



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JOELITHON DE LIMA COSTA

AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA
ÁGUA DO RIO IPOJUCA

Caruaru, 2018

JOELITHON DE LIMA COSTA

AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO IPOJUCA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste (CAA), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento Ambiental
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Elizabeth Amaral
Pastich Gonçalves

Caruaru, 2018

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

C837a Costa, Joelithon de Lima.
Avaliação espaço-temporal da qualidade da água do rio Ipojuca. / Joelithon de Lima Costa. – 2018.
57 f. il. : 30 cm.

Orientadora: Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia Civil, 2018.
Inclui Referências.

1. Rio Ipojuca (PE). 2. Poluição. 3. Saneamento ambiental. 4. Recursos hídricos. I. Gonçalves, Elizabeth Amaral Pastich (Orientadora). II. Título.

CDD 620 (23. ed.)

UFPE (CAA 2018-439)

JOELITHON DE LIMA COSTA

**AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO
IPOJUCA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico
do Agreste (CAA), da Universidade Federal de
Pernambuco (UFPE), como requisito para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Civil.

Área de Concentração: Saneamento Ambiental

Aprovado em: 19/12/2018

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientadora)

Profa. Dra. Simone Machado Santos
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliadora)

Profa. Dra. Luiza Feitosa Cordeiro de Souza
Associação Caruaruense de Ensino Superior – ASCES UNITA (Avaliadora)

Msc. Luis Medeiros de Lucena
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

Prof. Dr. Elder Alpes de Vasconcelos
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Coordenador da disciplina)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por me dar forças quando acho que já não as tenho e a minha família, por me servir de inspiração e base.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Keyla Costa e Sérgio Costa, e a minha irmã, Ana Caroline Costa, pelo apoio incondicional e por todo o amor independente das barreiras que enfrentamos. Às minhas avós, Jandira Lima e Edizete Costa, pelo exemplo de seres humanos que são. O mundo precisa de mais pessoas com o coração como o de vocês.

À Elizabeth Pastich, por me acolher como orientando, por abraçar os trabalhos com o rio Ipojuca, por todos os ensinamentos, pela paciência e principalmente por toda confiança depositada em mim. Obrigado pelo apoio de sempre, eu serei eternamente grato.

À Luiza Souza, por ter me iniciado no mundo das pesquisas, por ter me passado tantos conhecimentos e por ter acreditado em mim em todos os momentos. À Sália Gavazza, por todo apoio a pesquisa e aos ensinamentos passados. E aos amigos que também fizeram parte desse trabalho, Igor Vieira, Miguel Kelm, Thais Thainan, Alanna Nascimento e Renatha Santos, o meu muito obrigado.

Às professoras Simone Machado e Kenia Barros, ao técnico Luis Medeiros e a todos que fazem do Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA) um lugar onde posso encontrar apoio e criar laços como uma família.

Aos amigos Luttemberg Ferreira, Marcos Ribeiro e Neto Oliveira pela amizade, companheirismo, risadas e aventuras compartilhadas dentro e fora da universidade. Espero estar próximo de vocês o resto da vida.

À Eduardo Medeiros, Igor Leony, Katielly Lima e Maria Paula pela companhia e amizade. Vocês são para mim inspiração de força de vontade e determinação.

À Izabel Silva e Ana Paula, que estão comigo nessa árdua caminhada desde o início. Torço muito por vocês e apesar de parecer que não acaba, um dia daremos risadas sobre todos os estresses que passamos nos corredores da universidade.

À Marília Pessoa, Felipe Melo, Gabriel Resende e Diogo Vênus, por dividir momentos de estresses e alegrias, nervosismos e alívios. Vocês têm futuros excepcionais pela frente, espero que ainda possamos dividir vários momentos juntos depois que a fase de estudante passar, e que nossa amizade perdure.

*“Quando oiei a terra ardendo
Qual fogueira de São João
Eu perguntei a Deus do céu, ai
Por que tamanha judiação.*

[...]

*Que braseio, que fornaia
Nem um pé de prantação
Por falta d’água perdi meu gado
Morreu de sede meu alazão.*

[...]

*Hoje longe, muitas léguas
Numa triste solidão
Espero a chuva cair de novo
Pra mim vortar ai pro meu sertão”.*

(Asa Branca - Luiz Gonzaga)

RESUMO

Grande parte dos rios urbanos brasileiros recebem uma carga poluidora que vai além da sua capacidade de autodepuração. Essa problemática é agravada pelo crescimento e desenvolvimento sem planejamento das cidades ribeirinhas que não conseguem gerir um sistema de esgotamento sanitário que atenda à população toda a sua população e garanta um tratamento eficiente aos efluentes. Além da problemática dos efluentes domésticos, a falta de fiscalização eficiente, fazem com que as indústrias lancem efluentes *in natura* nos rios ou tratados de forma inadequada contribuindo para a poluição dos mananciais. Diante desse cenário, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o impacto da cidade de Caruaru/PE na qualidade da água do rio Ipojuca. Para tanto, foram determinados cinco pontos de coleta (P1, P2, P3, P4 e P5) ao longo do curso do rio. Os pontos foram distribuídos com o objetivo de avaliar a influência das regiões urbanas e rurais na qualidade da água do rio. As coletas foram realizadas no período compreendido entre outubro de 2014 a janeiro de 2018 e os parâmetros avaliados foram: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, salinidade, turbidez, DQO, DBO, fósforo, nitrogênio total e nitrogênio amoniacal. Os resultados demonstraram que os pontos localizados no centro urbano (P3 e P4), como esperado, apresentam os piores valores. Isso evidencia a grande influência do esgoto doméstico na poluição das águas, visto que esses dois pontos se localizam numa região com grande densidade demográfica. Porém, é evidente também a influência das lavanderias têxteis, comércio muito comum e importante para Caruaru, que geram efluentes de alto potencial poluidor e que lançam esse efluente na rede de esgoto da cidade ou diretamente no rio. Além disso, observou-se a influência do fator chuva nos resultados. Os pontos P1 e P2 secaram com o longo período de estiagem que a região passou em 2016, voltando a ter água depois dos eventos de chuva. E nos demais pontos a concentração dos poluentes nas águas sobe drasticamente com a seca, visto que o volume de água e consequentemente a vazão diminuem pela falta de chuva.

Palavras-chave: Rios urbanos. Nutrientes. Carga orgânica. Poluição.

ABSTRACT

Most of Brazilian urban rivers receive a polluting load that goes beyond their capacity to self-purification. This problem is aggravated due to the unplanned growth and development of the riverside cities that cannot manage a sewage system that serves their entire population and guarantees an efficient treatment for the effluents. In addition to the problem of domestic effluents, the lack of an efficient inspection, allow the industries to discharge their effluents *in natura* or treated inadequately to the rivers, contributing to the pollution of the water sources. In this scenario, this paper aimed to evaluate the impact of the city of Caruaru/PE on the water quality of the Ipojuca river. Therefore, five sample points (named P1, P2, P3, P4 and P5) were determined along the course of the river in the city. The sample points were distributed to better evaluate the influence of urban and rural regions on the river water quality. The samples were collected in the period between October 2014 and January 2018 and the parameters evaluated were: temperature, pH, dissolved oxygen, conductivity, salinity, turbidity, COD, BOD, phosphorus, total nitrogen and ammoniacal nitrogen. The results showed that the sample points located in the urban center (P3 and P4), as expected, presented the worst. This shows the great influence of domestic sewage on water pollution, since these two sample points are located in a region with great population density. However, the influence of textile laundries, a very common and important market for Caruaru, is also evident. These pollutants generate effluents of high polluting potential that discharge their effluent into the city's sewage system or directly into the river. In addition, the influence of the rainfall factor on the results was observed. The sample points P1 and P2 dried up with the long drought period that the regions passed in 2016, returning to have water after the rain events. And in the other three sample points, the concentration of pollutants in the water raised drastically, since the volume of water and consequently the flow decreased with the lack of rain.

Keywords: Urban rivers. Nutrients. Organic load. Pollution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Localização do estado de Pernambuco e da bacia do Ipojuca (destacada em azul).....	18
Figura 2 –	Distribuição do uso das águas da bacia do Ipojuca.....	19
Figura 3 –	Diagrama unifilar do rio Ipojuca.....	20
Figura 4 –	Mapa de uso e ocupação do solo da bacia do Ipojuca e de Caruaru (ponto azul).....	20
Figura 5 –	Localização de Caruaru e divisão da zona urbana (vermelho) e rural (azul).....	21
Figura 6 –	Localização dos pontos de coleta no mapa de Caruaru/PE.....	23
Figura 7 –	Precipitação acumulada mensal.....	25
Figura 8 –	Imagem de satélite do ponto P1.....	26
Figura 9 –	Fotos do ponto de coleta P1: (a) Período seco em 2016 e (b) Período chuvoso em 2015.....	27
Figura 10 –	Foto do ponto de coleta P1 com espelho d'água recoberto por vegetação.....	27
Figura 11 –	Imagem de satélite do ponto P2.....	28
Figura 12 –	Fotos do ponto de coleta P2: (a) Vista superior do espelho d'água e (b) Volume de água reduzido por causa do período seco.....	29
Figura 13 –	Foto do ponto de coleta P2.....	29
Figura 14 –	Imagem de satélite do ponto P3.....	30
Figura 15 –	Fotos do ponto de coleta P3: (a) Vista superior do ponto e (b) Construções próximas ao leito do rio.....	31
Figura 16 –	Foto do ponto de coleta P3 com lançamento de efluente no rio.....	31
Figura 17 –	Imagem de satélite do ponto P4.....	32
Figura 18 –	Fotos do ponto de coleta P4: (a) À jusante e (b) À montante.....	33
Figura 19 –	Fotos do ponto de coleta P4: (a) Situação à jusante com formação de espuma, (b) Acúmulo de lixo à montante, (c) Situação à jusante com formação de gases no leito e (d) Emissário lançando efluentes.....	34
Figura 20 –	Imagem de satélite do ponto P5.....	34

