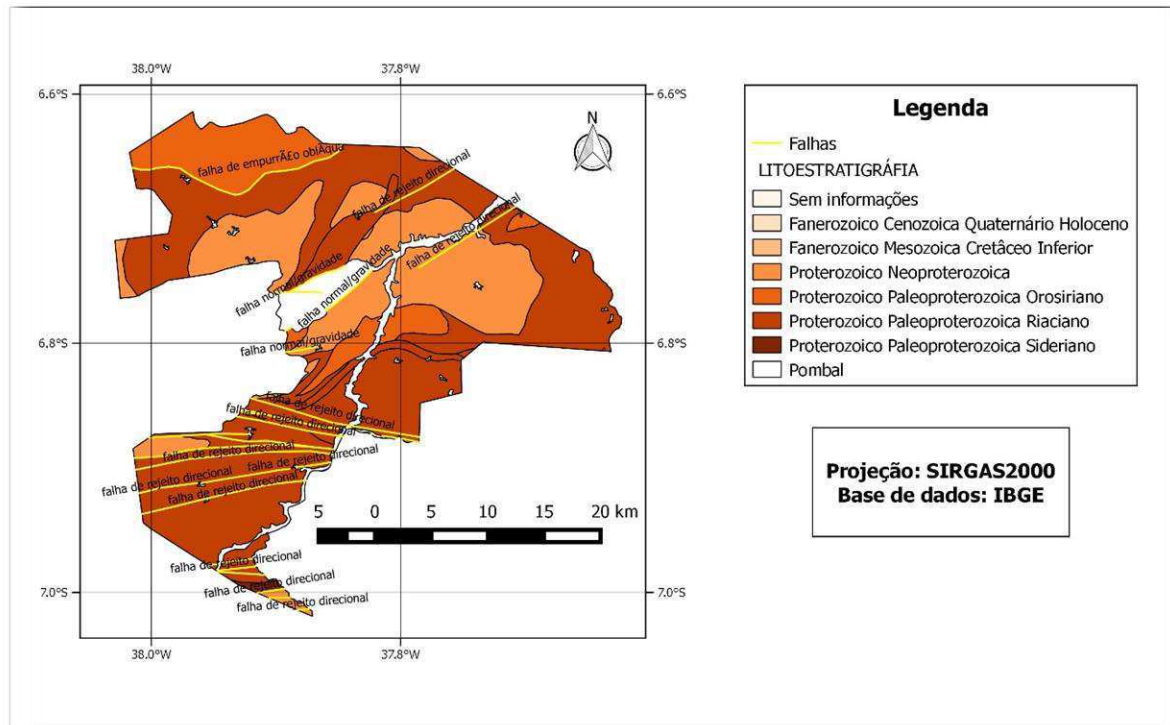
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A emissão de gases poluentes dos efluentes não é suficiente para promover grandes alterações no clima local, mas, pode ser escopo de estudos futuros no local das disposições dos efluentes, tendo em vista que é necessário a existência de uma estação meteorológica no local. Porém, consta a ocupação residencial do solo próximo aos efluentes, distante aproximadamente 50m e as direções predominantes dos ventos oportuna a dispersão dos odores nas áreas residenciais, causando transtornos à população.

### *Geologia*

A sub-bacia de Pombal, com aproximadamente 75 km<sup>2</sup>, está situada na Bacia Rio do Peixe (MEDEIROS, 2008). A formação geológica da maior parte da bacia é Cristalina, ou seja, é formada por rochas impermeáveis com baixa capacidade de armazenamento de água (CBHPPA, 2011). A Figura 11 apresenta a geologia do município.

Figura 11. Geologia do município de Pombal-PB.

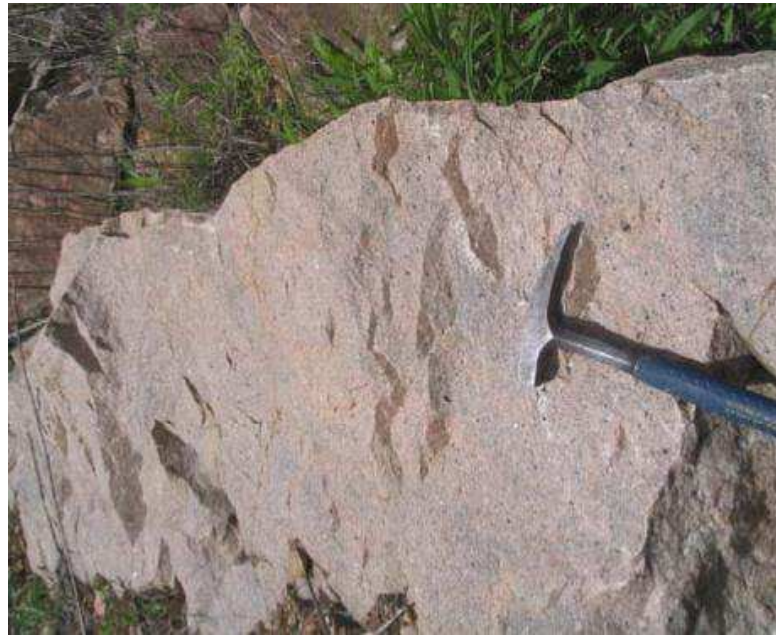


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Essa sub-bacia está encaixada em rochas pré-cambrianas do Cinturão Caririano organizadas em uma direção de leste para oeste, controlada pelo sistema de falhas de direção nordeste, que constitui o lineamento Portalegre. Os processos geológicos e tectônicos, vinculados diretamente à abertura do Oceano Atlântico, permitiu a formação e o desenvolvimento desta bacia (CARVALHO, 1992).

Para Medeiros (2008), as bordas desta sub-bacia estão localizadas ao longo de mega-estruturas brasileiras, como as zonas de cisalhamento de Malta, o que indica uma reativação dessas estruturas em regime tectônico frágil no Fanerozóico, propiciando a implantação dessa sub-bacia. Um *sheet* de ortognaisse leucocrático (Figura 12), situado a sul de Pombal, foi alvo de estudos petrológicos e litogeoquímicos e, os resultados evidenciaram uma idade pré-Brasileira para estes ortognaises.

Figura 12. Aspecto geral de afloramento do *sheet* de ortogneisse leucocrático situado a sul de Pombal (PB). Afloramento VC-91.

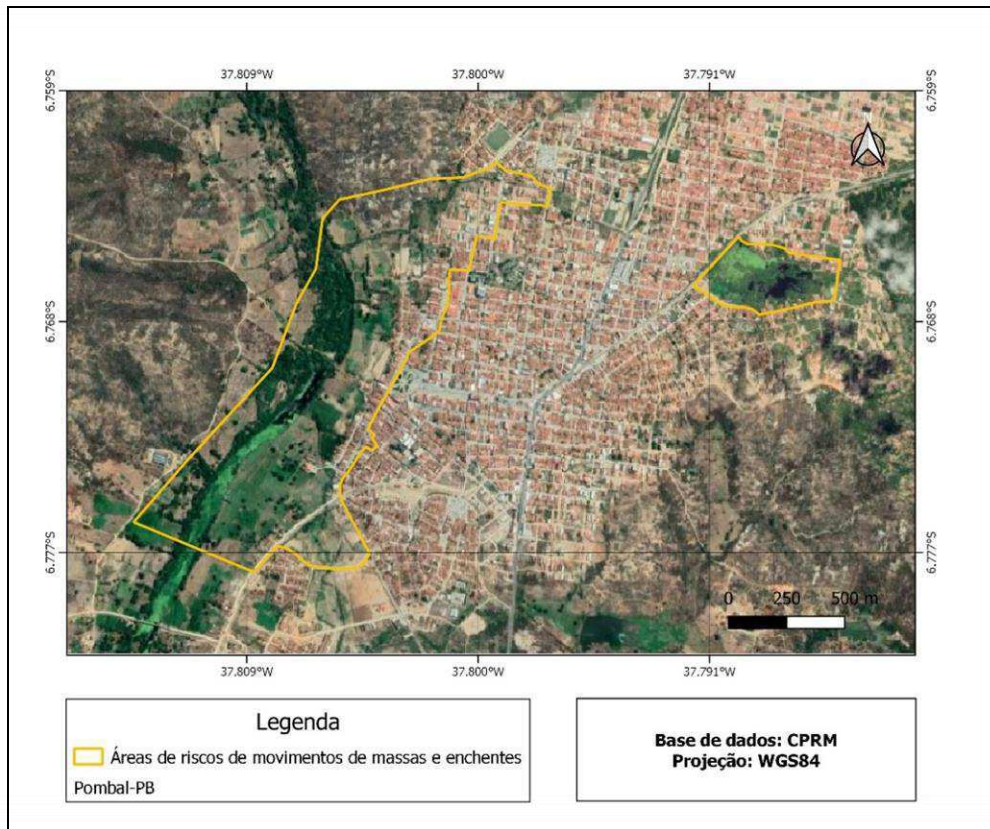


Fonte: Medeiros, 2008.

Nesta área ocorre apenas sedimentos clásticos grosseiros pertencentes à Formação Antenor Navarro. O domínio das rochas de embasamento é caracterizado por um complexo migmatítico-granítico, compreendendo um conjunto de litotipos de alto grau metamórfico com predominância marcante de migmatitos diversos e granitos, além glabros, dioritos e orto-anfibolitos (CARVALHO, 1992).

A degradação do subsolo é intensificada principalmente pela disposição dos efluentes em locais inadequados, além da parcela de contribuição da agricultura e da extração de areia no rio Piancó. Também é possível verificar o desprendimento de rochas às margens do rio Piancó. Mostra-se com a Figura 13, as áreas com riscos de movimentos de massa e de enchentes identificadas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2015).

Figura 13. Áreas com riscos de movimentos de massa e de enchentes em Pombal-PB.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### *Geomorfologia*

O município de Pombal está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja (ANA, 2018; PARAÍBA, 2016), com uma altitude média de 178m (BRASIL, 1966), caracterizada por uma superfície de pediplanação bastante monótona, com topografia de relevo predominantemente suave-ondulado, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas. Elevações residuais, cristas ou outeiros que pontuam a linha do horizonte. Esses relevos isolados testemunham os ciclos intensos de erosão que atingiram grande parte do sertão nordestino (CPRM, 2005).

A geomorfologia fluvial encontra-se com alterações devido a viscosidade da água do rio Piancó (Figura 14), isso é devido a mistura com os efluentes que são dispostos no rio, fazendo com que a velocidade do fluxo das águas nos pontos de lançamentos de esgotos sofra variações, contribuindo para o transporte, deposição e formação de carga sedimentar no fundo

e nas margens do rio Piancó. Porém, esses processos variam no decorrer do tempo e do espaço.

Figura 14. Geomorfologia fluvial com alterações.



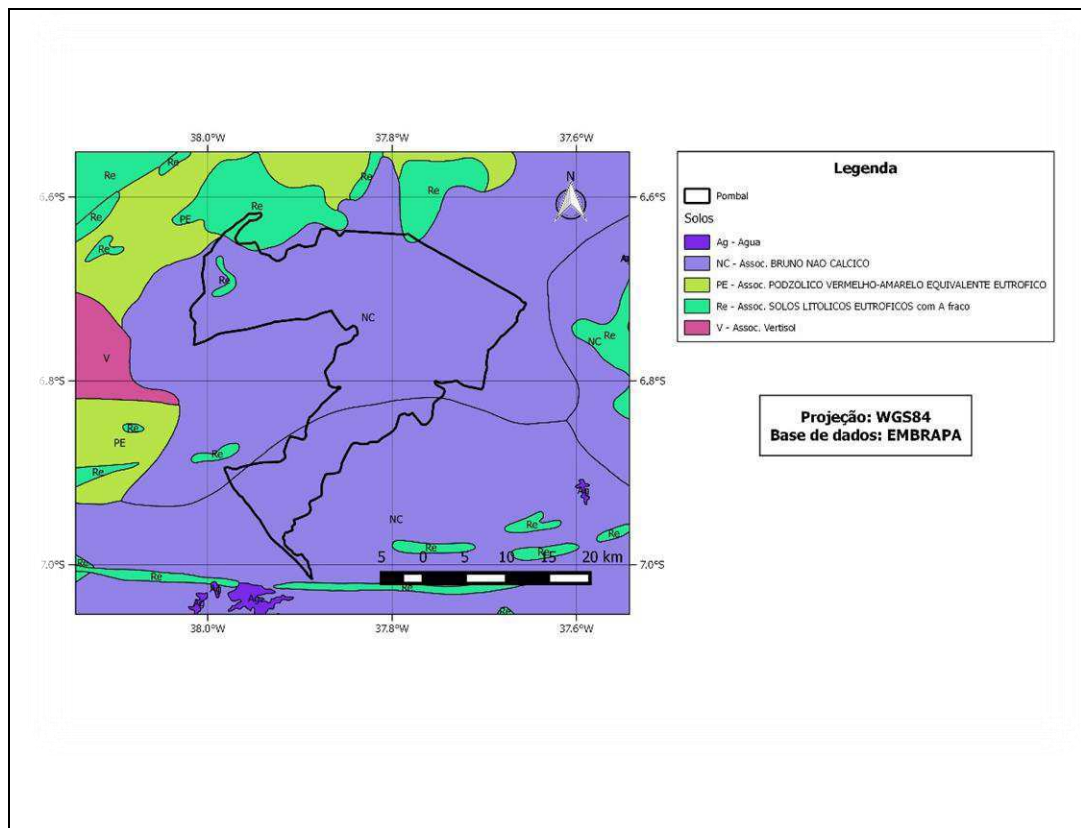
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### *Solo*

Os solos predominantes no município são os Planossolos, Brunos não Cálcicos, Podzólicos e, Litólicos (CPRM, 2005). Os planossolos compreendem solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, ocorrendo, preferencialmente, em áreas de relevo plano ou suave ondulado, onde as condições ambientais e do próprio solo favorecem vigência periódica anual de excesso de água, especialmente em regiões sujeitas à estiagem prolongada e até mesmo sob condições de clima semiárido (EMBRAPA, 2018).