Figura 21 –	Fotos do ponto de coleta P5: (a) Local por onde a população atravessa o rio e (b) Espelho d'água totalmente coberto por vegetação.....	35
Figura 22 –	Foto do ponto de coleta P5 após limpeza e retirada da vegetação que recobria o espelho d'água.....	36
Figura 23 –	Temperatura nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos.....	39
Figura 24 –	pH nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos.....	40
Figura 25 –	Concentração de Oxigênio Dissolvido nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos Concentração de Oxigênio Dissolvido nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos.....	41
Figura 26 –	Condutividade nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos.....	41
Figura 27 –	Salinidade nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos.....	42
Figura 28 –	Turbidez nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos.....	43
Figura 29 –	DQO nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos.....	43
Figura 30 –	DBO nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos.....	44
Figura 31 –	Concentração de Fósforo nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos.....	45
Figura 32 –	Resultados da determinação do IET.....	46
Figura 33 –	Concentração de Nitrogênio Total nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos.....	46
Figura 34 –	Concentração de Nitrogênio Amoniacal nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos.....	47
Figura 35 –	Concentrações de Oxigênio Dissolvido ao longo do período estudado.....	49
Figura 36 –	Concentrações de DQO ao longo do período estudado.....	50
Figura 37 –	Concentrações de DBO ao longo do período estudado.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Distância entre os pontos de coleta.....	22
Tabela 2 –	Descrição da localização e coordenadas geográficas dos pontos de coleta.....	23
Tabela 3 –	Metodologias dos parâmetros de qualidade da água analisados.....	24
Tabela 4 –	Classificação do estado trófico.....	25
Tabela 5 –	Resultados do teste ANOVA.....	36
Tabela 6 –	Classificação dos pontos segundo o teste TUKEY.....	37
Tabela 7 –	Comparação dos dados com a legislação do CONAMA 357/05.....	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo Geral	15
2.2	Objetivos Específicos.....	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1	O Uso da Água e dos Recursos Naturais	16
3.2	A Disponibilidade de Água no Brasil.....	16
3.3	Gestão de Recursos Hídricos e Bacias Hidrográficas	17
3.4	Poluição Hídrica	18
3.5	Autodepuração.....	18
4	METODOLOGIA	19
4.1	Localização e Caracterização da Área de Estudo	19
4.1.1	Bacia do Ipojuca	19
4.1.2	Caruaru/PE	22
4.1.3	Pontos de Coleta	23
4.2	Coleta e Análise dos Parâmetro de Qualidade	24
4.3	Análise dos Dados.....	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
5.1	Avaliação Visual dos Pontos de Coleta.....	27
5.2	Análise Estatística.....	37
5.3	Avaliação Qualitativa das Águas do Rio Ipojuca	39
5.4	Enquadramento na Legislação CONAMA 357/05	53
6	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

Sendo a água um elemento de essencial importância para a vida humana, seus vários usos são primordiais para o desenvolvimento populacional. Porém, quando relacionada ao aspecto de crescimento urbano e desenvolvimento industrial, há também um aumento considerável na demanda de consumo da água, além da deterioração da qualidade da mesma.

Quando se trata de corpos hídricos urbanos, principalmente os rios, a situação de poluição é de elevada relevância. Muitas vezes esses rios são as principais fontes de abastecimento das populações, porém os mesmos são gravemente deteriorados por causa do lançamento de esgotos por vezes não tratados ou com um tratamento de baixa eficiência. Essa situação se agrava mais quando se trata de rios localizados na região nordeste do Brasil, que tem por característica serem em maior parte do seu curso caracterizados como intermitentes. Na região nordeste, o clima tem como principal característica longos períodos de seca e estiagem na maior parte do seu território. Isso faz com que os rios, durante esse período, reduzam drasticamente o volume de água, fazendo com que a concentração de poluentes se torne mais elevada.

Quando uma carga poluidora é lançada num corpo hídrico, o mesmo, por meio de um processo natural chamado autodepuração, começa a se recuperar voltando às condições anteriores ao lançamento da carga poluidora. Todavia, quando esses lançamentos são realizados de forma descontrolada e extensiva, o processo de autodepuração não ocorre de forma efetiva, ficando assim o corpo d'água prejudicado para qualquer tipo de utilização. Essa é a realidade de vários rios brasileiros, que por servirem de base para o desenvolvimento urbano de várias cidades, acabam recebendo toda a carga de poluição gerada pelas mesmas.

Passando pelo mesmo problema que várias outras regiões do Brasil, o Agreste pernambucano sempre foi marcado pelos problemas de escassez de água e pelo elevado índice de poluição de seus rios. Nos últimos anos, longos períodos de seca foram registrados, acentuando ainda mais os problemas citados. Essa região do estado é marcada pelo intenso comércio têxtil, onde se encontram os maiores produtores (confecção e lavagem) de peças de jeans do estado e regiões vizinhas.

De grande importância para a região Agreste e para todo o estado de Pernambuco, a bacia do Rio Ipojuca abrange áreas de saneamento básico deficiente além de várias indústrias ao longo do seu curso. A nascente do seu principal rio, o Ipojuca, situa-se na Serra do Pau D'Arco na cidade de Arcoverde e cruza o território de 24 municípios até desaguar no oceano Atlântico na cidade de Ipojuca. Dentre os municípios banhados pelo Rio Ipojuca, Caruaru se

destaca por suas dimensões e importância econômica. Esta cidade faz parte do polo têxtil pernambucano, que movimenta financeiramente a região, como já foi citado anteriormente. Por isso, ela possui em seu território inúmeras lavanderias têxteis, e algumas delas por causa da sua localização lançam seu efluente diretamente no Rio Ipojuca. Além disso, a cidade está passando, durante os últimos anos, por um processo acelerado de crescimento populacional, o que evidencia uma geração cada vez maior de esgoto doméstico.

A motivação para a realização do presente trabalho se dá pelo atual cenário do rio Ipojuca, não só na cidade de Caruaru, mas em grande parte de sua bacia. O desenvolvimento populacional e industrial tem causado danos ambientais severos ao rio, o que, por causa da sua importância para o estado, gera grande preocupação. Assim, o objetivo desse estudo é fazer uma avaliação ao longo do tempo e do espaço, da qualidade da água do rio citado, durante seu curso em Caruaru/PE, para mensuração do impacto da cidade nas características do Ipojuca.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar avaliação espacial e temporal da qualidade da água do Rio Ipojuca na cidade de Caruaru/PE.

2.2 Objetivos Específicos

- Levantar o uso e ocupação das margens do rio ao longo da cidade.
- Avaliar o impacto da cidade de Caruaru na qualidade da água do rio.
- Estudar os impactos dos índices pluviométricos na qualidade da água do rio.
- Comparar os resultados encontrados com os limites estabelecidos pela resolução ambiental CONAMA Nº357/2005.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O Uso da Água e dos Recursos Naturais

O meio ambiente é uma associação de relações que consegue envolver a sociedade e a natureza em sintonia. A natureza integra os seus elementos aos seres humanos, enquanto a sociedade se desenvolve socialmente e economicamente fazendo uso dos recursos naturais, que são necessários para sua evolução e sobrevivência. Dentre os recursos naturais mais utilizados está a água, que se encontra nas mais diversas formas e estados líquidos no planeta (BRAGA, 2005).

A sobrevivência dos humanos está diretamente ligada a disponibilidade de água, salientando também que nos locais onde se dá os maiores desenvolvimentos socioeconômicos há a presença de corpos hídricos (CONTE, 2001). Segundo Sardinha (2008) a relação da sociedade com a água vai além da disponibilidade da mesma, se tratando também da qualidade da água para que essa satisfaça as necessidades devidas.

A água que geralmente é utilizável está nos rios, lagos, na atmosfera e nos lençóis freáticos. Porém, essa água corresponde apenas a 1% do volume de água doce do planeta (VICTORINO, 2007). E dessa pequena porcentagem, 70,1% do consumo de água vai para a agricultura, 20% vai para a indústria e 9,9% tem fins domésticos.

3.2 A Disponibilidade de Água no Brasil

No Brasil, a disponibilidade da água é afetada diretamente e significativamente pelas condições climáticas de cada região. Apesar da enorme riqueza em volume de água doce, muitas regiões do país sofrem com problemas de desabastecimento (REBOUÇAS, 2003). Para Rebouças (1997), a escassez de água é resultado principalmente da falta de gerenciamento das ações que visam o desenvolvimento socioeconômico quando relacionadas aos recursos hídricos. De maneira contraditória ao que se deve acontecer, medidas são realizadas para impulsionar a urbanização de regiões que já enfrentam crises com falta de água, gerando assim um crescimento populacional exacerbado que acarretará numa piora dos problemas de abastecimento já existentes.

Uma das regiões mais afetadas no país pelo problema de desabastecimento é a região Nordeste, pois na mesma o problema relacionado ao clima, que é marcado por longos períodos

de seca, se soma a péssima qualidade da água presente nos corpos d'água situados no território da região. O Nordeste brasileiro tem aproximadamente uma área de 1.600.000 km², sendo 940.000 km² da sua totalidade uma região classificada como semiárida. Nessa região, onde vivem aproximadamente 30 milhões de pessoas, a falta de água é um problema vigente e se relaciona principalmente aos longos períodos de estiagem com um volume de chuva abaixo de 800 mm por ano. Além da falta de chuvas, a região é marcada por ter altos índices de evapotranspiração, por causa das altas temperaturas. Assim, as poucas fontes de água da população, como açudes, lagos e reservatórios perdem um grande volume de água para a atmosfera (MARENGO, 2010).

3.3 Gestão de Recursos Hídricos e Bacias Hidrográficas

Uma bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água provinda das precipitações até um único ponto de saída da bacia, o ponto mais baixo chamado de exutório. Fazem parte das bacias um conjunto de superfícies vertentes e uma rede de drenagem, que são os cursos de água que se unem formando um único leito (TUCCI, 2003). Basicamente, uma bacia hidrográfica é composta pela rede hidrográfica e pelo relevo. O sistema hidrográfico se dá pela chuva que escoar sobre a área da bacia e se transforma em escoamento superficial. As redes hidrográficas abrangem um conjunto de cursos de águas que são classificados por hierarquia. Os rios de primeira ordem são chamados de nascentes, ou seja, o local onde o rio nasce e inicia seu percurso. Os rios de segunda ordem surgem a partir da junção de dois rios de primeira ordem. O mesmo acontece para os rios de terceira ordem, porém surgindo a partir dos rios de segunda ordem. Assim, presume-se que quanto maior for a ordem do rio principal, maior o número de rios na bacia, evidenciando assim uma maior extensão (VON SPERLING, 2007).

No Brasil existem os Comitês de Bacias Hidrográficas, que surgiram a partir do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Esses comitês têm como principal funcionalidade a descentralização das tomadas de decisão quanto ao gerenciamento dos recursos hídricos nacionais, tirando assim a exclusividade do estado em tais decisões (MAGALHÃES JÚNIOR, 2011).

3.4 Poluição Hídrica

Como já foi citado, o problema de escassez é um dos que mais assolam a sociedade quando se trata da água. Porém, um outro problema que vem ganhando grandes discussões é a qualidade das poucas fontes de águas superficiais existentes, quando comparada ao volume total de água que existe no planeta. Essa poluição, segundo Leite (2004), essa poluição é mais decorrente do lançamento desenfreado de esgotos domésticos e industriais, além do carreamento de materiais poluentes que se encontram nos solos onde os corpos d'água se fazem presente. A poluição hídrica é reflexo das atividades humanas, para Von Sperling (1996), é a adição de substâncias e energia, alterando-se as condições naturais de um corpo hídrico.

A partir disso, os principais problemas da poluição dos corpos hídricos a serem discutidos e possivelmente solucionados, principalmente no Brasil, são os do alto consumo de oxigênio dissolvido nos corpos d'água, lançamento excessivo de nutrientes e de patógenos no meio aquático (VESILIND e MORGAN, 2011).

3.5 Autodepuração

A autodepuração é um processo natural, onde os rios conseguem neutralizar uma carga poluidora a partir do consumo de matéria orgânica pelo consumo de oxigênio dissolvido (VON SPERLING, 1996). Uma avaliação desse processo de autodepuração é um ótimo indicador ambiental quando se trata de acompanhamento e gestão ambiental de corpos hídricos. Assim, garantindo que esse processo aconteça de forma efetiva, será mantido a funcionalidade dos processos ecológicos essenciais nos ambientes aquáticos (MAGALHÃES JÚNIOR, 2011).

Muitas das substâncias que são lançadas nos corpos de água são devidamente degradadas por eventos naturais biológicos, principalmente pela ação das bactérias. A problemática se dá quando o volume de carga poluidora é muito grande, ultrapassando a capacidade de autodepuração do corpo hídrico. Dessa forma, os processos se tornam mais demorados e complexos, e consequentemente ineficientes (BRAGA, 2005).

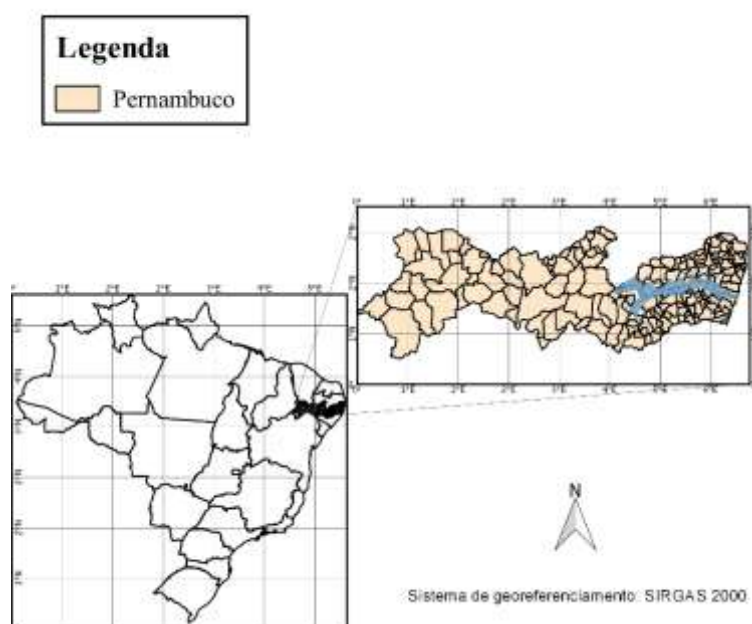
4 METODOLOGIA

4.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

4.1.1 Bacia do Ipojuca

A Bacia do Ipojuca, localizada em todo o seu comprimento no estado de Pernambuco, na região Nordeste do Brasil, tem sua nascente do seu principal rio, o Ipojuca, na Serra do Pau D'Arco (município de Arcoverde) e sua foz no município de Ipojuca. A Figura 1 apresenta a localização da Bacia do Ipojuca em Pernambuco. A bacia tem seu comprimento alongado, característica essa que evidencia a maior facilidade com que a região tem de sofrer com enchentes. Por outro lado, suas pequenas dimensões, quando comparada ao estado, não diminuem sua importância para a população local. Sendo uma das 13 bacias hidrográficas que abrangem o estado de Pernambuco, a do Ipojuca cruza o território de 24 municípios, são eles: Alagoinha, Altinho, Amaraji, Arcoverde, Belo Jardim, Bezerros, Cachoeirinha, Caruaru, Chã Grande, Escada, Gravatá, Ipojuca, Pesqueira, Poção, Pombos, Primavera, Riacho das Almas, Sairé, Sanharó, São Bento do Uma, São Caitano, Tacaimbó, Venturosa e Vitória de Santo Antão.

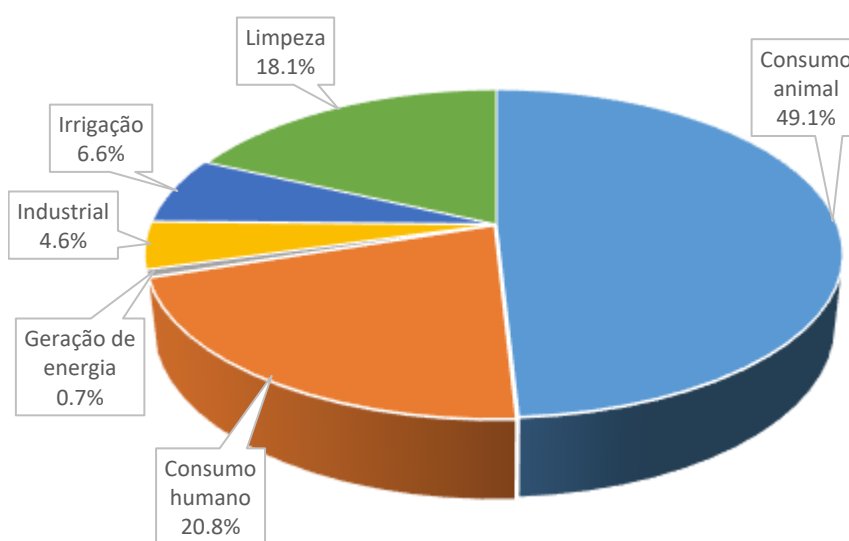
Figura 1 - Localização do estado de Pernambuco e da bacia do Ipojuca (destacada em azul)



Fonte: Duarte (2018), adaptado

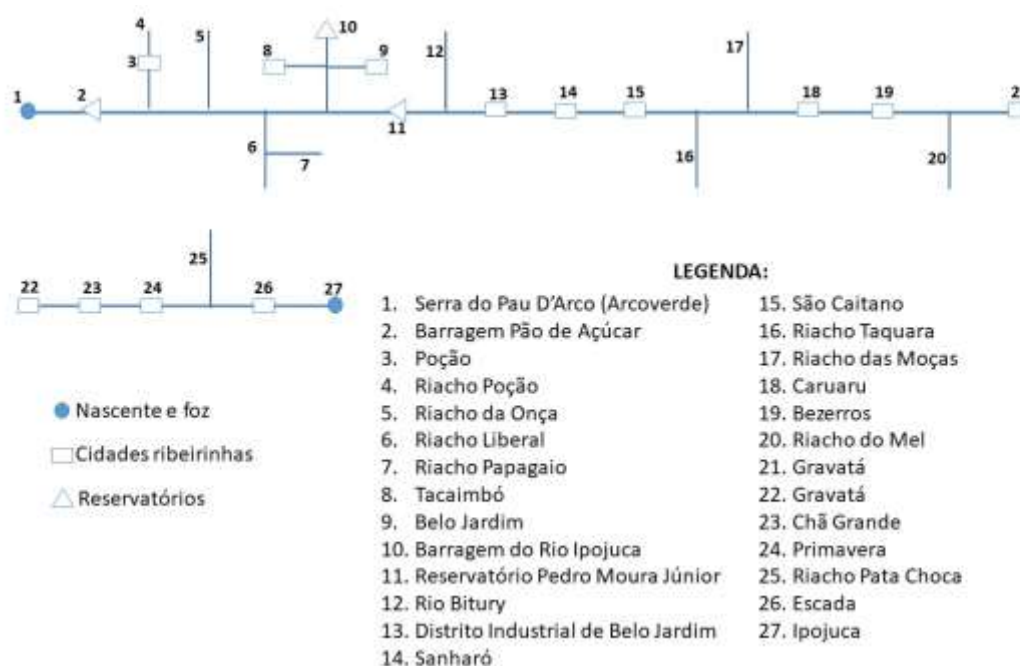
Com uma área total de 3.435,34 Km² (3,5% do território do estado), os recursos hídricos da bacia servem para as cidades que banha para fins de abastecimento público, abastecimento industrial, irrigação, pecuária e geração de energia. Na Figura 2 está apresentado a distribuição percentual dos usos das águas da bacia estudada. O rio Ipojuca, principal rio da bacia, tem extensão de 320 Km. Ele corta as regiões estaduais do agreste, mata-sul e região metropolitana e tem seu comportamento caracterizado como intermitente da nascente até próximo ao município de Caruaru, onde passa a ser classificado como perene (SRH, 2010).

Figura 2 - Distribuição do uso das águas da Bacia do Ipojuca



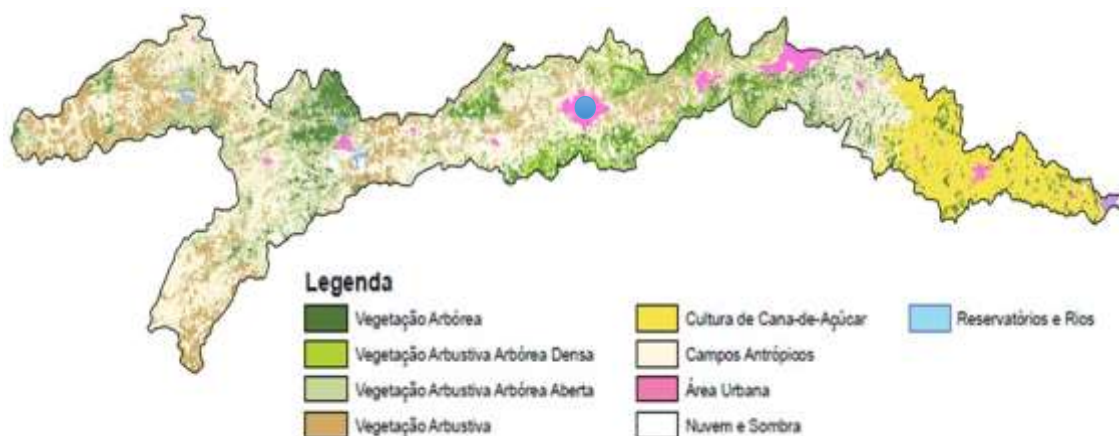
Fonte: Agência Estadual do Meio Ambiente (2010)

A Figura 3 apresenta um diagrama unifilar (fora de escala), onde pode se observar o rio Ipojuca e os principais contribuintes ao longo do seu percurso, além das principais cidades que o margeiam e os principais reservatórios para abastecimento que a bacia possui. É importante destacar que além das indústrias que se distribuem na zona rural ao longo da bacia, o rio Ipojuca cruza não só os centros urbanos das cidades, como também os bairros industriais, como é o que acontece em Belo Jardim e Caruaru. É importante salientar também que, os riachos que afluem no rio Ipojuca são utilizados pela população para abastecimento público e criação de animais em pequenas residências rurais.

Figura 3 - Diagrama unifilar do rio Ipojuca

Fonte: Secretaria de Recursos Hídricos (2010), adaptado

Quanto ao uso e ocupação do solo na bacia do Ipojuca, a Figura 4 apresenta o mapa com os tipos de cobertura ao longo de toda a bacia. Apesar de serem dados de 2010, pode-se ter uma noção que a mata às margens do rio Ipojuca varia bastante, sendo elas arbóreas, arbustivas ou de agricultura, como na produção de cana-de-açúcar. Porém também é evidente o desenvolvimento de grandes densidades urbanas e de atividades antrópicas às margens do rio. No caso da cidade de Caruaru, localizada no agreste pernambucano, predomina a área urbana, os campos antrópicos e a vegetação arbustiva.