Em relação aos solos Brunos não Cálcicos (Luvisolos) (Figura 15) e aos solos Podzólicos, estes variam de bem a imperfeitamente drenados, sendo normalmente pouco profundos e, moderadamente ácidos a ligeiramente alcalino. Os solos Litólicos (Neossolos), são constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos (EMBRAPA, 2018).

Figura 15. Solos predominantes no município de Pombal-PB.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na região do embasamento cristalino predominam o luvisso solo crômico e o neossolo litólico, além de argissolo vermelho-amarelo, ambos desfavoráveis à agricultura (ANA, 2018). Observou-se ainda, a ocorrência de processos erosivos às margens do rio, que são provenientes das atividades de geração de efluentes, o que implica na exposição e compactação do solo e, favorecendo o carreamento de sedimentos para o corpo hídrico. Os solos identificados na área de disposição dos efluentes, são constituídos por sedimentos arenosos, o que possibilita o desenvolvimento de processos de erosão hídrica.

### *Recursos hídricos*

O rio Piancó é o principal curso d'água da bacia hidrográfica dos rios Piancó-Piranhas-Açu, onde a sua nascente encontra-se localizada no município de Santa Inês/PB e, após a sua confluência com o rio Piranhas no estado da Paraíba, passa a seguir com o nome de Piancó-Piranhas-Açu no estado do Rio Grande do Norte. O trecho do rio Piancó no município



de Pombal é perenizado e tem a sua vazão regularizada pelo reservatório estratégico de Curema/Mãe d'Água, construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e, cumpre um importante papel nos diversos usos da água, com destaque para o abastecimento humano e a irrigação, ao longo do seu curso (ANA, 2016).

A gestão dos recursos hídricos no Estado da Paraíba está estabelecido na Lei n. 6.308/1996, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos, sendo a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), o órgão administrante dos recursos hídricos paraibanos criada pela Lei n. 7.779/2005 (AESA, 2005).

As demandas hídricas de abastecimento para consumo humano em Pombal são divididas entre os usos urbano e rural. A agricultura irrigada é umas das principais atividades econômicas no município e corresponde pela maior parte da demanda hídrica total (ANA, 2016).

Ao longo do curso do rio Piancó, no trecho estudado, é observável processos de eutrofização causadas pela ação antrópica. Isso ocorre devido ao acúmulo de nutrientes, em especial o fósforo e nitrogênio, aumentando a concentração de bactérias aeróbicas que consomem o oxigênio dissolvido na água e, conseqüentemente, causando odores desagradáveis nas águas devido à formação do gás sulfídrico, além de elevar os custos no tratamento de água para fins de abastecimento público, devido ao odor e sabor desagradáveis e, a obstrução no sistema de captação de água no rio.

Em relação a poluição das águas do rio Piancó, isto ocorre devido, principalmente, a disposição inadequada dos efluentes líquidos no rio e, ou diretamente na rede de drenagem pluvial que acaba transportando e despejando matérias orgânicas, inseticidas, pesticidas, fertilizantes, compostos químicos, lixo e microrganismos patogênicos, além de aumentar o escoamento superficial da rede de drenagem pluvial.

A disposição desses efluentes no rio Piancó são provenientes de processos industriais, estabelecimentos comerciais, atividades agropecuárias, escoamento superficial urbano e, de residências que não possui o serviço de esgotamento sanitário adequado. Essa disposição de efluentes provoca o aumento da turbidez do corpo hídrico do rio Piancó.

Em relação as indústrias presentes na área de estudo, estas são de pequeno porte, destacando as indústrias de panificação, indústria gráfica, frigoríficos, fábricas de doces, confecções, indústria de embalagens plásticas, indústria de reciclagem de materiais plásticos, fabricação de vassouras e rodos. Embora essas indústrias sejam de pequeno porte, elas

produzem os seus efluentes que são lançados ao solo e *in natura* no solo e nos cursos d'água, alterando as características das águas do rio Piancó por micropoluentes,

### 5.2.2 Descrição do meio biótico

#### *Fauna*

A fauna do bioma caatinga possui uma rica variedade de animais, representados por aproximadamente 1.307 espécies, das quais 125 espécies já se encontram ameaçadas de extinção (ICMBIO, 2018). Composta por 380 espécies de aves, das quais 20 já se encontram ameaçadas de extinção, encontram-se também os mamíferos (roedores, preás, saguis), com 148 espécies, os sapos e as cobras, com 47 espécies cada e, os lagartos, com 44. São exemplos de animais característicos do bioma caatinga o veado catingueiro, a raposa, os lagartos, os tatus, a jararaca-da-seca, a ararinha-azul, as avoantes e a asa-branca (EMBRAPA, 2007).

Nesta pesquisa foram verificadas como principais espécies da fauna natural na área de estudo as seguintes: a abelha Jandaíra (*Melipona subnitida*), também conhecida como abelha sem ferrão, encontradas em ocos de catingueiras; o galo-de-campina (*Paroaria dominicana*), encontrados à beira do rio Piancó; o periquito-do-sertão (*Aratinga cactorum*), encontrado próximo ao rio Piancó se alimentando de frutos de mangueira; soim (*Callithrix jacchus*); raposa (*Cerdocyon thous*); carcará (*Caracara plancus*); preá da caatinga (*Cavia aperea*); camaleão-da-caatinga (*Polychrus acutirostris*); sapo-cururu (*Rhinella diptycha*); cobra-verde (*Erythrolamprus viridis*); jararaca (*Bothrops atrox*); cascavel (*Crotalus durissus*); traíra (*Hoplias malabaricus*); curimatã (*Prochilodus sp.*); piau (*Leporinus sp.*).

As atividades antrópicas decorrentes da ocupação desorganizada na área urbana em Pombal e, das atividades econômicas na cidade, ameaçam à perda e, à degradação do ecossistema ou, à retirada direta de algumas espécies na área de estudo. Os fatores antrópicos que ocasionam a perda e a degradação do meio ambiente são provenientes da remoção da vegetação pelo escoamento dos efluentes, devido a poluição química, física e biológica dos efluentes, que afeta diretamente as espécies aquáticas.

#### *Flora*

De acordo com a ANA (2018), com o bioma predominantemente no município de Pombal é o da Caatinga. A flora do bioma caatinga tem características peculiares, manifestando uma estrutura adaptada às condições de clima semiárido, por isso são denominadas de xerófitas, o que as permitem sua sobrevivência nos longos períodos de falta de água (EMBRAPA, 2007).

As xerófitas apresentam características como a queda das folhas na estação seca, a presença de caules e raízes suculentas que armazenam água e nutrientes, tendo o seu ciclo de vida curto e a dormência das sementes (período em que elas ficam biologicamente paralisadas, aguardando condições favoráveis para brotar) (EMBRAPA, 2007)..

As plantas desse bioma possuem galhos retorcidos, raízes profundas, espinhentas, de folhas pequenas que caem na estação seca. Pode-se destacar os cactos (mandacaru, xiquexique, facheiro), as bromélias (macambiras) e, as leguminosas (catingueiras, juremas e angicos) (EMBRAPA, 2007).

Dentre as espécies que ocupam a área de estudo, destacam-se: aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva*), catingueira (*Cenostigma pyramidale*), jurema (*Piptadenia stipulacea*), angico (*Anadenanthera colubrina*), marmeleiro (*Croton sonderianus*), mandacaru (*Cereus jamaracu*), xique-xique (*Pilocereus gounellei*), umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), juazeiro (*Ziziphus joazeiro*), oiticica (*Licania rígida*), carnaúba (*Copernicia prunifera*), cumaru (*Amburana cearenses*), malva branca (*Sida cordifolia L*), umbuzeiro (*Spondias tuberosa*).

A vegetação predominantemente ao longo das margens do rio Piancó encontra-se bastante degradada em consequência da introdução de áreas para exploração agropecuária e, pela poluição e erosão causada pelos efluentes. A remoção da vegetação acaba resultando na perda da biodiversidade local, e expondo o solo à ação erosiva das águas pluviais.

### 5.2.3 Descrição do meio antrópico

#### *Dinâmica populacional*

A composição e a distribuição populacional têm implicações diretas e significativas para as questões ambientais e, para a mitigação dos impactos ambientais. A rápida diminuição

da taxa de fecundidade experimentado pelo Brasil modificou radicalmente a composição da sociedade brasileira, trazendo benefícios potenciais e algumas inquietações no curto prazo, assim como responsabilidades adicionais no médio prazo (MMA, 2015).

As consequências ambientais dessas mudanças ainda não são totalmente claras para os países em desenvolvimento. A queda da fecundidade brasileira tem sido acompanhada por transformações sociais em relação à constituição das famílias e da ocupação dos domicílios. As transformações nas famílias foram acompanhadas pela redução do número de pessoas por domicílios e, pelo aumento do número de domicílios *per capita* (MMA, 2015).

Entre 2000 e 2010, a população de Pombal passou de 31.954 para 32.110 (uma taxa de crescimento de 0,49%), enquanto o número de domicílios, no mesmo período, passou de 7.973 para 9.288 domicílios (uma taxa de crescimento de 16,49%) (IBGE, 2001; IBGE, 2011). Percebe-se que o número de domicílios cresceu mais rapidamente que a população e, a concentração espacial da população na localidade urbana já concentra 80% da população total.

Esse aspecto representa uma pressão suplementar em termos da demanda em áreas urbanas com uma infraestrutura urbana precária, induzindo um efeito adicional no sentido de promover a ocupação de áreas inadequadas à ocupação e em situação de risco (MMA, 2015).

As consequências desse processo de crescimento urbano vertiginoso, provocou um grande deslocamento de pessoas pobres do campo para a cidade, sem um processo adequado de planejamento urbano e de políticas públicas destinadas a oferecer melhores condições de vida, no que se refere a moradia, serviços e emprego a população mais pobre.

Por esse motivo, a população acaba se instalando em terrenos inapropriados, poluídos por material tóxico, sujeitos a inundações e deslizamentos de terra, com uma oferta precária de esgotamento sanitário e de infraestrutura urbanística, contribuindo para a degradação do meio ambiente e afetando a saúde da população.

Entre as consequências mais evidentes relacionadas às deficiências do saneamento básico pode-se citar: o aumento na incidência de doenças diarreicas, o aumento na incidência de doenças transmitidas por vetores (dengue, malária, entre outras), a interrupção no abastecimento de água tratada e, a contaminação por resíduos sólidos urbanos (IBGE, 2011).

Nos municípios de até cinco mil habitantes, mais de 60% dos domicílios apresentam condições de saneamento inadequadas. Apenas 2,3% da população brasileira em 2010

residiam nesses municípios pequenos, os quais representam cerca de 25% de todas as municipalidades (IBGE, 2011). Dessa forma, fica óbvio que os problemas ambientais enfrentados pela cidade de Pombal estão estreitamente ligados as questões socioambientais devido ao crescimento urbano desordenado.

#### *Fator econômico*

A estrutura econômica do município de Pombal é baseada nos setores de comércio, agropecuário, industrial e, de serviços (administração, defesa, educação, seguridade social e, saúde pública) (IBGE, 2011)

A agricultura é desenvolvida de forma tradicional, a maioria dos cultivares são de feijão, milho, arroz e hortaliças. Essa atividade é voltada para a subsistência das famílias e, vendida em feira livres no centro da cidade.

A pecuária é praticada de forma extensiva, utilizando a criação de rebanhos em áreas extensas, em que os animais são deixados soltos em grandes áreas para pastejo. A principal atividade pecuária está ligada a criação de gado bovino, embora seja considerada também a produção de apicultura, suínos, aves e ovinos. Esse setor é responsável por disponibilizar alimentos como carne, couro, leite, mel e ovos para o município de Pombal

Com a inserção de novas tecnologias, a agropecuária praticada as margens do rio Piancó se transformou, nas últimas décadas, em uma atividade cujas práticas são baseadas em métodos pouco sustentáveis, afetando o meio ambiente com o uso extensivo de agrotóxicos que possui uma grande capacidade de atingir o solo e as águas do rio Piancó e, portanto, constituindo-se em uma fonte de poluição difusa.

Em relação as atividades econômicas industriais e comerciais presentes na área de estudo, elas produzem os seus efluentes que são lançados ao solo ou no sistema de drenagem pluvial, e são dispostos *in natura* nas águas do rio Piancó.

#### *Uso e ocupação do Solo*

A Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001, estabelece as normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental. Dessa forma, a política urbana tem por objetivo ordenar o planejamento do desenvolvimento das cidades, a distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos adversos sobre o meio ambiente (BRASIL, 2001).