Figura 4 - Mapa de uso e ocupação do solo da bacia do Ipojuca e de Caruaru (ponto azul)

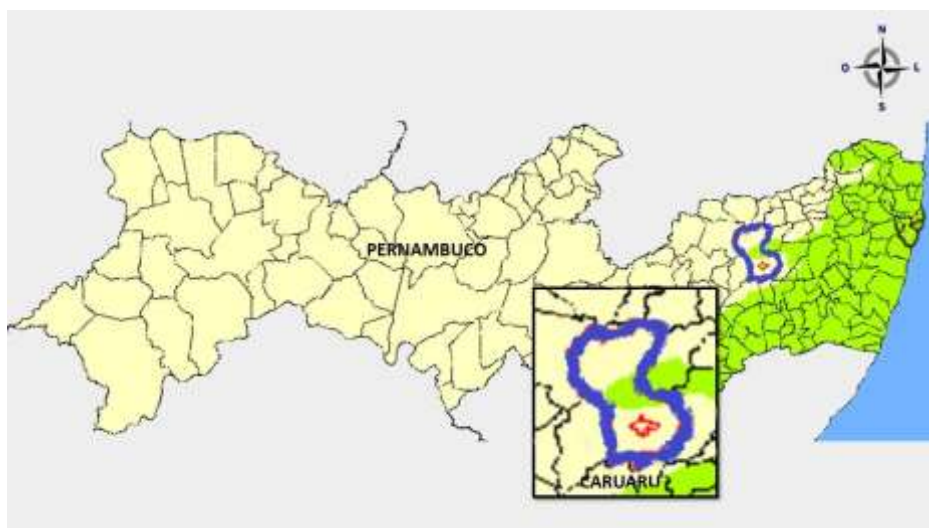
Fonte: SRH (2010)

4.1.2 Caruaru/PE

Dentre os municípios citados anteriormente que fazem parte do território banhado pelo rio Ipojuca e seus afluentes, Caruaru se destaca por suas dimensões e importância econômica e cultural para o estado, com uma população estimada para 2018 de 356.872 habitantes e uma área de 920,61 Km². A cidade vem passando nos últimos anos por um crescimento acentuado dos seus números populacionais, o que evidencia um volume cada vez maior de esgoto doméstico gerado. Como dado importante, o município apresenta 81,3% dos seus domicílios com esgotamento sanitário adequado, número esse que impressiona quando se leva em consideração a realidade da situação sanitária do país (IBGE, 2010).

A Figura 5 apresenta o mapa de Caruaru, evidenciando sua área urbana e rural. Observa-se que, como acontece em todo o país, o território do município vai muito além da área urbana construída. Assim, fica evidente a importância também da agricultura para a região, visto que as áreas rurais são grande maioria. A região maior do mapa, delimitada em vermelho, compreende todo o território de Caruaru, enquanto que a região delimitada menor compreende a zona urbana.

Figura 5 - Localização de Caruaru e divisão da zona urbana (vermelho) e rural (azul)



Fonte: SIG Caburé – Agência Estadual do Meio Ambiente (2018), adaptado

Caruaru, juntamente com as cidades de Toritama e Santa Cruz do Capibaribe fazem parte do Arranjo Produtivo Local Têxtil do Agreste de Pernambuco. Na região dessas três cidades é grande o número de unidades produtivas têxteis (aproximadamente 4.530) com uma produção média que varia de 12.000 a 250.000 peças por mês por unidade (SEBRAE, 2013;

SILVA FILHO, 2013). Além do setor de produção têxtil, há o setor de beneficiamento. Esse tipo de indústria, caracterizado pelas lavanderias, existe em Caruaru e região nos mais diversos portes e números de produção. Independentemente do tamanho, essas lavanderias produzem resíduos sólidos (como os restos de tecido e o pó da lenha utilizada nas caldeiras) e líquidos (resultado da lavagem das peças). Esses resíduos líquidos possuem altas concentrações de corantes e surfactantes (elemento presente na composição de detergentes, sabões e amaciantes). A geração desse efluente pode ser de grande impacto nos corpos d'água caso ele não seja tratado antes do seu lançamento. Apesar das grandes lavanderias da região passarem por fiscalização e possuírem um sistema próprio de tratamento, as lavanderias de menor porte (geralmente de fundo de quintal) não possuem um sistema de tratamento eficiente e são de grande impacto na qualidade da água do rio.

4.1.3 Pontos de Coleta

Para a realização desse experimento foram escolhidos 5 pontos de coleta de modo que abranjam a avaliação da água do rio Ipojuca à montante e à jusante da cidade, além de analisar a sua qualidade no bairro industrial e na entrada e saída da região mais densamente povoada. São pontos de coletas situados em regiões de diferentes realidades de ocupação, para que se analise quais os pontos de maior incidência de poluição e se essa carga poluidora se dá por esgotos industriais ou domésticos. Outro fator importante para a escolha dos pontos de coleta foi a facilidade para se ter acesso às águas do rio, como pontes, passagens molhadas ou margens livres.

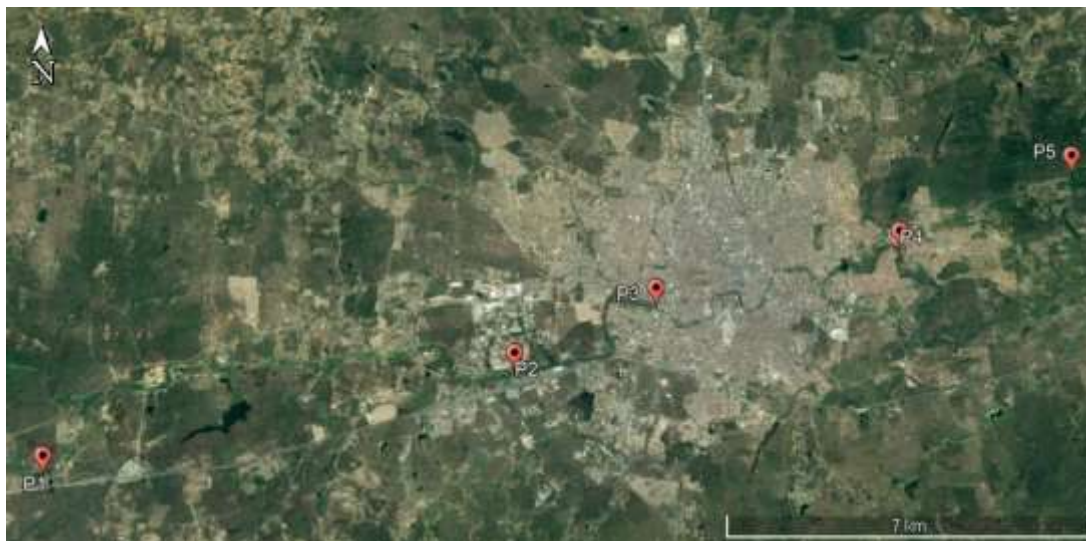
Os pontos foram nomeados P1, P2, P3, P4 e P5 e seguem o fluxo do rio. A Tabela 1 apresenta as distâncias entre os pontos de coleta citados.

Tabela 1 - Distância entre os pontos de coleta

Pontos de Coleta	Distância (Km)
P1 – P2	11,50
P2 – P3	4,27
P3 – P4	7,07
P4 – P5	9,63

Fonte: Autor (2018)

A Figura 6 apresenta a distribuição dos pontos ao longo do curso do rio Ipojuca em Caruaru. Na Tabela 2 está descrito a localização dos pontos e suas coordenadas geográficas.

Figura 6 - Localização dos pontos de coleta no mapa de Caruaru/PE

Fonte: Google Earth (2018)

Tabela 2 - Descrição da localização e coordenadas geográficas dos pontos de coleta

Ponto de Coleta	Descrição da Localização	Coordenadas Geográficas
P1	Localizado à montante da cidade, aproximadamente 10 Km da área urbana	Long.: -036° 05' 44,4' Lat.: -08° 19' 15,0'
P2	Localizado no bairro industrial	Long.: -036° 00' 38,4'' Lat.: -08° 18' 09,8''
P3	Localizado no início de uma área com grande densidade populacional	Long.: -035° 59' 05,5'' Lat.: -08° 17' 27,2''
P4	Localizado no final de uma área com grande densidade populacional	Long.: -035° 56' 22,8'' Lat.: -08° 16' 49,2''
P5	Localizado à jusante da cidade, aproximadamente 3,5 Km da área urbana	Long.: -035° 54' 24,7'' Lat.: -08° 15' 57,2''

FONTE: Autor (2018)

4.2 Coleta e Análise dos Parâmetro de Qualidade

As coletas se deram início em outubro de 2014 e finalizaram em janeiro de 2018 e nesse período foram realizadas 30 coletas ao todo. As coletas dos 5 pontos eram realizadas no mesmo dia. Com o auxílio de um balde e uma corda, as coletas eram realizadas de cima de pontes (pontos P2 e P3), pela margem do rio (pontos P1 e P5) ou de cima de passagem molhada (ponto P4). As amostras coletadas eram da superfície do espelho d'água e elas eram armazenadas em garrafas de vidro âmbar e mantidas em caixas térmicas até a chegada em laboratório.

As análises de qualidade de água foram realizadas no Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA), localizado no Campus Acadêmico do Agreste (CAA), na cidade de Caruaru/PE, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Na Tabela 3 está apresentado as análises realizadas dos parâmetros de qualidade da água e suas respectivas metodologias.

Tabela 3 - Metodologias dos parâmetros de qualidade da água analisados

Parâmetro de Qualidade	Metodologia
Temperatura	Sonda Multiparamétrica (<i>in loco</i>)
pH	Sonda Multiparamétrica (<i>in loco</i>)
Oxigênio Dissolvido (OD)	Sonda Multiparamétrica (<i>in loco</i>)
Condutividade	Sonda Multiparamétrica (<i>in loco</i>)
Salinidade	Sonda Multiparamétrica (<i>in loco</i>)
Turbidez	Turbidímetro
DQO	Colorimétrico
DBO	Kit OXITOP
Fósforo (Fosfato)	Colorimétrico
Nitrogênio Amoniacal	Titulométrico
Nitrogênio Total (NTK)	Titulométrico

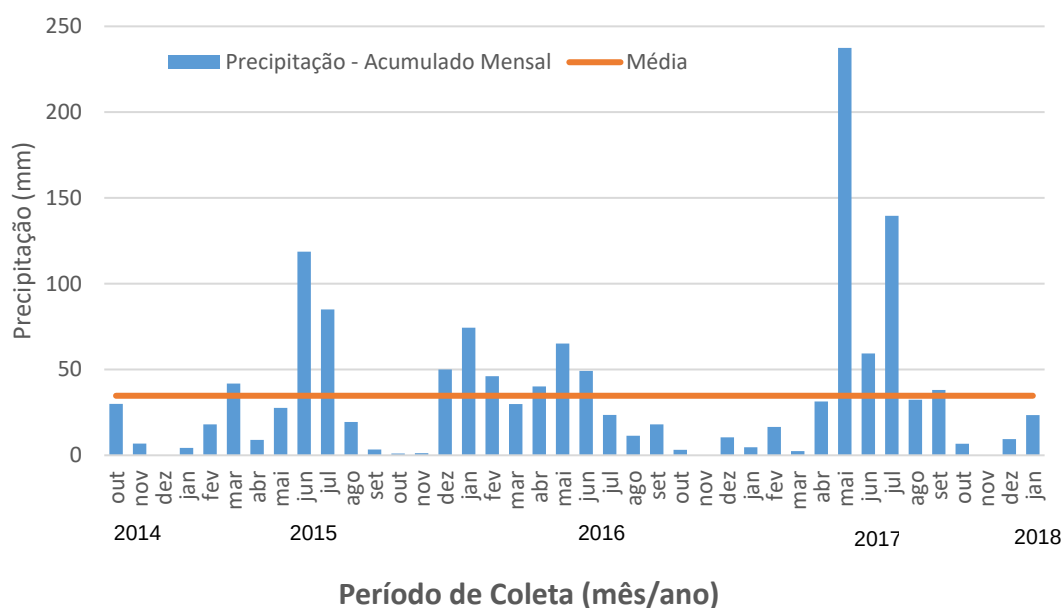
Fonte: Autor (2018)

4.3 Análise dos Dados

Para uma melhor análise dos dados encontrados e para uma comparação espacial da qualidade da água do rio Ipojuca nos pontos de coleta realizou-se testes ANOVA e Tukey (VIEIRA, 2006). Esses testes foram realizados para cada parâmetro, comparando os pontos de coletas. Todos esses testes estatísticos foram realizados no BioEstat.

Segundo Walpole et al. (2009), o teste ANOVA é uma ótima avaliação da homogeneidade de um grupo de médias. Além disso, Sousa et al. (2012), após fazer vários testes de eficiência com métodos de comparações múltiplas entre médias, concluiu que o Teste de Tukey era o mais indicado por causa do nível de confiança nos seus resultados.

Por causa do extenso período de coletas, as interferências nos resultados são inúmeras, o que resultou em variâncias altas. Assim, para calcular-se a média dos dados e fazer comparação com os limites exigidos na norma vigente, os dados foram separados em duas situações: meses secos (com precipitação acumulada mensal menor que a média do período de coletas) e meses chuvosos (com precipitação acumulada mensal maior que a média do período de coletas). A Figura 7 apresenta dados coletados de precipitação acumulada mensal para os meses durante o período de realização deste trabalho e a média desses mesmos dados, que foi de 34,7 mm. Os meses considerados como secos (MS) foram: outubro, novembro e dezembro de 2014; janeiro, fevereiro, abril, maio, agosto, setembro, outubro e novembro de 2015; março, julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2016; janeiro, fevereiro, março, abril, agosto, outubro, novembro e dezembro de 2017; e janeiro de 2018. Os meses considerados como chuvosos (MC) foram: março, junho, julho e dezembro de 2015; janeiro, fevereiro, abril, maio e junho de 2016; e maio, junho, julho e setembro de 2017.

Figura 7 - Precipitação acumulada mensal

Fonte: APAC, adaptado

Para a avaliação da concentração de fósforo calculou-se, a partir da metodologia de Lamparelli (2004), o Índice de Estado Trófico (IET), que quantifica e classifica o corpo d'água segundo seu nível de estado trófico. A equação utilizada para o cálculo do IET está apresentada abaixo, a concentração de fósforo (P) usada na equação é em $\mu\text{g/L}$. Com os valores de IET, o CETESB (2007) classifica o corpo hídrico como está apresentado na Tabela 4. Destaca-se que quanto menor o índice de estado trófico mais limpa é a água.

$$\text{IET} = 10 * \left(6 - \left(\left(0,42 - 0,36 * \left(\frac{\ln P}{\ln 2} \right) \right) \right) \right)$$

Tabela 4 - Classificação do estado trófico

Valor de IET	Classe de Estado Trófico
< 47	Ultraoligotrófico
47 < IET ≤ 52	Oligotrófico
52 < IET ≤ 59	Mesotrófico
59 < IET ≤ 63	Eutrófico
63 < IET ≤ 67	Supereutrófico
> 67	Hipereutrófico

Fonte: CETESB (2007)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Avaliação Visual dos Pontos de Coleta

O ponto de coleta P1, mostrado na imagem de satélite na Figura 8, tem como principal característica estar localizado em zona rural. Por isso, é notória a presença de mata ciliar mais preservada nas margens do rio, além do espelho d'água estar constantemente recoberto por vegetação (macrófitas pequenas, etc.). Nessa região é comum a presença de reservatórios (açudes) que acumulam água da chuva e, por causa do relevo, têm contato com o rio, o que também serve de alimentação para o mesmo.

Figura 8 - Imagem de satélite do ponto P1



Fonte: Google Earth (2018)

Outra característica importante do ponto P1 é que a presença de água nele é fortemente ligada a chuva. Em épocas de grande estiagem, com meses seguidos sem chuva, o ponto P1 seca ligeiramente. Esse fato está mostrado na Figura 9a, e é possível observar que o leito do rio passa a ter uma aparência de estrada de solo batido, com vários buracos feitos pela população em busca de água para o consumo animal. A Figura 9b mostra a situação do rio no local de coleta, quando há a presença de água, sendo notável que o volume de água não é tão grande, facilitando a passagem da população.

Figura 9 - Fotos do ponto de coleta P1: (a) Período seco em 2016 e (b) Período chuvoso em 2015



Fonte: Autor

Após um período de chuvas o ponto P1 voltou a ter água, e posteriormente, voltou a secar com a chegada da estiagem. A foto mostrada na Figura 10 mostra a ocasião em que o ponto foi visitado para a realização da coleta, mas a mesma não pode ser realizada, porque o volume de água já era reduzido. Pela análise da imagem foi possível perceber que o ambiente estava eutrofizado com a dominância de macrófitas bioindicadoras de ambientes eutrofizados, a *Eichornia crassipes*. Foi possível observar que macrófitas tomaram todo o espelho d'água, facilitando o desenvolvimento de uma vegetação de porte maior em cima do leito do rio.

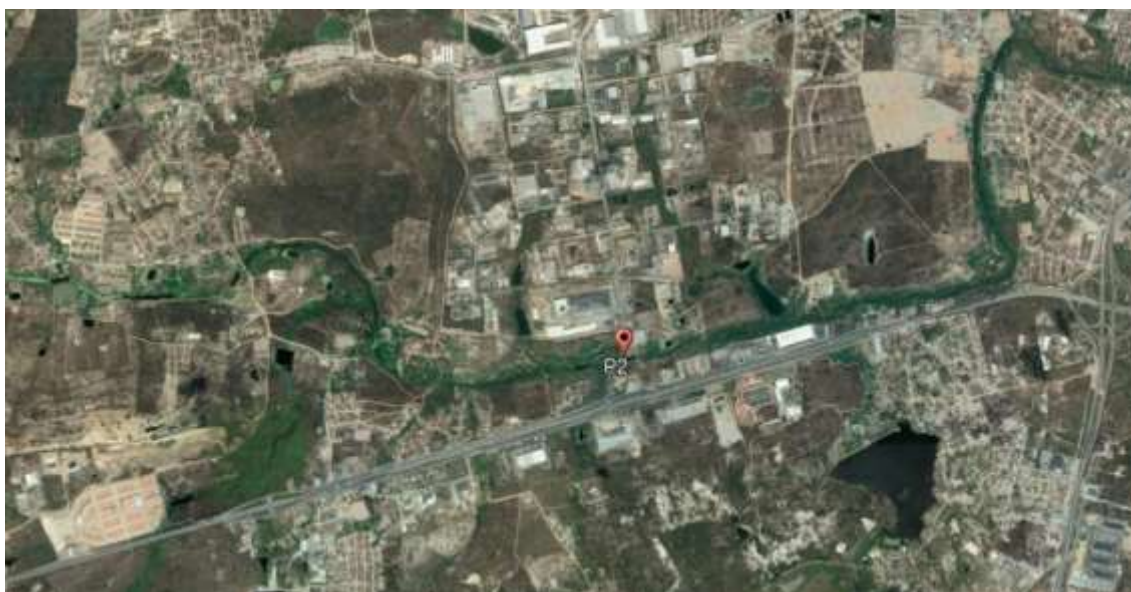
Figura 10 - Foto do ponto de coleta P1 com espelho d'água recoberto por vegetação



Fonte: Autor (2017)

O ponto P2 está localizado no bairro industrial na cidade de Caruaru, ou seja, praticamente não há domicílios próximos a esse ponto. Apenas indústrias dos mais variados portes se encontram por essa área, como lavanderias têxteis, indústrias alimentícias e também de cimento e cerâmica. Apesar disso, depois do ponto P1, o rio cruza o bairro residencial do Alto do Moura, o que acarreta no carregamento de carga poluidora doméstica desse bairro para o ponto P2. A Figura 11 apresenta, por imagem de satélite, a localização do ponto P2.

Figura 11 - Imagem de satélite do ponto P2



Fonte: Google Earth (2018)

Nessa região, as construções têm, por menor que seja, um distanciamento da margem do rio, e isso permite que a mata ciliar ainda se desenvolva. Nesse ponto as águas do rio têm como característica principal a alta concentração de vegetação na sua superfície, como é mostrado na Figura 12a. Além disso, o ponto P2 possui visivelmente um volume de água maior que em P1, porém em períodos longos sem chuva seu volume diminui drasticamente, chegando a secar em alguns meses de coleta. Segundo Cirilo (2008), o pouco volume de escoamento das águas superficiais na região semiárida do nordeste brasileiro deve-se ao clima e à geologia da região. A estrutura geológica é, em maior parte, de solo rochoso, dificultando a troca de águas entre os rios e corpos hídricos subterrâneos. Resultando assim na predominância de rios com regime temporário. E na Figura 12b mostra-se a situação do rio nesse ponto antes dele ficar apenas com poças de águas distribuídas em seu leito. Nessa ocasião, a presença de vegetação é bastante intensa por causa da alta concentração de nutrientes no pouco volume de água.

Figura 12 - Fotos do ponto de coleta P2: (a) Vista superior do espelho d'água e (b) Volume de água reduzido por causa do período seco



Fonte: Autor (2016)

Nas ocasiões quando o volume de água é razoável por causa das chuvas e tinha-se uma vazão visível, como o ponto P2 apresenta em grande parte do tempo, ele tem a aparência mostrada na Figura 13. As macrófitas se concentram na região mais próxima as margens por causa da maior vazão do rio no meio de sua seção, o que impede a fixação das mesmas. Segundo Tur (1972), a localização dos acúmulos de macrófitas trocam constantemente de posição, estando isso ligado a ação dos ventos e da correnteza. E para Pott & Pott (2003), a ancoragem dessas macrófitas nas margens acontecem principalmente quando há secas já evidentes. Além disso, é comum ver animais pastando nas margens do rio e se alimentando das vegetações da mata ciliar, que é, em comparação com os outros pontos, mais conservada.