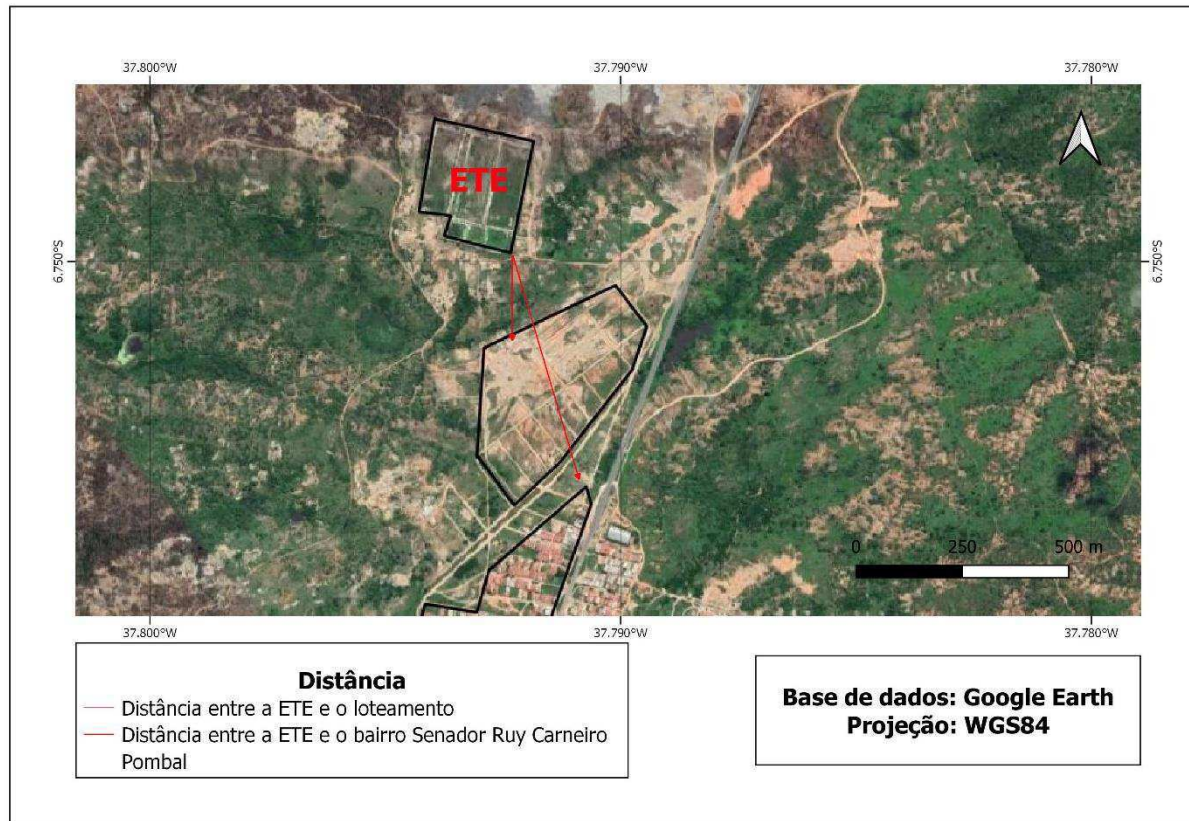
Em outras palavras, sua principal finalidade é orientar a atuação do poder público e da iniciativa privada na construção dos espaços urbano, rural e industrial na oferta dos serviços públicos essenciais, visando assegurar melhores condições de vida para a população (AZENHA, 2017).

A harmonizada ordenação e controle do uso e ocupação do solo, evita a utilização inadequada dos imóveis urbanos, as edificações e os usos excessivos ou inadequados em relação à infra-estrutura urbana, as instalações de empreendimentos ou atividades que possam funcionar como pólos geradores de tráfego, sem a previsão da infra-estrutura correspondente, a deterioração das áreas urbanizadas e, a poluição e a degradação ambiental (BRASIL, 2001).

O município de Pombal não possui um plano diretor, mesmo sendo obrigatório para os municípios com mais de 20 mil habitantes. A única lei existente no município é a lei n. 598, de 21 de junho de 1985, que trata do Código de Urbanismo. Dessa forma, o desenvolvimento econômico, social e ambiental não é regido por um plano diretor, tornando o município conivente com o crescimento urbano desenfreado e, distribuído de forma desigual.

O exemplo prático da falta de um plano diretor no município é, a proximidade da estação de tratamento de efluentes com as áreas residenciais urbanas (Figura 16), ocasionando incompatibilidades sociais, econômicas e ambientais, pelo uso e ocupação do solo de forma irregular. Essa circunstância impacta negativamente no aspecto paisagístico e, na desvalorização dos imóveis e dos solos urbanos próximos a ETE.

Figura 16. Proximidade da ETE com as áreas residenciais urbanas.



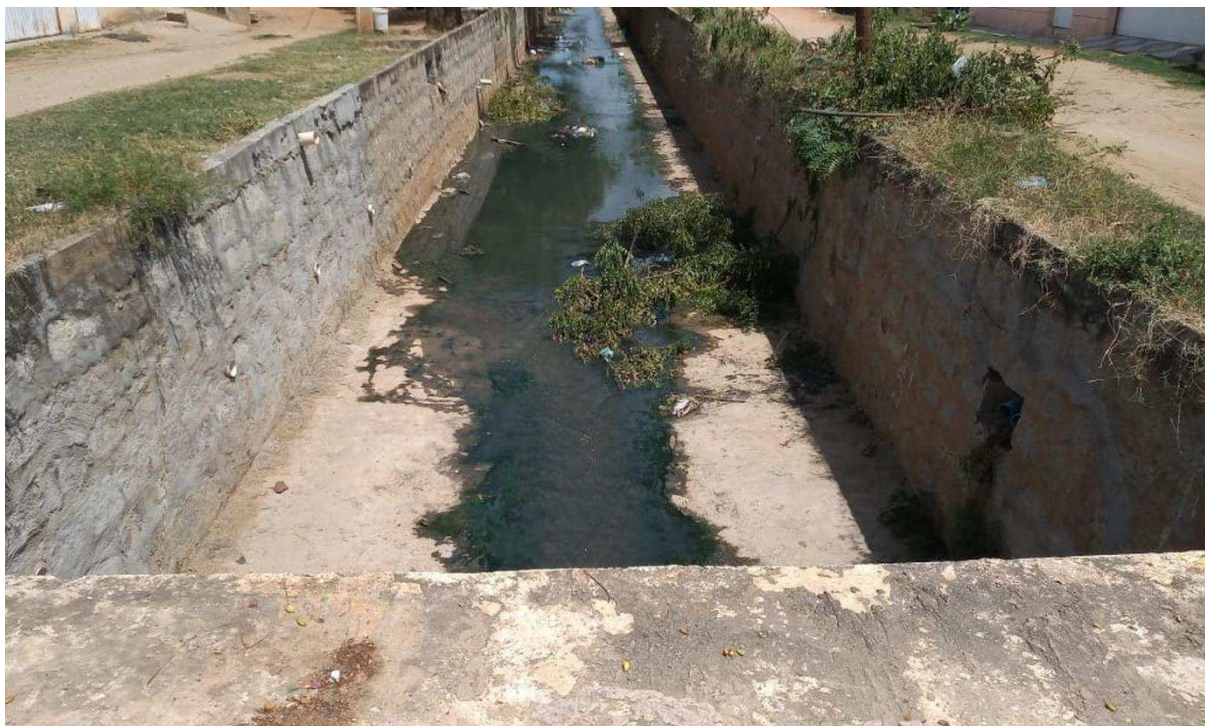
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A distância entre a ETE e o loteamento que está sendo implantado é de aproximadamente 190m e, a distância entre a ETE e o bairro Senador Ruy Carneiro é de aproximadamente 500m.

O sistema de tratamento de efluentes por lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas, exalam odores indesejáveis devido à liberação de gás sulfídrico, que é responsável por odores fétidos, por isso estas lagoas de estabilização devem ser localizadas distantes de áreas residenciais (SANTOS, 2007; JORDÃO; PESSOA, 2011; VON SPERLING, 1996, 2017).

A presença de efluentes na rede de drenagem pluvial (Figura 17), provoca fortes odores por matéria orgânica em decomposição presente nos efluentes. Em períodos de chuva os efluentes sobrecarregam a capacidade do sistema de drenagem pluvial e, conseqüentemente, acarreta alagamentos e o retorno dos efluentes às residências. Esses transtornos oportuniza a desvalorização imobiliária dessas áreas.

Figura 17. Presença de efluentes na rede de drenagem pluvial.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

As propriedades rurais localizadas nas áreas dos cursos ou despejos dos efluentes, acabam sendo afetadas pela desvalorização imobiliária rural, devido aos odores fétidos nos cursos de efluentes e, ao intenso processo erosivo provocado pelo escoamento superficial dos efluentes.

Essas deficiências de condições sanitárias adequadas nas propriedades rurais, expressam a ausência de atuação do poder público na prestação e, na gestão dos serviços de esgotamento sanitário.

Destaca-se ainda a implementação de um zoneamento industrial à montante do sistema de captação de água para o abastecimento público urbano. Nota-se, que a área responsável pelo planejamento territorial não levou em conta as questões ambientais durante a fase de planejamento. Dessa forma, percebe-se a inadequação referente ao uso e ocupação do solo, o que demandará correções por parte da municipalidade futuramente.

### *Usos da água*



O corpo d'água do rio Piancó, da nascente até o desague no rio Piranhas no município de Pombal, está definido a classe 2 em seu enquadramento desde 1988, conforme a diretriz DZS 204 estabelecida pelo Sistema Estadual de Licenciamento de Atividades Poluidoras (ANA, 2018; SUDEMA, 1988).

As águas de classe 2 podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, (após tratamento convencional), à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, à aquicultura e, à atividade de pesca (BRASIL, 2005).

Conforme a ANA (2018), não foi possível estabelecer recentemente uma proposta de enquadramento para as águas do rio Piancó, devido a necessidade de avaliações mais aprofundadas para identificação adequada das relações de causa e efeito e das ações necessárias à melhoria de qualidade de água, fundamentais para o estabelecimento das metas e do programa de efetivação de enquadramento, previstos na resolução CNRH nº 91/2008.

Os principais usos da água do rio Piancó no município de Pombal são para fins na agricultura irrigada, pecuária, aquicultura, preservação da fauna e flora, indústria e, no abastecimento urbano e rural.

A demanda hídrica para abastecimento humano urbano no município é de 74,44 (l/s) e, a demanda hídrica utilizada na dessedentação animal é de 14,4 (l/s). A indústria possui uma demanda hídrica de 6,5 (l/s), enquanto a agricultura irrigada (irrigação por microaspersão), é umas das principais atividades econômicas do município e, responde pela maior parte da demanda hídrica total, com 1.020 (l/s) (ANA, 2016).

A agricultura irrigada adotada no município de Pombal, foi implantada como uma estratégia de desenvolvimento regional, pelo governo federal, através do DNOCS, e atualmente pelo governo estadual, resultando em um perímetro operante de área irrigável de aproximadamente 543 hectares (CBHPPA, 2011).

Porém, a prática de agricultura irrigada por meio de captações de água localizadas no corpo hídrico do rio Piancó, é limitada à área plantada de 5,0 ha por família, proibindo-se a prática de irrigação pelo método de inundação, conforme a Resolução Conjunta ANA, IGARN e AESA, n. 640, de 18 de junho de 2015 (ANA, 2018).

A atividade pecuária às margens do rio Piancó se configura em uma fonte potencial de coliformes termotolerantes para o corpo hídrico. De acordo com a ANA (2016), as atividades

agropecuárias se caracterizam como relevantes fontes poluidoras de fósforo. Os desmatamentos para a implantação de cultivos e pastagens, o emprego indevido de fertilizantes e agrotóxicos e, os dejetos produzidos pelos rebanhos às margens dos rios representam importantes fontes difusas de fósforo.

Os efluentes de origem doméstica são fontes poluidoras ricas em fósforo. A sua disposição nos corpos hídricos receptores, geralmente ocorre de forma pontual. De modo geral, são encontradas altas concentrações de fósforo nos corpos hídricos, que são frequentemente associadas a baixos índices de tratamento dos efluentes ou, a presença de esgotos domésticos, industrial e, as fontes dispersas de origem agropecuária (POMPÊO; MOSCHINI, 2008; ANA, 2016).

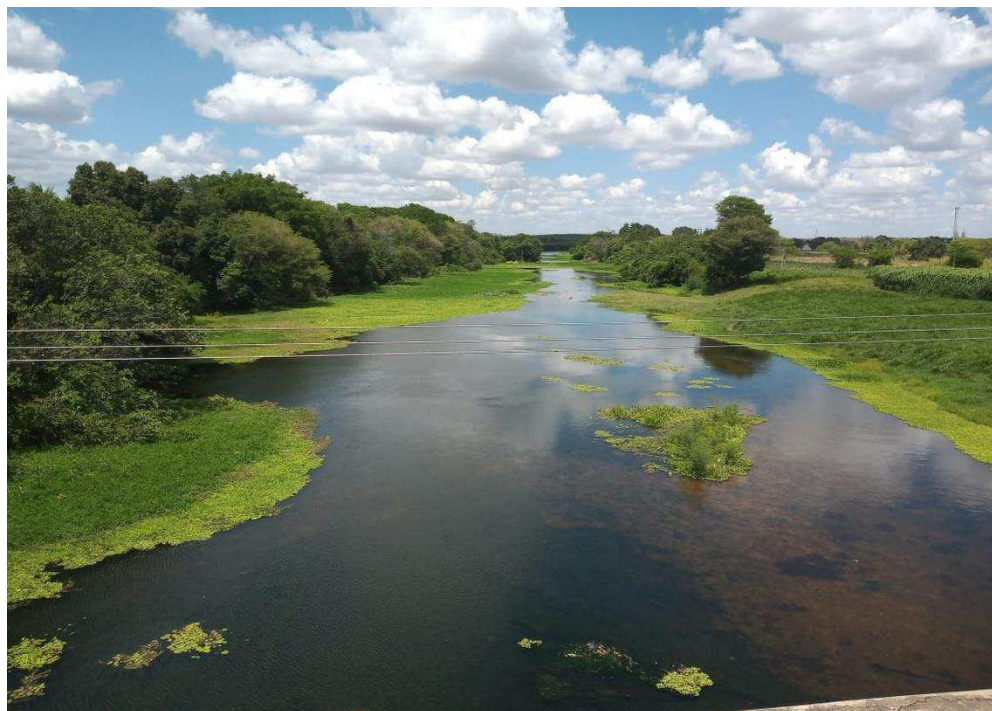
Os estudos realizados por Barros (2015) no rio Piancó em Pombal, apresentaram concentração de fósforo entre 0,1 a 0,5 mg/l, valor acima do permitido para os rios de classe II, conforme a Resolução CONAMA n. 357/2005, que é de 0,050 mg/l de fósforo total em ambientes intermediários (BRASIL, 2011). Conforme os dados da ANA (2016), a concentração de fósforo total apresentou valores de 9,4 mg/l.

A DBO (demanda bioquímica de oxigênio) total para às águas doces de classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA n. 357/2005, é de até 5 mg/l (BRASIL, 2011), os dados da ANA (2016), mostram que as águas do rio Piancó em Pombal, apresentam uma de DBO total de 508 mg/l. Essa elevada quantidade de matéria orgânica presente nas águas do rio Piancó, indicam um alto grau de poluição orgânica que este corpo hídrico se encontra, tendo em vista que esses níveis de DBO são encontrados em efluentes domésticos sem tratamento.

As descargas de efluentes domésticos, industriais e agropecuários, acaba introduzindo uma carga excessiva de matéria orgânica no sistema aquático, devido a entrada de nutrientes, especialmente de fósforo e nitrogênio, provocando o rápido aumento de eutrofização em rios (TUNDISI, 2008; JORDÃO; PESSOA, 2014).

A eutrofização do rio Piancó pode ser vista na Figura 18.

Figura 18. Macrófitas aquáticas flutuantes indicando o nível de eutrofização do rio Piancó.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A eutrofização do rio Piancó permite o desenvolvimento de espécies de algas potencialmente tóxicas (macrófitas aquáticas flutuantes), o aumento da mortalidade de peixes, a atenuação da diversidade de espécies aquáticas, a elevação da turbidez da água, além de alterar o gosto e o seu odor, ocasionando o aumento dos custos no sistema de tratamento de água.

### 5.3 IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

Apresenta-se no Quadro 4, a matriz de interação com as atividades/ações antrópicas em relação aos fatores ambientais atingidos na área de estudo.

Quadro 4. Matriz de interação com as atividades/ações antrópicas em relação aos fatores ambientais atingidos.

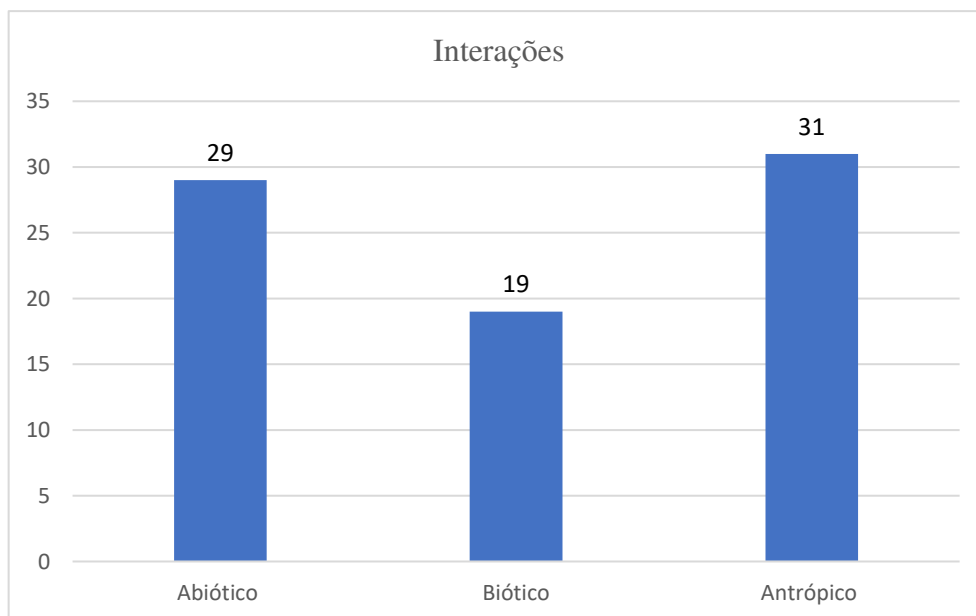
ATIVIDADES / AÇÕES ANTRÓPICAS	COMPONENTES AMBIENTAIS										
	MEIO ABIÓTICO					MEIO BIÓTICO		MEIO ANTRÓPICO			
	Clima	Geologia	Geomorfologia	Solo	Recursos hídricos	Flora	Fauna	Dinâmica populacional	Fator econômico	Uso e ocupação do Solo	Usos da água
Efluentes domésticos		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Efluentes industriais		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Atividades agropecuárias ribeirinhas				x	x	x	x		x	x	x
Utilização de fossas negras/sépticas				x	x		x		x	x	x
Sistema de drenagem pluvial				x	x	x	x		x	x	x
Intensificação da urbanização desordenada		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Qualidade dos efluentes	x			x	x	x	x	x	x	x	x
Qualidade das águas superficiais do rio				x	x	x	x		x		x
Operação e manutenção do sistema de esgotamento sanitário				x	x	x	x		x		x
Remoção da vegetação		x	x	x	x	x	x		x	x	

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

De acordo com a matriz, Quadro 4, verificou-se a possibilidade de 79 interações, nos meios abiótico, biótico e antrópico, das quais foram considerados relevantes no estudo e abordando apenas os impactos adversos.

Conforme o Gráfico 1 e o Quadro 4, observa-se que os meios abiótico e antrópico foram os mais alterados pela disposição de efluentes no rio Piancó, tendo o maior número de interações os componentes referentes ao fator econômico e, com o uso da água e, posteriormente, o solo e os recursos hídricos.

Gráfico 1. Interações distribuídas nos meios abiótico, biótico e antrópico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Expõe-se no Quadro 5 os aspectos ambientais e os impactos ambientais identificados pela disposição de efluentes no rio Piancó.

Quadro 5. Aspectos e impactos ambientais identificados.

Atividades	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Meio abiótico	Meio biótico	Meio antrópico
Efluentes domésticos	Disposição inadequada dos efluentes ( <i>in natura</i> )	Sobrecarga na demanda por serviços de saneamento básico			x
		Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	x	x	x
		Mudanças no aspecto paisagístico do local		x	x
		Exposição da população a odores fortes			x
		Risco de contaminação/poluição das águas fluviais	x	x	x
		Risco de contaminação/poluição do solo	x	x	x

		Surgimento de possíveis vetores de doenças			x
		Desvalorização imobiliária da área do entorno			x
		Alterações na fauna		x	
		Alterações na flora		x	
		Alteração da capacidade do recurso hídrico de autodepuração	x		x
Efluentes industriais	Disposição inadequada dos efluentes ( <i>in natura</i> )	Sobrecarga na demanda por serviços de saneamento básico			x
		Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	x	x	x
		Mudanças no aspecto paisagístico do local		x	x
		Exposição da população a odores fortes			x
		Risco de contaminação/poluição das águas fluviais	x	x	x
		Risco de contaminação/poluição do solo	x	x	x
		Surgimento de possíveis vetores de doenças			x
		Desvalorização imobiliária da área do entorno			x
		Alterações na fauna		x	
		Alterações na flora		x	
		Alteração da capacidade do recurso hídrico de autodepuração	x		x
Atividades agropecuárias ribeirinhas	Geração de resíduos líquidos da agropecuária ( <i>in natura</i> )	Mudanças no aspecto paisagístico do local		x	x
		Alterações na flora		x	
		Alterações na fauna		x	
		Desvalorização imobiliária da área do entorno			x
		Risco de contaminação/poluição do solo	x	x	x
		Risco de contaminação/poluição das águas fluviais	x	x	x
		Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	x	x	x
Surgimento de possíveis			x		

		vetores de doenças			
		Perda de solos agricultáveis	x		x
Utilização de fossas negras/sépticas	Manejo/manutenção inadequada	Risco de contaminação/poluição do solo	x		x
		Contaminação do lençol freático	x		
Uso inadequado do sistema de drenagem pluvial	Disposição de efluentes no sistema de drenagem pluvial	Aumento dos riscos de alagamentos e inundações			x
		Risco de contaminação/poluição das águas fluviáteis	x	x	x
		Desvalorização imobiliária da área do entorno			x
		Risco de contaminação/poluição do solo	x	x	x
		Surgimento de possíveis vetores de doenças			x
		Exposição da população a odores fortes			x
Intensificação da urbanização desordenada	Uso e ocupação inadequados do solo urbano	Risco de contaminação/poluição das águas fluviáteis	x	x	x
		Risco de contaminação/poluição do solo	x	x	x
		Desvalorização imobiliária da área do entorno			x
		Alteração na qualidade de vida da população		x	x
		Sobrecarga na demanda por serviços de saneamento básico			x
Qualidade dos efluentes	Ausência do monitoramento da qualidade dos efluentes e da eficiência da ETE	Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	x	x	x
		Contaminação do lençol freático	x	x	x
		Exposição da população a odores fortes			x
		Risco de contaminação/poluição das águas fluviáteis	x	x	x
		Risco de contaminação/poluição do solo	x	x	x
		Surgimento de possíveis vetores de doenças			x
		Desvalorização imobiliária da área do entorno			x
		Alterações na fauna		x	
Alterações na flora		x			

		Alteração da capacidade do recurso hídrico de autodepuração	x		x
Qualidade das águas superficiais do rio	Ausência do monitoramento da qualidade das águas superficiais	Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	x	x	x
		Risco de contaminação/poluição das águas fluviais	x	x	x
		Aumento nos custos no tratamento de água para abastecimento público			x
		Aumento da incidência e disseminação de doenças de veiculação hídrica			x
		Alterações na fauna		x	
		Alterações na flora		x	
Operação e manutenção do sistema de esgotamento sanitário	Ausência do funcionamento do sistema de esgotamento sanitário	Sobrecarga na demanda por serviços de saneamento básico			x
		Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	x	x	x
		Mudanças no aspecto paisagístico do local	x		x
		Exposição da população a odores fortes			x
		Risco de contaminação/poluição das águas fluviais	x	x	x
		Risco de contaminação/poluição do solo	x	x	x
		Surgimento de possíveis vetores de doenças			x
		Desvalorização imobiliária da área do entorno			x
		Alterações na fauna		x	
		Alterações na flora		x	
		Alteração da capacidade do recurso hídrico de autodepuração	x		x
Remoção da vegetação	Exposição do solo	Alteração da qualidade do solo	x		x

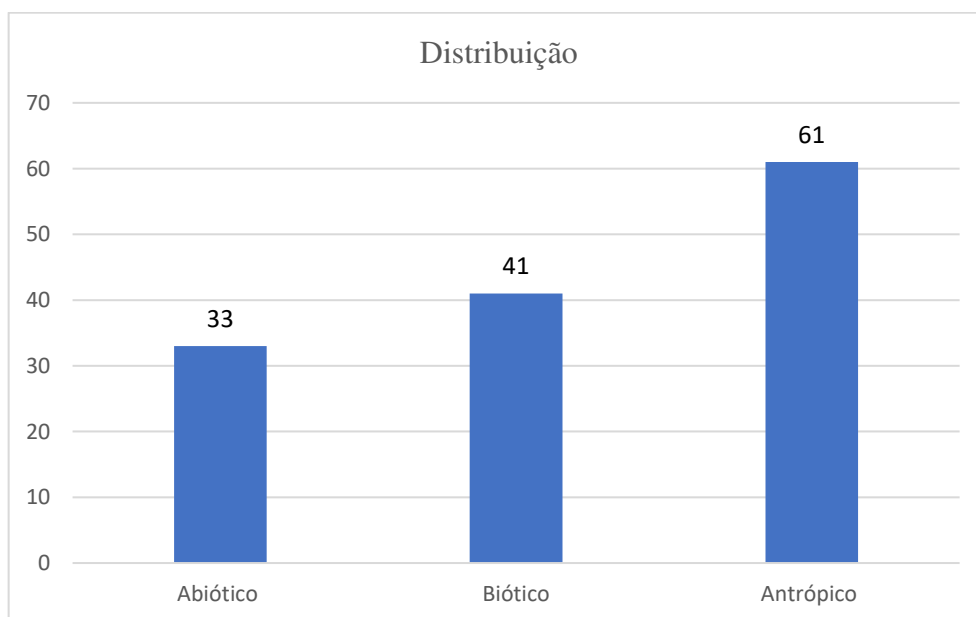


		Aceleração dos processos erosivos	x		x
		Alterações na fauna		x	
		Alterações na flora		x	
		Mudanças no aspecto paisagístico do local	x	x	x

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

De acordo com o Quadro 5, constatou-se a identificação de 135 impactos ambientais adversos, em que o meio mais alterado foi o antrópico. No Gráfico 2 apresenta-se a distribuição dos impactos ambientais identificados nos meios abiótico, biótico e antrópico.