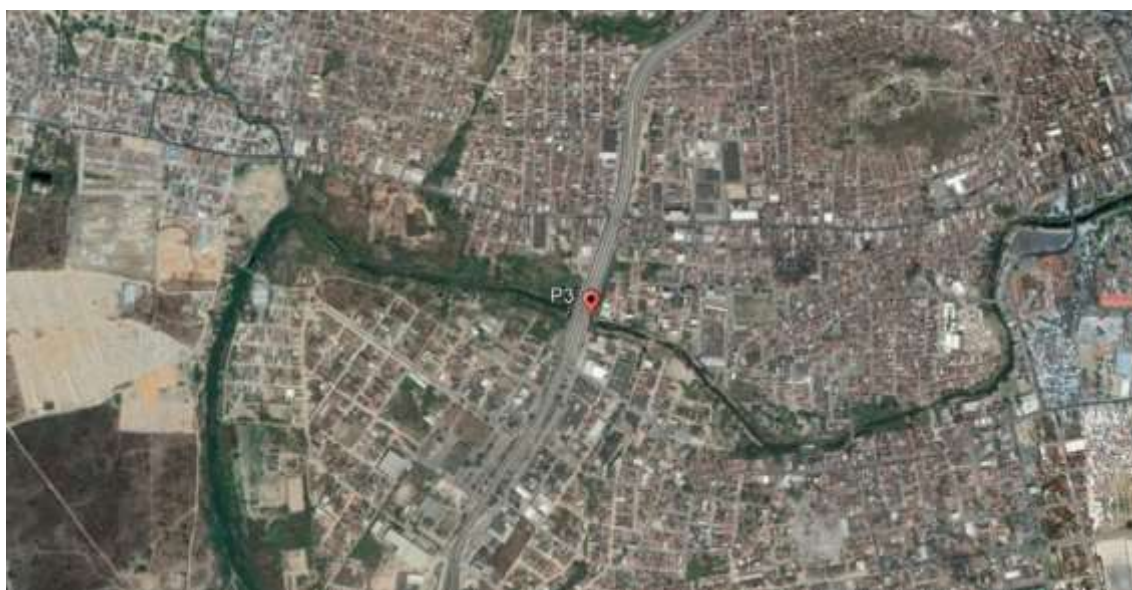
Figura 13 - Foto do ponto de coleta P2



Fonte: Autor (2017)

O ponto P3 se encontra em uma região densamente povoada da cidade, as construções chegam bem próximo às margens do rio e é fácil encontrar emissários lançando efluentes de origem desconhecida. Esse ponto é o primeiro ponto, dos pontos de coleta seguindo o fluxo do rio, a ter uma vazão perceptível, além de ser um ponto onde o mau cheiro pode incomodar. A Figura 14 apresenta a localização do ponto P3. Pela figura percebe-se que à montante do ponto a mata ciliar ainda sobrevive, enquanto que à jusante as construções tomam todo o espaço da margem, deixando apenas o espaço do leito do rio.

Figura 14 - Imagem de satélite do ponto P3



Fonte: Google Earth (2018)

Ao contrário dos outros dois pontos já citados, o ponto P3 não possui vegetação em seu espelho d'água, provavelmente por causa da maior vazão que possui. Na Figura 15a é possível ver do lado esquerdo um córrego que despeja efluente no rio, além de alguns dejetos espalhados no leito. Já na Figura 15b é possível ver até que ponto as construções chegam na margem do rio. Essa região, em épocas de uma cheia intensa, é uma das primeiras a sofrer com enchentes, por causa da falta de espaço que o rio possui.

Figura 15 - Fotos do ponto de coleta P3: (a) Vista superior do ponto e (b) Construções próximas ao leito do rio



Fonte: Autor (2016)

Na Figura 16 está apresentada uma situação comum não só no ponto P3, como também em vários lugares da cidade, além dos pontos de coleta estudados. Por causa do intenso crescimento da cidade, não é realizado, junto com esse desenvolvimento, um projeto de urbanização adequado. Assim, a população que não é abrangida pelo sistema de esgotamento sanitário da despeja seus efluentes domésticos diretamente no rio, sem esse esgoto passar por nenhum tratamento. Seja por falta de atendimento concessionária de água e esgoto que atende a cidade de Caruaru, ou por falta de fiscalização dos órgãos ambientais responsáveis, essa realidade é bem comum na região.

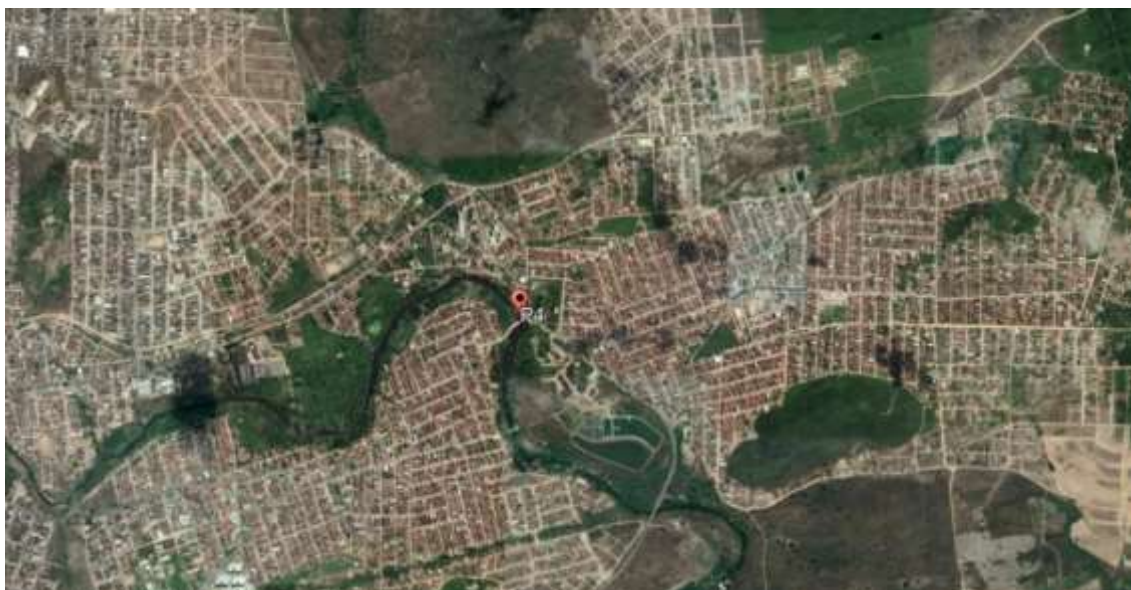
Figura 16 - Foto do ponto de coleta P3



Fonte: Autor (2017)

Apesar de estar localizado em uma região bem povoada, como é o caso de P3, o ponto P4 já começa a apresentar uma maior incidência de mata ciliar nas margens do rio. Nesse ponto o volume de água já é bem maior que nos outros três pontos de coleta. A Figura 17 apresenta a localização de P4, em que também é possível ver tubulações despejando dejetos no rio, além de ter uma alta presença de cágados nas águas do rio.

Figura 17 - Imagem de satélite do ponto P4



Fonte: Google Earth (2018)

Nesse ponto, a vazão à montante é mínima, pois a água encontra em seu caminho muitas barreiras para sua passagem. Em primeiro lugar a água não tem toda a extensão da passagem molhada para passar de montante para jusante, apenas algumas tubulações (de grande diâmetro) que ficam distribuídas ao longo da largura do rio. Além disso, há a presença excessiva de vegetação e de descartes de atividades antrópicas, como sacos com lixo orgânico, restos de eletroeletrônicos (televisores, máquinas de lavar, etc), pneus e, por vezes, animais mortos (cães e porcos, que rondam a região enquanto vivos). Na Figura 18a é possível visualizar o rio a jusante da passagem, sem a presença de vegetação, com domicílios próximos e com incidência de cágados. Já na Figura 18b está mostrado a barreira que a água encontra para conseguir passar, a vegetação toma conta do espelho d'água e gera o acúmulo de lixo.

Figura 18 - Fotos do ponto de coleta P4: (a) À jusante e (b) À montante



Fonte: Autor (2016)

A Figura 19 mostra outras características relevantes do ponto de coleta P4. Na Figura 19a está evidenciado a presença elevada de compostos como surfactantes na água do rio, visto que, na ocasião de uma coleta, quando a vazão estava maior que a de costume, a formação de espumas estava bem elevada. Além disso, as mesmas não se desfaziam facilmente. Já o que está mostrada na Figura 19b é comum para esse ponto, o acúmulo excessivo de lixo jogado pela população no lado a montante da passagem molhada. A Figura 19c mostra uma característica bastante interessante desse ponto de coleta, que já induz a alguns resultados da qualidade da água nesse local que será discutido com valores posteriormente. Observa-se comumente nesse ponto o aparecimento de bolhas na superfície da água, juntamente com manchas mais escuras que surgem por causa do solo do leito do rio que emerge. Esse fenômeno indica que provavelmente estão acontecendo processos biológicos anaeróbios no leito do rio. Esses processos geram um biogás que emerge até a superfície levando consigo o solo e gerando as bolhas, assim, evidencia-se uma concentração muito baixa de oxigênio nesse local, tornando esse tipo de processo possível. E finalmente, a Figura 19d mostra mais uma vez emissários lançando efluentes líquidos de origem desconhecida no rio.

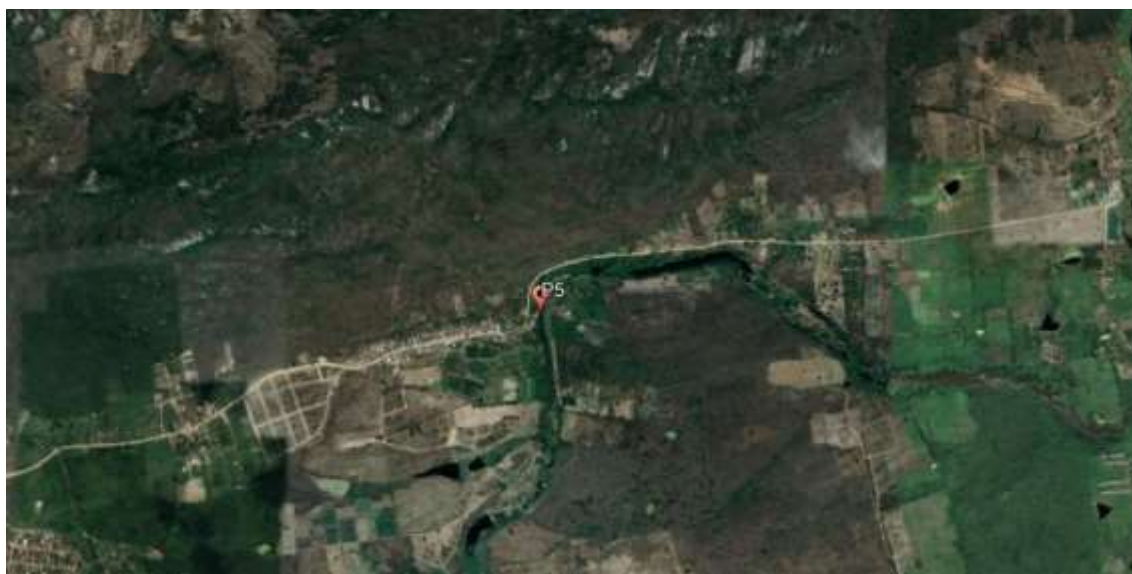
Figura 19 - Fotos do ponto de coleta P4: (a) Situação à jusante com formação de espuma, (b) Acúmulo de lixo à montante, (c) Situação à jusante com formação de gases no leito e (d) Emissário lançando efluentes



Fonte: Autor (2017)

O ponto de coleta P5 é por características físicas e localização muito parecido com o ponto P1. Ele também é localizado na zona rural, a mata nas margens é bastante extensiva e conservada, porém esse ponto não chega a secar mesmo com meses seguidos de seca, provavelmente porque recebe o volume de água e esgoto (tratado ou não) remanescente da cidade. A Figura 20 mostra a localização desse ponto de coleta e é notório que a influência de esgoto doméstico, no ponto P5, é mínima.