Gráfico 2. Distribuição dos impactos ambientais identificados nos meios abiótico, biótico e antrópico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

#### 5.4 CLASSIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

Apresenta-se, no Quadro 6 a classificação dos impactos ambientais identificados na área de estudo.

Quadro 6: Matriz de classificação dos impactos ambientais identificados na área de estudo.

<b>Atividades</b>	<b>Impactos ambientais</b>	<b>Tipo de impacto</b>	<b>Área de abrangência</b>	<b>Duração</b>	<b>Reversibilidade</b>	<b>Potencial de mitigação</b>
Efluentes domésticos	Sobrecarga na demanda por serviços de saneamento básico	D	L	Pr	Rv	Mi
	Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	D	R	Pr	Rv	Mi
	Mudanças no aspecto paisagístico do local	D	L	C	Rv	Mi
	Exposição da população a odores fortes	D	L	C	Rv	Mi
	Risco de contaminação/poluição das águas fluviais	D	R	Pr	Rv	Mi
	Risco de contaminação/poluição do solo	I	L	Pr	Rv	Mi
	Surgimento de possíveis vetores de doenças	I	L	T	Rv	Mi
	Desvalorização imobiliária da área do entorno	I	R	Pr	Rv	Mi
	Alterações na fauna	D	R e L	Pr	Rv	Mi
	Alterações na flora	D	R e L	Pr	Rv	Mi
	Alteração da capacidade do recurso hídrico de autodepuração	I	R	C	Rv	Mi
Efluentes industriais	Sobrecarga na demanda por serviços de saneamento básico	D	L	Pr	Rv	Mi
	Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	D	R	Pr	Rv	Mi
	Mudanças no aspecto paisagístico do local	D	L	C	Rv	Mi
	Exposição da população a odores fortes	D	L	C	Rv	Mi
	Risco de contaminação/poluição das águas	D	R	Pr	Rv	Mi

	fluviais					
	Risco de contaminação/poluição do solo	I	L	Pr	Rv	Mi
	Surgimento de possíveis vetores de doenças	I	L	T	Rv	Mi
	Desvalorização imobiliária da área do entorno	I	R	Pr	Rv	Mi
	Alterações na fauna	D	R e L	Pr	Rv	Mi
	Alterações na flora	D	R e L	Pr	Rv	Mi
	Alteração da capacidade do recurso hídrico de autodepuração	I	R	C	Rv	Mi
Atividades agropecuárias ribeirinhas	Mudanças no aspecto paisagístico do local	D	L	Pr	Rv	Mi
	Alterações na flora	D	L	Pr	Rv	Mi
	Alterações na fauna	D	R e L	Pr	Rv	Mi
	Desvalorização imobiliária da área do entorno	I	L	T	Rv	Mi
	Risco de contaminação/poluição do solo	D	L	Pr	Rv	Mi
	Risco de contaminação/poluição das águas fluviais	D	R	Pr	Rv	Mi
	Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	D	R	Pr	Rv	Mi
	Surgimento de possíveis vetores de doenças	I	L	T	Rv	Mi
	Perda de solos agricultáveis	I	L	Pr	Rv	Mi
Utilização de fossas negras/sépticas	Risco de contaminação/poluição do solo	I	L	Pr	Ir	Nm
	Contaminação do lençol freático	I	R e L	Pr	Ir	Nm
Uso inadequado do sistema de drenagem pluvial	Aumento dos riscos de alagamentos e inundações	I	L	T	Rv	Mi
	Risco de contaminação/poluição das águas fluviais	D	R	T	Rv	Mi
	Desvalorização imobiliária da área do entorno	I	L	T	Rv	Mi
	Risco de contaminação/poluição do solo	I	L	Pr	Rv	Mi
	Surgimento de possíveis vetores de	I	L	T	Rv	Mi

	doenças					
	Exposição da população a odores fortes	D	L	C	Rv	Mi
Intensificação da urbanização desordenada	Risco de contaminação/ poluição das águas fluviais	D	R	Pr	Rv	Mi
	Risco de contaminação/ poluição do solo	I	R	Pr	Rv	Mi
	Desvalorização imobiliária da área do entorno	I	L	T	Rv	Mi
	Alteração na qualidade de vida da população	D	R	Pr	Rv	Mi
	Sobrecarga na demanda por serviços de saneamento básico	D	L	Pr	Rv	Mi
	Qualidade dos efluentes	Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	D	R	Pr	Rv
	Contaminação do lençol freático	D	L	Pr	Rv	Mi
	Exposição da população a odores fortes	D	L	C	Rv	Mi
	Risco de contaminação/ poluição das águas fluviais	D	R	Pr	Rv	Mi
	Risco de contaminação/ poluição do solo	I	L	Pr	Rv	Mi
	Surgimento de possíveis vetores de doenças	I	L	T	Rv	Mi
	Alterações na fauna	I	R e L	C	Rv	Mi
	Alterações na flora	I	R e L	C	Rv	Mi
	Alteração da capacidade do recurso hídrico de autodepuração	I	R	C	Rv	Mi
Qualidade das águas superficiais do rio	Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	D	R	C	Rv	Mi
	Aumento nos custos no tratamento de água para abastecimento público	D	L	Pr	Rv	Mi
	Aumento da incidência e disseminação de doenças de veiculação hídrica	I	R	Pr	Rv	Mi

	Alterações na fauna	D	R e L	T	Rv	Mi
	Alterações na flora	D	R e L	T	Rv	Mi
Operação e manutenção do sistema de esgotamento sanitário	Alteração da capacidade do recurso hídrico de autodepuração	I	R	T	Rv	Mi
	Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	D	R e L	Pr	Rv	Mi
	Mudanças no aspecto paisagístico do local	D	L	Pr	Ir	Nm
	Exposição da população a odores fortes	D	L	Pr e C	Rv	Mi
	Risco de contaminação/poluição das águas fluviais	D	R e L	Pr	Rv	Mi
	Risco de contaminação/poluição do solo	D	L	Pr	Ir	Nm
	Surgimento de possíveis vetores de doenças	I	L	Pr	Rv	Mi
	Desvalorização imobiliária da área do entorno	I	L	Pr	Rv	Mi
	Alterações na fauna	D	L	Pr	Rv	Mi
	Alterações na flora	D	L	Pr	Rv	Mi
Remoção da vegetação	Alteração da qualidade do solo	D	L	Pr	Rv	Mi
	Aceleração dos processos erosivos	I	L	C	Rv	Mi
	Alterações na fauna	D	L	Pr	Rv	Mi
	Alterações na flora	D	L	Pr	Rv	Mi
	Mudanças no aspecto paisagístico do local	I	L	Pr	Rv	Mi

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Conforme o Quadro 6, os impactos diretos foram classificados em 43 e, os indiretos em 30. Quanto a sua área de abrangência, apresentaram 52 locais e, 32 regionais. Em relação a duração eles foram classificados em 47 permanentes, 13 temporários e, 14 cíclicos. No tocante a sua reversibilidade, teve a sua classificação em 69 impactos reversíveis e, 4

irreversíveis. Em referência ao potencial de mitigação, eles foram classificados em 69 mitigáveis e, 4 não mitigáveis.

### 5.5 SELEÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS

Os impactos ambientais foram classificados de acordo com a sua magnitude e importância, sendo “muito significativos”, “significativos” e, “não significativos” conforme disposto no Quadro 7.

Quadro 7. Determinação da significância dos impactos ambientais adversos identificados na área de estudo.

<b>Atividades</b>	<b>Impacto ambiental</b>	<b>Importância</b>	<b>Magnitude</b>	<b>Significância</b>
Efluentes domésticos	Sobrecarga na demanda por serviços de saneamento básico	M	M	S
	Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	G	M	MS
	Mudanças no aspecto paisagístico do local	M	P	PS
	Exposição da população a odores fortes	M	M	S
	Risco de contaminação/ poluição das águas fluviais	G	M	MS
	Risco de contaminação/ poluição do solo	M	M	S
	Surgimento de possíveis vetores de doenças	M	P	PS
	Desvalorização imobiliária da área do entorno	P	M	PS
	Alterações na fauna	G	M	MS
	Alterações na flora	G	M	MS
	Alteração da capacidade do recurso hídrico de autodepuração	M	M	S
Efluentes industriais	Sobrecarga na demanda por serviços de saneamento básico	M	M	S
	Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	G	M	MS
	Mudanças no aspecto paisagístico do local	M	P	PS
	Exposição da população a odores fortes	M	M	S
	Risco de contaminação/ poluição das águas fluviais	G	M	MS

	Risco de contaminação/ poluição do solo	M	M	S
	Surgimento de possíveis vetores de doenças	M	P	PS
	Desvalorização imobiliária da área do entorno	P	M	PS
	Alterações na fauna	G	M	MS
	Alterações na flora	G	M	MS
	Alteração da capacidade do recurso hídrico de autodepuração	M	M	S
Atividades agropecuárias ribeirinhas	Mudanças no aspecto paisagístico do local	M	M	S
	Alterações na flora	G	M	MS
	Alterações na fauna	G	M	MS
	Desvalorização imobiliária da área do entorno	P	M	PS
	Risco de contaminação/ poluição do solo	G	M	MS
	Risco de contaminação/ poluição das águas fluviais	G	G	MS
	Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	G	M	MS
	Surgimento de possíveis vetores de doenças	M	P	PS
	Perda de solos agricultáveis	M	M	S
Utilização de fossas negras/ sépticas	Risco de contaminação/ poluição do solo	M	M	S
	Contaminação do lençol freático	M	M	S
Uso inadequado do sistema de drenagem pluvial	Aumento dos riscos de alagamentos e inundações	G	M	MS
	Risco de contaminação/ poluição das águas fluviais	G	G	MS
	Desvalorização imobiliária da área do entorno	P	M	PS
	Risco de contaminação/ poluição do solo	M	M	S
	Surgimento de possíveis vetores de doenças	M	P	PS
	Exposição da população a odores fortes	M	M	S
Intensificação da urbanização desordenada	Risco de contaminação/ poluição das águas fluviais	G	G	MS
	Risco de contaminação/ poluição do solo	G	M	MS
	Desvalorização imobiliária da área do entorno	P	M	PS
	Alteração na qualidade de vida da população	G	G	MS
	Sobrecarga na demanda por serviços de saneamento básico	G	M	MS
Qualidade dos efluentes	Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	G	G	MS
	Contaminação do lençol freático	G	M	MS
	Exposição da população a odores fortes	M	M	S
	Risco de contaminação/ poluição das águas fluviais	G	G	MS

	Risco de contaminação/ poluição do solo	M	M	S
	Surgimento de possíveis vetores de doenças	M	P	PS
	Alterações na fauna	M	M	S
	Alterações na flora	M	M	S
	Alteração da capacidade do recurso hídrico de autodepuração	M	M	S
Qualidade das águas superficiais do rio	Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	G	M	MS
	Aumento nos custos no tratamento de água para abastecimento público	M	M	S
	Aumento da incidência e disseminação de doenças de veiculação hídrica	G	G	MS
	Alterações na fauna	G	M	MS
	Alterações na flora	G	M	MS
Operação e manutenção do sistema de esgotamento sanitário	Alteração da capacidade do recurso hídrico de autodepuração	G	M	MS
	Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	G	G	MS
	Mudanças no aspecto paisagístico do local	M	M	S
	Exposição da população a odores fortes	M	M	S
	Risco de contaminação/ poluição das águas fluviais	G	G	MS
	Risco de contaminação/ poluição do solo	G	M	MS
	Surgimento de possíveis vetores de doenças	M	M	S
	Desvalorização imobiliária da área do entorno	P	M	PS
	Alterações na fauna	M	M	S
	Alterações na flora	M	M	S
Remoção da vegetação	Alteração da qualidade do solo	G	G	MS
	Aceleração dos processos erosivos	M	M	S
	Alterações na fauna	M	M	S
	Alterações na flora	G	M	MS
	Mudanças no aspecto paisagístico do local	M	M	S

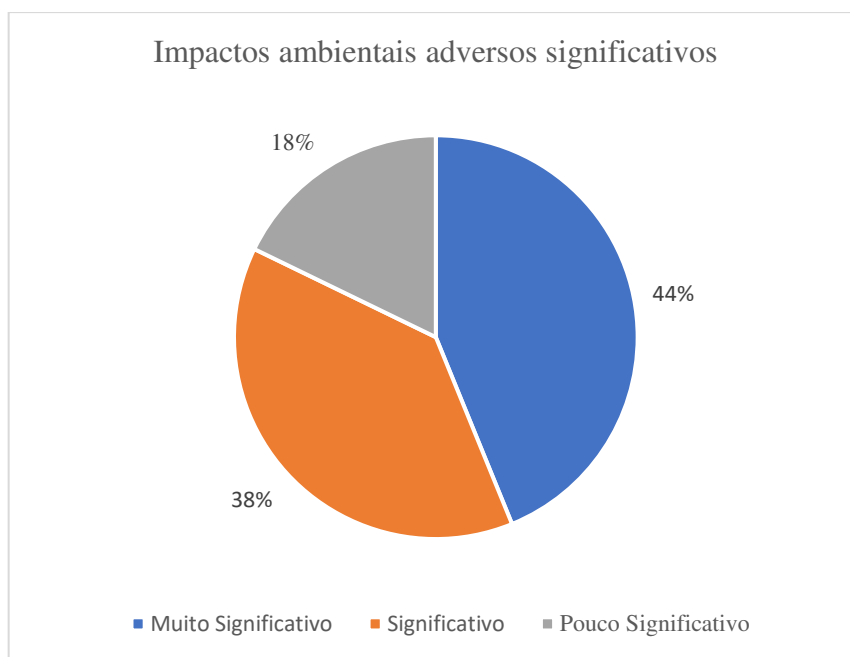
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Dentre os impactos ambientais adversos, 32 foram classificados como “muito significativos”, 28 como “significativos” e 13 como “poucos significativos”.



Apresenta-se no Gráfico 3 os resultados da classificação de acordo com a significância dos impactos ambientais adversos.

Gráfico 3. Impactos ambientais adversos significativos identificados na área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Percebe-se, de acordo com o Gráfico 3, que 44% dos impactos ambientais adversos identificados foram considerados como “muito significativos”, seguido dos impactos “significativos” com 38%.

## 5.6 PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL

As medidas de controle ambiental propostas, a partir do diagnóstico ambiental, para os impactos ambientais que apresentaram níveis de significância “significativos” e “muito significativos”, foram as medidas mitigadoras preventivas, corretivas e, as medidas compensatórias.

No Quadro 8, apresenta-se as medidas de controle ambiental para os impactos negativos identificados na área de estudo:

Quadro 8. Medidas de controle ambiental propostas para os impactos negativos identificados na área de estudo.

<b>Impactos ambientais adversos</b>	<b>Tipo da medida</b>	<b>Medidas de controle ambiental</b>
Sobrecarga na demanda por serviços de saneamento básico	Mitigadora preventiva	Monitoramento dos resíduos líquidos gerados, desde sua origem até a sua destinação final, evitando a sua disposição em locais inadequados; Ampliação da oferta de serviços de saneamento básico;
Alterações na qualidade da água do corpo hídrico fluvial	Mitigadora preventiva	Instalação de pontos de monitoramento da qualidade das águas do rio Piancó; Monitoramento da qualidade das águas superficiais conforme a Resolução CONAMA n. 396/08; Implantação, operação e manutenção da ETE; Implantação e execução do Programa Monitoramento dos Recursos Hídricos; Monitoramento da Eficiência da ETE.
Exposição da população a odores fortes	Mitigadora preventiva	Destinação adequada dos efluentes; Inspeção de rotina no sistema de drenagem pluvial; Monitoramento da qualidade dos efluentes; Implantação de dispositivos ou equipamentos para controle dos odores da ETE; Monitoramento da Eficiência da ETE.
Risco de contaminação/ poluição das águas fluviais	Mitigadora preventiva; corretiva	Elaboração e implantação de um Plano de Recuperação e Conservação dos Recursos Hídricos do rio Piancó; Realização de manutenções periódicas na ETE, de forma a manter as condições e padrões previstas na Resolução CONAMA n. 357/05 e Resolução CONAMA n. 430/2011; Monitoramento da qualidade das águas superficiais conforme a Resolução CONAMA n. 396/08.
Risco de contaminação/ poluição do solo	Mitigadora preventiva; corretiva; medida compensatória	Controle da erosão e estabilização do solo; Monitoramento dos efluentes gerados, desde sua origem até a sua destinação final, evitando a sua disposição em locais inadequados; Disposição adequada, em áreas específicas, dos efluentes e produtos químicos resultantes das atividades agropecuárias; Implantação de Programas de Controle e Monitoramento de Processos Erosivos; utilização de mecanismos de fiscalização e ordenamento territorial municipal, coibindo a ocupação irregular de áreas de risco

Alterações na fauna	Mitigadora preventiva; corretiva	Realizar o monitoramento da fauna aquática; Implantação de Programa de Educação Ambiental; Implantação de Programa De Monitoramento da Fauna e, do Programa de Monitoramento das Comunidades Aquáticas; Promover ações de preservação da fauna local; Monitoramento da qualidade das águas superficiais e dos efluentes conforme a Resolução CONAMA n. 396/08 e, Resolução CONAMA n. 430/2011; Disposição adequada dos efluentes e produtos químicos resultantes das atividades agropecuárias.
Alterações na flora	Mitigadora preventiva; corretiva	Realizar o monitoramento da flora local; Implantação de Programa de Educação Ambiental; Implantação de Programa De Monitoramento da Flora; Promover ações de preservação da flora local; Monitoramento da qualidade das águas superficiais e dos efluentes conforme a Resolução CONAMA n. 396/08 e, Resolução CONAMA n. 430/2011; Disposição adequada dos efluentes e produtos químicos resultantes das atividades agropecuárias; elaboração de uma estratégia de restauração das áreas através da regeneração natural com manejo; Recuperação da mata ciliar
Alteração da capacidade do recurso hídrico de autodepuração	Mitigadora preventiva; corretiva	Monitoramento limnológico do rio Piancó; Monitoramento da qualidade das águas superficiais conforme a Resolução CONAMA n. 396/08; Implantação e execução do Programa Monitoramento dos Recursos Hídricos; Disposição adequada dos efluentes e produtos químicos resultantes das atividades agropecuárias; Promover a manutenção e limpeza dos cursos d'água e drenagens naturais.
Mudanças no aspecto paisagístico do local	Medida compensatória	Implantação do Programa de Recuperação e Recomposição Paisagística; Recuperação e recomposição paisagística local.
Perda de solos agricultáveis	Mitigadora corretiva	Elaborar e executar o Programa de Recuperação de Áreas Degradadas e de Supressão de Vegetação;
Contaminação do lençol freático	Mitigadora preventiva; corretiva; medida compensatória	Incorporação do Programa de Monitoramento do Lençol Freático; Implantação de uma rede de poços de monitoramento que possibilite o acompanhamento da qualidade das águas subterrâneas; estabelecer um Programa de Gerenciamento de Efluentes; Uso da biorremediação no tratamento de efluentes de solos e lençóis freáticos; Implantação, operação e manutenção do sistema de esgotamento sanitário.

Aumento dos riscos de alagamentos e inundações	Mitigadora preventiva; corretiva	Zoneamento das áreas de risco; Elaboração de um Plano Diretor de Drenagem Urbana; Disposição adequada dos efluentes; Planejamento do uso e ocupação do solo urbano; Controle de erosão do solo; Realização de manutenções preventivas no sistema de drenagem pluvial; ampliação do sistema de drenagem pluvial urbano; utilização de mecanismos de fiscalização e ordenamento territorial municipal, coibindo a ocupação irregular de áreas de risco
Alteração na qualidade de vida da população	Mitigadora preventiva; corretiva	Ampliação da oferta de serviços de saneamento básico; promover o programa de educação ambiental; Disposição adequada dos efluentes; Planejamento do uso e ocupação do solo urbano; Elaboração de um plano diretor; utilização de mecanismos de fiscalização e ordenamento territorial municipal, coibindo a ocupação irregular de áreas de risco
Aumento nos custos no tratamento de água para abastecimento público	Mitigadora preventiva; corretiva	Execução do Programa de monitoramento da qualidade dos efluentes e, do Programa de Monitoramento de Águas Superficiais; realização de ações de Educação Ambiental; Disposição adequada dos efluentes; manutenção adequada dos sistemas de tratamento de efluentes.
Aumento da incidência e disseminação de doenças de veiculação hídrica	Mitigadora preventiva; corretiva	utilização de mecanismos de fiscalização e ordenamento territorial municipal, coibindo a ocupação irregular de áreas de risco; Ampliação da oferta de serviços de saneamento básico; Monitoramento da qualidade das águas superficiais conforme a Resolução CONAMA n. 396/08; Monitoramento da qualidade dos efluentes; Planejamento para prevenir a superlotação pela procura de atendimento ambulatorial
Alteração da qualidade do solo	Mitigadora preventiva; corretiva	Elaborar e executar o Programa de Recuperação de Áreas Degradadas e de Supressão de Vegetação; Controle da erosão e estabilização do solo; Monitoramento dos Efluentes gerados, desde sua origem até a sua destinação final, evitando a sua disposição em locais inadequados; Implantação de Programa de Monitoramento dos Processos Erosivos e Assoreamento;
Aceleração dos processos erosivos	Mitigadora preventiva; corretiva; medida compensatória	Implantação do Programa de Monitoramento dos Processos Erosivos e Assoreamento; Implantação do Programa de Recuperação de Áreas Degradadas; Conservação da cobertura vegetal;

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

## 5.7 PROPOSIÇÃO DE PLANOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS

A adoção de planos e programas ambientais servirá para avaliar a eficácia da aplicação das medidas de controle ambiental propostas, permitindo o controle e o monitoramento adequado dos impactos ambientais sobre os meios abiótico, biótico e antrópico nas áreas de influência do estudo.

#### *Plano de Recuperação e Conservação dos Recursos Hídricos*

O Plano de Recuperação e Conservação dos Recursos Hídricos tem por objetivo revitalizar o rio Piancó, no trecho do município de Pombal-PB, através de ações integradas à recuperação de áreas degradadas ou alteradas, à conservação dos recursos hídricos e, à sua preservação, assegurando o uso racional e sustentável da água, melhorando as condições socioambientais da população urbana e rural.

#### *Programa de Monitoramento e controle dos Processos Erosivos e Assoreamento*

O Programa de Monitoramento dos Processos Erosivos e Assoreamento tem como objetivo monitorar e controlar os processos erosivos e, de assoreamento, causados pela disposição dos efluentes no rio Piancó, na Área Diretamente Afetada, estabelecendo medidas de controle para a estabilização do solo e, executar medidas preventivas e corretivas destinadas ao assoreamento ao longo do curso d'água do rio Piancó.

#### *Programa de Recuperação de Áreas Degradadas e de Supressão de Vegetação*

O programa tem por objetivo definir medidas adequadas à recuperação da área degradada ou alterada, de acordo com as necessidades legais, priorizando à proteção e conservação do solo, fauna, flora e dos recursos hídricos existentes, considerando as variáveis ambientais, sociais e econômicas no processo de recuperação ambiental da área envolvida.

Em relação a supressão da vegetação, o programa deverá executar um projeto de restauração das áreas que foram degradadas através da regeneração natural com manejo, evitando a erosão vertiginosa e, assegurando a conservação dos recursos hídricos.

### *Programa de monitoramento da qualidade dos efluentes*

Este programa tem como objetivo o monitoramento da qualidade dos efluentes, através da avaliação periódica das características físico-químicas e microbiológicas dos efluentes e, da avaliação da eficiência dos níveis de tratamento no sistema de tratamento dos efluentes, permitindo a identificação de eventuais incompatibilidades nos padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA n. 430/11, garantindo o atendimento dos padrões de qualidade dos efluentes.

### *Programa de Monitoramento de Águas Superficiais*

Esse programa permite avaliar e acompanhar a qualidade das águas do rio Piancó, por meio de análises periódicas das características físico-químicas e microbiológicas das águas superficiais, possibilitando a verificação dos padrões de qualidade dispostos na Resolução CONAMA n. 357/05, além de estabelecer os critérios sobre a classificação do rio Piancó para seu enquadramento na legislação vigente.

### *Programa de educação ambiental*

O programa pretende, por meio de processos educativos e da participação social, auxiliar na sensibilização da população sobre as problemáticas ambientais e, na preservação e conservação ambiental, proporcionando conjunturas de prevenção ou mitigação dos impactos ambientais adversos resultantes da disposição inadequada dos efluentes no município de Pombal-PB.

### *Programa de Monitoramento do Lençol Freático*

O Programa de Monitoramento do Lençol Freático objetiva monitorar a qualidade do lençol freático, por meio de poços de monitoramento de água conforme a geologia e hidrogeologia local. Através desses poços será possível avaliar a qualidade das águas subterrâneas nas áreas sujeitas a contaminação/poluição por efluentes.

### *Programa de Gerenciamento de Efluentes*

O Programa de Gerenciamento de Efluentes tem por objetivo prevenir a poluição dos recursos hídricos e, determinar o gerenciamento dos efluentes gerados para o acompanhamento da qualidade das águas do corpo hídrico receptor do rio Piancó. Dessa forma, os efluentes gerados serão monitorados conforme os padrões de qualidades estabelecidos pela Resolução CONAMA n. 430/2011, com procedimentos adequados para a realização de coleta de amostras de efluentes e, de amostras de água do corpo hídrico receptor.

### *Programa de Recuperação e Recomposição Paisagística*

O programa deverá elaborar uma estratégia de restauração das áreas degradadas, após a recuperação do solo, através da regeneração natural com manejo. Esse processo deverá ser introduzido com o levantamento das características das espécies vegetais a serem recuperadas, possibilitando a melhor adequação paisagística das áreas alteradas.

### *Programa Monitoramento dos Recursos Hídricos*

O monitoramento dos recursos hídricos pretende acompanhar as alterações nas características físicas, químicas e microbiológicas das águas, resultantes de atividades antrópicas e, ou de fenômenos naturais. Esse monitoramento permite a identificação dos trechos do rio Piancó onde a qualidade d'água possa estar mais degradada e, o fornecimento de informações para a tomada de decisões relacionadas ao gerenciamento dos recursos hídricos, enquadramento do corpo hídrico, outorga de direito de uso e a fiscalização dos recursos hídricos aos órgãos competentes.

### *Programa de Monitoramento da Flora*

O programa de monitoramento de flora será fundamental para estabelecer a dimensão da ocorrência e da expansão das consequências ambientais referentes à disposição dos efluentes, além da identificação do surgimento e desenvolvimento de espécies vegetais invasoras. A partir do monitoramento será possível identificar o surgimento e desenvolvimento de espécies vegetais invasoras, a ocorrência de espécies protegidas e, implantar ações que possibilitem a mitigação dos impactos ambientais adversos identificados e, a proposição de medidas para a sua preservação e para a recuperação da mata ciliar local.