Figura 20 - Imagem de satélite do ponto P5



FONTE: Google Earth (2018)

A coleta nesse ponto foi realizada com acesso diretamente ao rio pela margem, em um ponto do rio onde a população utiliza para cruzar de uma margem para outra, como está mostrado na Figura 21a. Em várias coletas foi possível notar a presença de pequenos peixes, além de nas margens do rio haver criações de animais, como ovelhas, bois e vacas. Uma característica importante desse ponto é a intensa presença de macrófitas, como mostrado na Figura 16b. Por muitas vezes, o único ponto do rio nessa região onde se era possível ver o espelho d'água era no local onde a população atravessava o rio. É comum que a prefeitura de Caruaru realize limpezas periódicas, retirando essas macrófitas, porém esse tipo de planta tem por característica a rápida reprodução e proliferação, voltando rapidamente ao estado mostrado na Figura 21b.

Figura 21 - Fotos do ponto de coleta P5: (a) Local por onde a população atravessa o rio e (b) Espelho d'água totalmente coberto por vegetação



Fonte: Autor (2015)

É comum por parte da prefeitura da cidade de Caruaru a realização de limpezas periódicas no rio Ipojuca. Não só para retirada do lixo jogado pela população que se acumula no curso do rio, como também a retirada das macrófitas que se acumulam de forma excessiva no espelho d'água. Nessas situações, as macrófitas são consideradas daninhas, trazendo problemáticas como a redução da biodiversidade (Winton & Cleiton, 1996) e na utilização antrópica das águas como na navegação e no uso para abastecimento por causa do entupimento das tubulações (Mitchel et al., 1990). Para Cook (1990), as populações de macrófitas são os sintomas de alteração do meio aquático e não suas causas. Na Figura 22 é possível observar o ponto de coleta P5 quando ocorreu essa limpeza do rio realizada pela prefeitura.

Figura 22 - Foto do ponto de coleta P5 após limpeza e retirada da vegetação que recobria o espelho d'água



FONTE: Autor (2017)

5.2 Análise Estatística

O resultado do teste ANOVA, feito entre os pontos de coleta, em cada parâmetro analisado, está apresentado na Tabela 5. Pode-se observar que os resultados demonstram que nos parâmetros pH, condutividade, salinidade e fósforo não foi detectado uma diferença significativa entre o comportamento dos pontos de coleta. Para que na temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez, DQO, DBO, nitrogênio amoniacal e nitrogênio total houveram diferença entre os pontos.

Tabela 5 - Resultados do teste ANOVA

Parâmetro	ANOVA	Interpretação	Parâmetro	ANOVA	Interpretação
Temperatura	$P < 0,0001$	S	DQO	$P = 0,0002$	S
pH	$P = 0,1195$	NS	DBO	$P < 0,0001$	S
OD	$P = 0,0022$	S	Fósforo	$P = 0,1070$	NS
Condutividade	$P = 0,5585$	NS	Amônia	$P < 0,0001$	S
Salinidade	$P = 0,5439$	NS	Nitrogênio Total	$P = 0,0002$	S
Turbidez	$P = 0,0006$	S			

Nota: S = significativo / NS = não significativo

Fonte: Autor (2018)

Para os sete parâmetros em que se detectou diferença significativa entre os pontos, realizou-se o teste de Tukey para identificar, em cada parâmetro, quais pontos se assemelham e quais se diferenciam. Desses sete parâmetros, dois (temperatura e OD) apresentaram

resultados que não mostravam compatibilidade ou similaridade entre nenhum dos pontos, sendo impossível ser empregada a classificação que foi feita para os outros parâmetros e que será mostrada na Tabela 6. A partir dos resultados obtidos com o teste TUKEY, classificou-se os pontos quanto ao seu comportamento com relação aos demais, tentando-se assim determinar uma relação entre os locais de coleta. A classificação obtida está apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 - Classificação dos pontos segundo o teste TUKEY

Parâmetro	Pontos de Coleta				
	P1	P2	P3	P4	P5
Turbidez	a	b	ab	abc	ac
DQO	a	ab	bc	acd	ad
DBO	a	b	b	b	a
Nitrogênio Amoniacal	a	a	b	b	b
Nitrogênio Total	a	a	b	b	b

Fonte: Autor (2018)

Os parâmetros turbidez e DQO resultaram em classificações dispersas, em que todos os pontos apresentam diferenças e semelhanças entre si. Para a turbidez o ponto P1 e P2 possuem diferença significativa. Enquanto que o ponto P1 se assemelha aos outros três pontos, o ponto P2 se assemelha apenas aos pontos P3 e P4. Para a DQO o ponto P1 possui semelhança com P2, que por sua vez possui semelhança com P3, que tem semelhança com P4. Já o ponto P4 se assemelha com P3, e com P1 por começar a voltar às condições em que o rio entrou na cidade. O ponto P5 se assemelha a P4 por carregar sua carga poluidora e a P1 por também ter sua localização na zona rural.

Para a DBO o rio apresentou um comportamento que se justifica com a localização dos pontos. Os pontos P1 e P5, ambos na zona rural, não apresentaram diferenças em seu comportamento, enquanto que os outros três pontos, todos na zona urbana, se diferenciaram de P1 e P5, mas se assemelharam entre si. Em termos de nitrogênio amoniacal e total obteve-se os mesmos resultados, o rio entra na cidade com um comportamento (ponto P1) e se mantém da mesma forma no ponto P2, porém quando chega em P3 (primeiro ponto da região mais densamente povoada) muda seu comportamento e se mantém dessa forma até o último ponto, que apesar de ser na zona rural carrega muito a carga poluidora dos pontos anteriores.

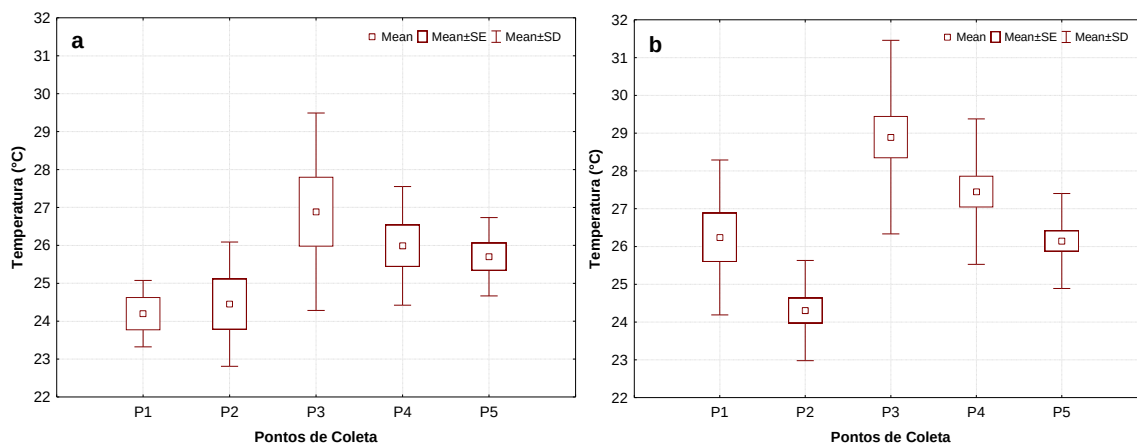
Para a temperatura, os pontos demonstraram comportamento diferentes estatisticamente uns com os outros. A temperatura média dos pontos no período chuvoso foi 25 °C, enquanto que no período seco a temperatura aumentou chegando a 27 °C. No caso do oxigênio dissolvido, o mesmo comportamento dos resultados ocorreu. No período chuvoso, onde há um volume de água maior, o OD médio dos pontos foi de 1,4 mg O₂/L, enquanto que no período seco foi de

1,1 mg O₂/L. Com esses resultados observa-se que o fator chuva não influenciou de forma significativa a concentração de oxigênio na água. Além disso, nessas condições de OD o trecho do rio Ipojuca na cidade de Caruaru pode ser considerado um ambiente anaeróbico em ambos os períodos avaliados, ou seja, com uma disponibilidade de oxigênio muito baixa. Segundo o CONAMA 357, a menor concentração de OD para se considerar um rio em boas condições é de 5,0 mg O₂/L, evidenciando a precária situação que o rio Ipojuca se encontra. Essa concentração determinada pelo CONAMA serve para que o rio possa, nessas condições de OD, receber uma carga poluidora e o mesmo esteja em condições de assimilar essa carga pelo processo de autodepuração. Com as concentrações apresentadas pelo rio Ipojuca, o mesmo não se encontra com disponibilidade suficiente de oxigênio para realizar autodepuração com uma boa eficiência.