#### *Programa de Monitoramento da Fauna*

O programa de monitoramento da fauna objetiva monitorar e acompanhar os impactos ambientais sobre a fauna local, caracterizando as condições ambientais e, as alterações das espécies faunísticas causadas pela disposição dos efluentes. A partir do programa, será possível propor medidas de mitigação sobre os impactos na fauna, além de permitir o desenvolvimento de ações efetivas de manejo e conservação da fauna.

#### *Programa de Monitoramento das Comunidades Aquáticas*

O programa permitirá o monitoramento e a avaliação dos efeitos dos impactos adversos nas comunidades aquáticas, resultantes da disposição dos efluentes na ADA, ADI e AII. A partir do monitoramento das comunidades aquáticas, será possível propor ações de manejo e conservação das comunidades aquáticas existentes.

#### *Programa de estímulo ao Reuso de Efluentes Tratados*

O programa tem por objetivo reutilizar as águas residuárias tratadas, que ao invés de serem lançadas no rio Piancó, ela será utilizada pelos agricultores ribeirinhos para a irrigação nos períodos de estiagem, considerando as questões ambientais, econômicas, sociais e de saúde pública.



## 6 CONCLUSÕES

A disposição inadequada dos efluentes no corpo hídrico do rio Piancó é proveniente da ausência do funcionamento do esgotamento sanitário e, das ligações clandestinas de efluentes nos sistemas de drenagem pluvial no município. Os tipos de esgotos encontrados na área estudada são de origem doméstica, comercial, industrial, de águas pluviais e, de águas de infiltração.

Existem dois pontos de disposição de efluentes no rio Piancó, sendo que o primeiro ponto de lançamento recebe os efluentes dos bairros Novo Horizonte I e II, Dep. Janduhy Carneiro, Carvalhada, Cícero Gregório, Pereiros, Dep. Francisco Pereira, Petrópolis I e II e, Centro. O segundo ponto de lançamento recebe os efluentes dos bairros Dep. Adauto Pereira Vieira, Francisco Paulino, Boa Esperança, Jardim Rogério, Senador Ruy Carneiro, Dep. Levi Olímpio, Santa Rosa, Nova Vida I, II e III, Altiplano e, de um novo loteamento, tendo em vista que esse loteamento já dispõe de imóveis com ocupação.

Identificou-se 60 impactos ambientais adversos na área de estudo, sendo 32 classificados como “muito significativos” e 28 como “significativos”, dos quais 56 são mitigáveis e 4 não são mitigáveis.

Os componentes do meio abiótico e antrópico foram os mais alterados pela disposição dos efluentes no rio Piancó, principalmente os componentes ambientais referentes ao fator econômico, o uso da água, do solo e dos recursos hídricos.

As medidas de controle ambiental propostas foram: medidas mitigadoras preventivas, corretivas e, as medidas compensatórias. Essas medidas permitem atenuar e compensar os impactos adversos, atendendo às diretrizes da legislação ambiental.

Os planos e programas ambientais servirá para avaliar a eficácia da aplicação das medidas de controle ambiental propostas, permitindo o controle e o monitoramento adequado dos impactos ambientais sobre os meios abiótico, biótico e antrópico nas áreas de influência do estudo.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9648. **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário** – Procedimento, Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001. **Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientação para uso**. Rio de Janeiro. ABNT, 2015.
- AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Gestão das águas**. 2005.
- AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Piranhas-Açu: Apresentação**. 2017.
- AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Caracterização das bacias hidrográficas**. 2016.
- ANA - Agência Nacional de Águas – ANA (Brasil). **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu** / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2016.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas** / Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. - Brasília: ANA, 2017d.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada** / Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2017.
- ANA - Agência Nacional de Águas -ANA (Brasil). **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu: resumo executivo**/ Agência Nacional de Águas. – Brasília: ANA, 2018.
- ANA - Agência Nacional do Águas (Brasil). **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu: resumo executivo** / Agência Nacional de Águas. – Brasília: ANA, 2018.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Água na indústria: uso e coeficientes técnicos** / Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2017b.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional**/ Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobrape. — Brasília: ANA: Engecorps/ Cobrape, 2010.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas esgotos: Despoluição das Bacias Hidrográficas**/ Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. - Brasília: ANA, 2017.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada** / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2017c.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil** / Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2019.
- APPA – Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) – Obras de ampliação e modernização da estrutura portuária da administração dos Portos de Paranaguá e Antonina**. Paraná, vol. 1, 2004.

AZENHA, Aurélia Flores. **Estudo sobre o Uso e Ocupação do Solo: Incompatibilidade ambiental de convivência entre uma atividade industrial e um loteamento residencial.** 2017.

BACCI, Denise de La Corte; PATACA, Ermelinda Moutinho. **Educação para a água.** Estudos avançados, 22 (63), 2008.

BARROS, Adrienne Teixeira. **Caracterização físico-química e biológica da água e dos solos das margens do rio Piancó, PB.** Tese de doutorado. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande, 2015.

BASSO, Luis Alberto; VERDUM, Roberto. Avaliação de Impacto Ambiental: Eia e Rima como instrumentos técnicos e de gestão ambiental. *In:* VERDUM, R.; MEDEIROS, R.M.V. (org.) **Relatório de impacto ambiental: legislação, elaboração e resultados.** Porto Alegre: Editora da Universidade UFRGS, 2006.

BOLEA, T. **Evaluación dei impacto ambiental.** Madrid, Mapfre, 1984.

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 9, de 6 de dezembro de 1990.** *Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classes I, III a IX.* Publicada no DOU, de 28 de dezembro de 1990.

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 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, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.* Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89. 2011.

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986.** *Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA.* Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 1986.

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005.** *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.* 2005.

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 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, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.* Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89. 2011.

BRASIL. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 001, de 23 de janeiro de 1986.** Publicado no D.O.U de 17/02/1986. 1986.

BRASIL. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 237, de 19 de dezembro de 1997.** 1997.

BRASIL. ELETROBRÁS - Centrais Elétricas Brasileiras. **Relatório de Impacto Ambiental: Aproveitamento hidrelétrico de Belo Monte.** Ministério de Minas e Energia. 2009.

BRASIL. IBGE - Conselho Nacional de Estatística. **Pombal-PB.** Coleção de Monografias – n. 342, 2ª edição, 1966.

BRASIL. **Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001.** *Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.* 2001.

BRASIL. **Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** *Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978.* 2007.

BRASIL. **Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020.** *Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrôpole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados.* 2020.

BRASIL. **Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981.** *Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.* 1981.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** *Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.* 1997.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.** *Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.* 1998.

BRASIL. MIN - Ministério da Integração Nacional. **Programa de educação ambiental.** Projeto de integração do rio São Francisco. 2012.

BRASIL. MIN - Ministério das Cidades. **Gasto Público em Saneamento Básico: Relatório de Aplicações do Governo Federal e Fundos Financiadores – 2016.** Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS: **24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018.** Brasília: SNS/MDR, 2019.

BRASIL. PETROBRAS - Petróleo Brasileiro. **Estudo de Impactos Ambientais (EIA/RIMA): Projetos Integrados de Produção e Escoamento de Petróleo de Gás Natural no Polo Pré-Sal, Bacia de Santos.** Rio de Janeiro: ICF international, 2010.

BRITO, Annanery de Oliveira. **Estudos da erosão no meio ambiente urbano, visando planejamento e controle ambiental no Distrito Federal.** Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

BURSZTYN, Marcel; AUGUSTA BURSZTYN, Maria. **Fundamentos de política e gestão ambiental: os caminhos do desenvolvimento sustentável /** Marcel Bursztyn, Maria Augusta Bursztyn. – Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

CÁNEPA, Eugênio Miguel; PEREIRA, Jaildo Santos; LANNA, Antonio Eduardo. Água e economia. In: BICUDO, C.E.de M.; TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B., orgs.

**Águas do Brasil: análises estratégicas** / Carlos E. de M. Bicudo; José G. Tundisi; Marcos C. Barnsley Scheuenstuhl – São Paulo, Instituto de Botânica, 2010.

CARVALHO, Ismar de Souza; LEONARDI, Giuseppe. **Geologia das Bacias de Pombal, Sousa, Uiraúna-Brejo das Freiras e Vertentes (Nordeste do Brasil)**. Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro-RJ. Vol. 64, n. 3, 1992.

CASTRO, Monik Begname; VILLELA, Livia Maria Alvarenga; LAUDARES, Sarita Soraia de Alcântara; MORAIS FILHO, Luiz Otávio; OLIVEIRA, Áthila Leandro; BARROS, Dalmo Arantes de BARROS; BARBODA, Ana Carolina Maioli Campos BARBOSA; BORGES, Luís Antônio Coimbra BORGES. Metodologias para Avaliação de Impactos Ambientais. In: **XII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas**. Minas Gerais, 2015.

CBHPPA-Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu. **A Bacia**. Caicó-RN, 2011.

CBHPPA-Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu. **A Bacia**. Caicó-RN, 2011.

COSTA, M.V.; CHAVES, P.S.V; OLIVEIRA, F.C. Uso das Técnicas de Avaliação de Impacto Ambiental em Estudos Realizados no Ceará. In: **XXVIII Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação**. Rio de Janeiro, 2005.

COSTA, Silvano Silvério da; BANDINI, Marcos Pellegrini; ZANARDI JÚNIOR, Volney; OLIVEIRA, Lucia Regina Moreira. O licenciamento ambiental e os serviços de saneamento. In: BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS) Conceitos, características e interfaces dos serviços públicos de saneamento básico** / coord. Berenice de Souza Cordeiro. – Brasília: Editora, 2009.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico do município de Pombal, estado da Paraíba/ Organizado [por] João de Castro Mascarenhas; Breno Augusto Beltrão; Luiz Carlos de Souza Junior; Franklin de Moraes; Vanildo Almeida Mendes; Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a inundações e movimentos de massa: Pombal-PB**. 2015.

**Curso de gestão ambiental**. 2 ed. atual. e ampl., Barueri, SP: Manole, 2014.

DER - Departamento de Estradas de Rodagem. **Planos e Programas propostos para a gestão ambiental das obras de Melhoria e Duplicação da SP-270**. São Paulo, 2015.

DERANI, Cristiane. **Direito ambiental econômico**. 2.ed. São Paulo: Max Limonad, 2001.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Relatório de Impacto Ambiental das obras de duplicação da rodovia BR 290/RS, segmento km 112,3 – km 228,0**. Brasília, 2009.

DYLLICK, Thomas B.; GILGEN, Herren Paul; HÄFLIGER, Beat; WASMER, René. **Guia da Série de Normas ISO 14001: Sistemas de Gestão Ambiental**. Blumenau: Edifurb, 2000.

ELIAZAR CREMONEZ, Filipe; ANDRÉ CREMONEZ, Paulo; FEROLDI, Michael; CAMARGO, Mariele Pasuch; KLAJN, Felipe Fernandes; FEIDEN, Armin. **Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil**. Revista Monografias Ambientais – REMOA, v.13, n.5, dez. 2014.

- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos/** Humberto Gonçalves dos Santos [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- EMBRAPA. **Preservação e uso da Caatinga/** Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Semiárido. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.
- FEDRA, Kurt; WINKELBAUER, Lothar; PANTULU, Vedurumudi R. **Expert systems for environmental screening.** An application in the lower Mekong basin. 1991.
- FINUCCI, Marcelo. **Metodologias utilizadas na avaliação do impacto ambiental para liberação comercial do plantio de transgênicos: uma contribuição ao estado da arte no Brasil.** 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. 2010.
- FOGLIATTI, Maria Cristina; FILIPPO, Sandro; GOUDARD, Beatriz. **Avaliação de impactos ambientais: aplicação aos sistemas de transporte/** Maria Cristina Fogliatti, Sandro Filippo, Beatriz Goudard. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.
- FOLEGATTI, Marcos V.; ROMÁN, Rodrigo M. Sánchez; COELHO, Rubens D.; FRIZZONE, José A. Gestão dos recursos hídricos e agricultura irrigada no Brasil. *In:* BICUDO, C.E.de M.; TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B. , orgs. **Águas do Brasil: análises estratégicas /** Carlos E. de M. Bicudo; José G. Tundisi; Marcos C. Barnsley Scheuenstuhl – São Paulo, Instituto de Botânica, 2010.
- GOTTI, Isabella Alice. **Gestão ambiental/** Isabella Alice Gotti, Ana Cláudia Oliveira de Souza. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.
- GROS M; PETROVIC H; BARCELÓ D. **Development of a multi-residue analytical methodology based on liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) for screening and trace level determination of pharmaceuticals in surface and wastewaters.** Talanta. Nov 15;70(4):678-90, 2006.
- GUIMARÃES, José Iveraldo. **Avaliação e análise de impactos ambientais/** José Iveraldo Guimarães; edição e revisão do Instituto Tecnológico Brasileiro (ITB). – Natal, RN: 2014.
- HELLER, Léo. Abastecimento de água, sociedade e ambiente. *In:* **Abastecimento de água para consumo humano.** Léo Heller, Valter Lúcio de Pádua (organizadores). – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.
- HIDALGO, Shirley Johanna Criollo. **Mudança da paisagem gerada pela expansão urbana, Zona Norte da cidade de Boa Vista-RR.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2017.
- IAP – Instituto Ambiental do Paraná. **RIMA: Relatório de Impacto Ambiental.** Londrina, Paraná. 2012.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010.** Paraíba: Pombal. IBGE, 2016.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2000: Características da população e dos domicílios.** Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro, RJ. 2001.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2011: Características da população e dos domicílios.** Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro, RJ. 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias: 2017** / IBGE, Coordenação de Geografia. - Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008** (PNSB). Rio de Janeiro, 2010.

IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Análise de Impactos Ambientais e Medidas Mitigadoras**. EIA – Estudo de Impacto Ambiental do Projeto de Implantação da Central de Tratamento de Resíduos – TERRAMAR. Espírito Santo, 2009.

IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Relatório de Controle Ambiental (RCA) da Linha de Transmissão 230 KV - SE Linhares 2 - SE São Mateus 2 e Subestação 230/138-13,8 KV São Mateus 2**. Econservation. Espírito Santo, 2017.

Jjemba, P. K. **Excretion and ecotoxicity of pharmaceutical and personal care products in the environment**. *Ecotoxicol Environ Saf*. Jan;63(1):113-30. 2006.

JORDÃO, Eduardo P.; PESSÔA, Constantino A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7ª Edição. Rio de Janeiro: ABES, 2014.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6º Ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; SANTOS, Ana Silvia Pereira. **O tratamento de esgotos e a crise hídrica no Brasil**. ABES. 2015.

KYUNG KIM, Jovem; YOO, Keunje; SUNG KIM, Min; HAN, Il; LEE, Minjoo; KANG, Bo Ram; KWON LEE, Tae; PARK, Joonhong. **A capacidade das estações de tratamento de águas residuais conduz a estrutura da comunidade bacteriana e sua montagem**. *Scientific Reports* 9, 2019.

LA ROVERE, Emilio Lèbre. **Instrumentos de planejamento e gestão ambiental para a Amazônia, cerrado e pantanal: demandas e propostas: metodologia de avaliação de impacto ambiental** / Emilio Lèbre La Rovere. Brasília: Ed. IBAMA, 2001.

LEOPOLD, Luna B.; CLARKE, Frank E.; HANSHAW, Bruce B.; BALSKEY, James R. **A procedure for Evaluating Environmental Impact**. Washington: U. S. Geological Survey, 1971.

LOHANI, B., J.W. Evans, H. Ludwig, R.R. Everitt, Richard A. Carpenter, and S.L. Tu. 1997. **Environmental Impact Assessment for Developing Countries in Asia**. Vol. 1 - Overview. 1997.

MA/EPE-SUDENE/DRN. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado da Paraíba/ interpretação para uso agrícola dos solos do estado da Paraíba**. Convênio de mapeamento de solos - MA/EPE-SUDENE/DRN: Convênio MA/CONTAP/USAID/BRASIL. Rio De Janeiro, 1972.

MARTINS, Eduardo Sávio P. R.; BURTE, Julien; VIEIRA, Robson Franklin; REIS JUNIOR, Dirceu Silveira. **As águas do Nordeste e o balanço hídrico**. In: **A Questão da Água no Nordeste** / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas. Brasília, DF: CGEE, 2012.

MATOS, Jackson Conceição. **Tratamento de esgoto sanitário**. Manaus, 2010.

MECHI, Andréa; SANCHES, Djalma Luiz. **Impactos ambientais da mineração no estado de São Paulo**. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010.

- MEDEIROS, Roselice Duarte. **Proposta metodológica para Avaliação de Impacto Ambiental aplicada a projetos de usinas eólio-elétricas**. Dissertação de Mestrado – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2010.
- MEDEIROS, Vladimir Cruz de. **Geologia e Recursos Minerais da Folha Sousa SB.24-Z-A. Escala 1:250.000. Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará.** / Vladimir Cruz de Medeiros [et al.]. - Recife: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2008.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Dinâmica populacional e a agenda ambiental brasileira: distribuição espacial, desastres naturais e políticas de adaptação/** George Martine, Ricardo Ojima e Eduardo Marandola Jr]. Brasília: UNFPA-Fundo de População das Nações Unidas, 2015.
- MORAES, Ciro Dandolini; D´AQUINO, Carla de Abreu. Avaliação de Impacto Ambiental: uma revisão da literatura sobre as principais metodologias. *In: 5º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense*, 2016.
- MORGAN, Richard K. **Environmental Impact Assessment**. Dordbrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- MORRIS, Peter; THERIVEL, Riki. **Methods of Environmental Impact Assessment: the natural and built environmental**. Edited by Peter Morris and Riki Therivel. series 3. European Union countries, 2009.
- NASCIMENTO, Jose Antonio Sena do. Manejo de águas pluviais. *In: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Atlas de saneamento 2011*. Rio de Janeiro, RJ. 2011.
- NUNES, José Alves. **Tratamento Físico-Químico de Águas Residuárias Industriais**. 5ª edição revista e ampliada, Aracaju: Info Graphics, 2008.
- ODNE - Observatório do Desenvolvimento do Nordeste. **Saneamento Básico**. Boletim Temático Ambiental. SUDENE, 2017.
- PARAÍBA. AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Geomorfologia do estado da Paraíba**. 2016.
- PARAÍBA. CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. **Relatório da Administração e de Sustentabilidade – 2017**. Secretária de Estado da Infraestrutura, dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia – SEIRHMACT. João Pessoa, 2018.
- PARAÍBA. CGU - Controladoria Regional da União no Estado da Paraíba. Secretaria Federal de Controle Interno. **Relatório de auditoria n. 201411735**. João Pessoa: Funasa, 2017.
- PARANÁ. IAP – Instituto Ambiental do Paraná. **Relatório Ambiental Simplificado: Central Geradora de Energia São Manoel I**. Paraná, 2014.
- PEPINELLI, Diógenes André Tazawa. **A aplicabilidade do plano de controle ambiental (padrão IAP), sua gestão ambiental em municípios e as barreiras para sua efetividade**. Medianeira-Paraná, 2014.
- PEREIRA, Pedro Silvino; BRITO Andréia Matos. **Controle Ambiental**. Juazeiro do Norte, CE: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2012.
- PHILIPPI JR, Arlindo; MAGLIO, Ivan Carlos. Avaliação de Impacto Ambiental: Diretrizes e Métodos. *In: PHILIPPI JR, Arlindo. Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável/* Arlindo Philippi Jr., editor. – Barueri, SP: Manole, 2005.



PIMENTEL, G; PIRES, S.H. **Metodologias de avaliação de impacto ambiental: aplicações e seus limites**. Rev. Adm. púb., Rio de Janeiro, 26 (1): 56-68, jan./mar.1992.

PLANSAB – **Plano Nacional de Saneamento Básico**. Ministério do Desenvolvimento Regional/ Secretaria Nacional de Saneamento. Brasília, 2019.

POMPÊO, Marcelo Luiz Martins; MOSCHINI, Viviane Carlos. **Macrófitas aquáticas e perifíton, aspectos ecológicos e metodológicos**. São Carlos – SP: RiMa, 2008.

PRADO FILHO, José Francisco; SOUZA, Marcelo Pereira. **O licenciamento ambiental da mineração no quadrilátero ferrífero de Minas Gerais - uma análise da implementação de medidas de controle ambiental formuladas em EIAs/RIMAs**. Revista Engenharia Sanitária Ambiental, Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, p. 343- 349, 2004.

REBOUÇAS, Aldo da C. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez**. Estud. av. vol.11 no.29 - São Paulo Jan./Abr, 1997.

RIBEIRO, Helena. **Estudo de Impacto Ambiental como Instrumento de Planejamento**. In: PHILIPPI JR, Arlindo; ROMÉRO, Marcelo de Andrade; BRUNA, Gilda collet.

RIBEIRO, José Cláudio Junqueira. Licenciamento ambiental: em busca de resultados efetivos. In: BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS) Conceitos, características e interfaces dos serviços públicos de saneamento básico** / coord. Berenice de Souza Cordeiro. – Brasília: Editora, 2009.

RIBEIRO, Luiz Gustavo Gonçalves; ROLIM, Neide Duarte. **Planeta água de quem e para quem: uma análise da água doce como direito fundamental e sua valoração mercadológica**. Revista Direito Ambiental e sociedade, Caxias do Sul – RS, v. 7, n. 1, 2017.

RIGHETTO, A.M.; MOREIRA, L.F.F.; SALES, T.E.A. **Manejo de Águas pluviais**  
Rio de Janeiro: ABES, 2009.

ROCHA, Ednaldo Cândido; CANTO, Juliana Lorensi do; PEREIRA, Pollyanna Cardoso. **Avaliação de Impactos Ambientais nos Países do Mercosul**. Ambiente & Sociedade – vol. VIII n. 2 jul./dez. 2005.

RODRIGUES, Geraldo Stachetti; CAMPANHOLA, Clayton. **Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do Novo Rural**. Pesq. agropec. bras. vol.38 no.4. Brasília, 2003.

RODRIGUES, Meriele Cristina Costa. **Avaliação de Impacto Ambiental – AIA**. Ananás – TO, 2013.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos** / Luis Enrique Sánchez. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SANTOS, André Bezerra dos. **Avaliação técnica de sistemas de tratamento de esgotos**/ André Bezerra dos Santos – Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007.

SANTOS, Isadora Rodrigues dos; AUMOND, Juarês José. **Matriz referência de impactos ambientais para empresas transmissoras de energia elétrica do sul do Brasil**. Rev. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 380-404, out./dez. 2017.

SÃO PAULO (Estado). **EIA-RIMA – Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental: Linha 17 – Ouro – Ligação do Aeroporto de Congonhas à Rede Metroferroviária**. São Paulo, 2010.

- SILVA, Valquiria Brilhador da; CRISPIM, Jefferson de Queiroz. **Um breve relato sobre a questão ambiental**. Revista GEOMAE - Geografia, Meio Ambiente e Ensino. Vol. 02, n° 1, 2011.
- SOBRAL, Maria do Carmo; MORAIS, Maria Manuela; CARVALHO, Renata Maria Caminha. Avaliação Ambiental Estratégica como Instrumento de Gestão de Bacias Hidrográficas. *In*: PHILIPPI JR, Arlindo; ROMÉRO, Marcelo de Andrade; BRUNA, Gilda collet. **Curso de gestão ambiental**. 2ª ed. atual. e ampl., Barueri, SP: Manole, 2014.
- SOUZA, Juliana Rosa de; MORAES, Maria Eugênia Bruck de; SONODA, Sérgio Luiz; SANTOS, Haialla Carolina Rialli Galvão. **A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil**. Revista Eletrônica do Prodepa, v.8, n.1, p. 26-45, abr. 2014.
- SPADOTTO, C. A. **Agroquímicos: ambiente em perigo**. Cultivar, Pelotas, v. 4, n. 43, p. 20-26, 2002.
- SPERANDELLI, Daniel Iozzi; DUPAS, Francisco Antônio; PONS, Nívea Adriana Dias. **Dynamics of Urban Sprawl, Vacant Land, and Green Spaces on the Metropolitan Fringe of São Paulo, Brazil**. J. Urban Plann. Dev. 2013.
- STAMM, Hugo Roger. **Método para avaliação de impacto ambiental (AIA) em projetos de grande porte: estudo de caso de uma usina termelétrica**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.
- SUDEMA - Superintendência de Administração do Meio Ambiente. **DZS 204 – Enquadramento dos corpos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas**. Sistema Estadual de Licenciamento de Atividades Poluidoras - SELAP. 1988.
- TOMÉ, Luciana Mota. **Saneamento**. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE. Fortaleza-CE. Ano 4, n. 85, junho, 2019.
- TSUTIYA, Milton Tomoyuki; ALEM SOBRINHO, Pedro. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 3ª edição. São Paulo: ABES, 2011.
- TUCCI, Carlos E. M. Urbanização e recursos hídricos. *In*: BICUDO, C.E.de M.; TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B., orgs. **Águas do Brasil: análises estratégicas** / Carlos E. de M. Bicudo; José G. Tundisi; Marcos C. Barnsley Scheuenstuhl – São Paulo, Instituto de Botânica, 2010.
- TUNDISI, José Galizia. **Limnologia** / José Galizia Tundisi, Takako Matsumura Tundisi. São Paulo: Oficina de textos, 2008.
- TURRA, Alexander; AMARAL, Antonia Cecília Zacagnini; CIOTTI, Aurea Maria; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, Carmen L.D.B.; SCHAEFFER-NOVELLI, Yara; MARQUES, Antonio Carlos; SIEGLE, Eduardo; SINISGALLI, Paulo Antonio de Almeida; SANTOS, Cláudia Regina; CARMO, Aline Borges. **Avaliação de impacto ambiental sob uma abordagem ecossistêmica**. Ambiente & Sociedade. São Paulo v. XX, n. 3, p. 159-178. jul.-set. 2017.
- VALEC - Engenharia Construções e Ferrovias S/A. **EIA/RIMA para Implantação da Ferrovia EF 354 – Trecho: Uruaçu/GO - Vilhena/RO**. 2010.
- VIANNA, Marina. **Análise de impactos ambientais**/ Marina Vianna. Rio de Janeiro: SESES, 2015.
- VILHENA, Gleyce; SILVA, Olavo. **Avaliação de impactos ambientais de rodovias no Módulo II da Floresta Estadual do Amapá**. Revista de Geografia e Ordenamento do

Território (GOT), n. 12 (dezembro). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, 2017.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos/** Marcos von Sperling. - 4. ed. - Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2014. 472 p. 2017.

WARTCHOW, Dieter. Serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário: compromisso com a universalização e a qualidade. *In*: Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS) Conceitos, características e interfaces dos serviços públicos de saneamento básico** / coord. Berenice de Souza Cordeiro. – Brasília: Editora, 2009.

WHO/UNICEF - World Health Organization and United Nations Children's Fund. **Progress on Sanitation and Drinkingwater: 2015 update and MDG assessment**. WHO Press, World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2015.