5.3 Avaliação Qualitativa das Águas do Rio Ipojuca

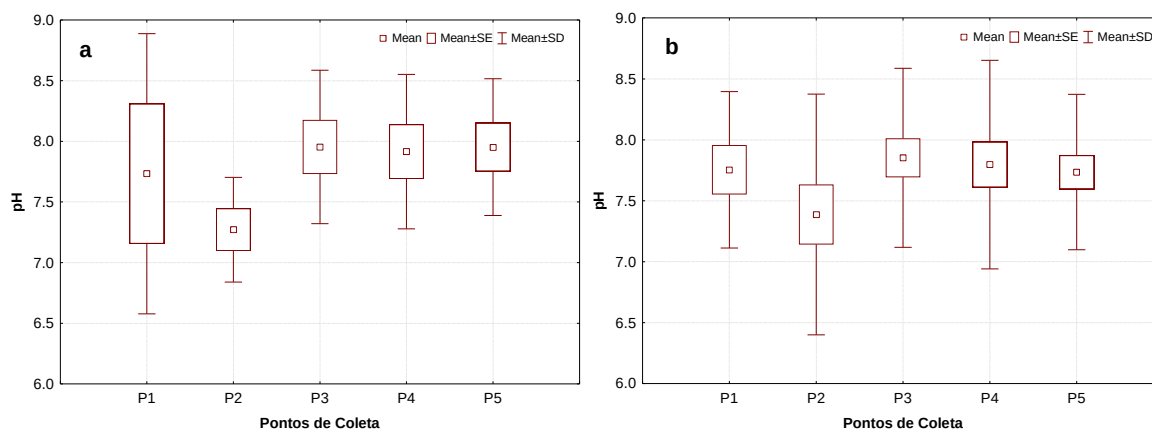
Os resultados obtidos ao longo de todo o período de realização desse estudo mostraram uma variância bem elevada, gerando desvios padrões grandes. Esse fato se dá por causa da inúmera quantidade de fatores que influenciam nos valores encontrados nas coletas. Chuva, atividades antrópicas, ações da prefeitura, festividades culturais, todas essas atividades influenciam na concentração dos parâmetros analisados na qualidade da água. Devido a isso, foi bastante comum encontrar nas análises estatísticas grandes variações dentro de cada ponto de coleta.

Na Figura 23 estão apresentados os resultados para o parâmetro temperatura para os meses chuvosos (MC) e para os meses secos (MS). Nota-se que nos meses chuvosos há um aumento gradativo ao longo do curso do rio na cidade até chegar ao ponto P3, onde então a temperatura tende a cair nos pontos seguintes. Já nos meses secos há um decaimento da temperatura do ponto P1 para P2, voltando a subir em P3 (geralmente o ponto de maior valor) e voltando a cair nos pontos seguintes. A temperatura chegou algumas vezes a valores mais elevados principalmente por causa do pouco volume de água e do calor intenso característicos da região. Esses valores mais elevados influenciam diretamente no ecossistema do rio, como na presença de oxigênio na água, pois temperaturas mais elevadas dificultam a dissolução dos gases no meio hídrico, contribuindo assim para os baixos valores de OD encontrados (VON SPERLING, 2007).

Figura 23 - Temperatura nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos

Fonte: Autor (2018)

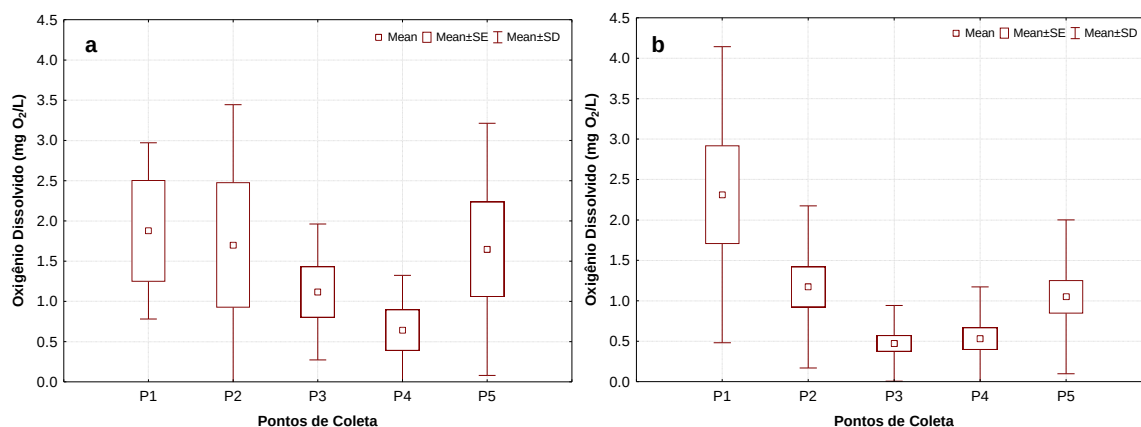
Na Figura 24 estão apresentados os resultados de pH para ambos os períodos estudados (chuvoso e seco). Não há uma diferença que seja significativa entre os pontos, os mesmos apresentam médias muito parecidas. No entanto, é possível notar que o ponto P2, em ambos os períodos, apresentou uma média inferior aos outros pontos. Isso provavelmente se deu porque o ponto P2 está localizado no bairro industrial da cidade, dando indícios de que a maior influência na qualidade da água do rio é provinda do esgoto doméstico e não do industrial, tendo em vista os menores valores encontrados para pH no ponto P2. Além disso é importante destacar que em algumas ocasiões, tanto nos meses chuvosos ou secos, o pH da água do rio chegou a atingir valores acima de 9. Valores como esses não deveriam ser alcançados em rios, pois mostram que o ambiente está bastante alcalino e isso prejudica fortemente o meio aquático e qualquer que possa ser a utilização dessa água. O pH é um parâmetro considerado de difícil interpretação no meio aquático visto que há um número grande de fatores que podem influenciar no seu valor (ESTEVES, 2011). Porém o estado mais alcalino das águas do Ipojuca pode ser devido a dissolução de sais do solo das margens e do leito do rio, pois segundo Von Sperling (2007) um dos fatores influentes no pH é a dissolução de rochas, além antrópicos como o lançamento de efluentes. Ainda para Esteves (2011), as reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água tendem a elevar o pH do meio.

Figura 24 - pH nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos

Fonte: Autor (2018)

Os resultados de oxigênio dissolvido, apresentados na Figura 25, mostraram comportamentos e valores similares nos dois períodos estudados. No período chuvoso os pontos P1, P2 e P3 apresentaram um comportamento muito parecido, isso se deu por causa da maior incidência de chuva e por serem locais de características semelhantes. Já nos meses secos o que ocorreu foi um cenário onde pode-se determinar com mais facilidade os pontos de coleta onde o lançamento de esgoto se deu de forma mais acentuada. O ponto P1 apresentou os maiores valores de oxigênio dissolvido entre todos os pontos. Do ponto P1 para o P2 há uma diminuição da concentração de OD, indicando que nesse trecho já acontecia a depleção do oxigênio para a degradação da carga poluidora que no rio é lançada. Essa queda nos valores de OD se acentua mais quando estamos no ponto P3, chegando em várias coletas a valores próximos de zero. O mesmo ocorreu no ponto P4, que pelas características do local e pelos resultados encontrados se assemelha muito ao ponto anterior. E, finalmente, no ponto P5 o rio começa a apresentar uma melhora na sua condição, apresentado um leve aumento nas concentrações de OD. Esse fato leva a considerar que no último trecho a entrada de cargas poluidoras na água diminui, dando ao rio condições para o mesmo realizar o processo de autodepuração, tentando devolver ao ambiente aquático suas condições naturais. Porém, apesar dessa melhora não se pode dizer que o rio assimila toda a poluição imposta pela cidade de Caruaru nele.

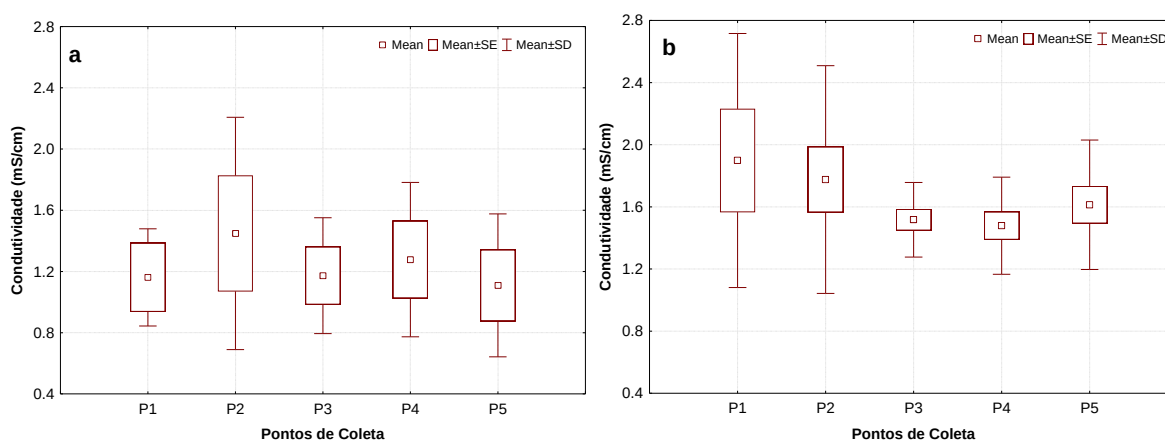
Figura 25 - Concentração de Oxigênio Dissolvido nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos



Fonte: Autor (2018)

Quanto aos resultados de condutividade apresentados na Figura 26, os pontos entre si não apresentam uma grande diferença entre si, eles permanecem todos numa mesma faixa de valores. O que é notável é a influência da chuva nos resultados encontrados. Percebe-se que no período seco, os resultados foram maiores que os resultados nos meses chuvosos. O que ficou evidenciado pelos dados de condutividade foi que a chuva agiu diluindo os sais presentes no meio, diminuindo sua concentração.

Figura 26 - Condutividade nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos

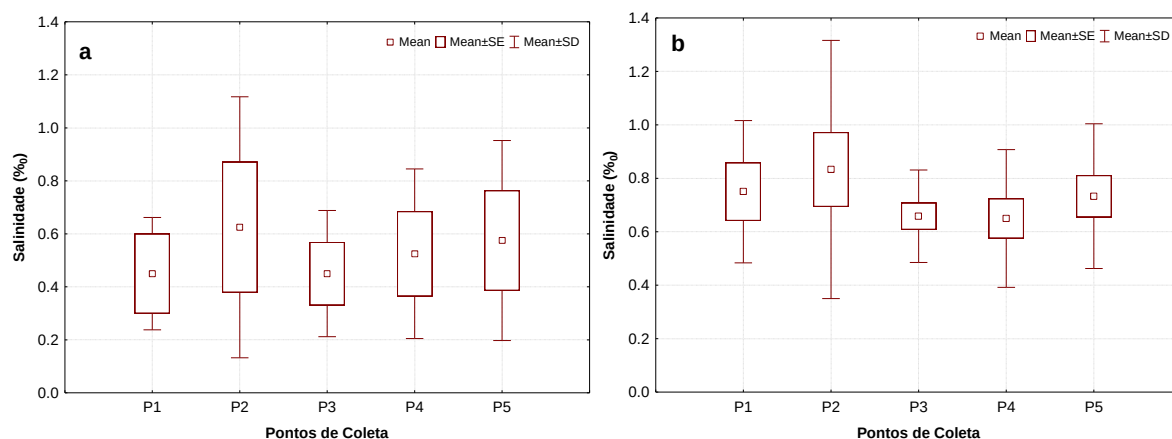


Fonte: Autor (2018)

A Figura 27 apresenta os resultados obtidos nesta pesquisa para o parâmetro de salinidade. Mais uma vez não é significativo a diferença entre as médias dos pontos, todos eles apresentaram valores próximos. O que se evidencia mais uma vez é a ação da chuva na diluição dos sais presentes na água, visto que no período chuvoso as médias foram um pouco menores

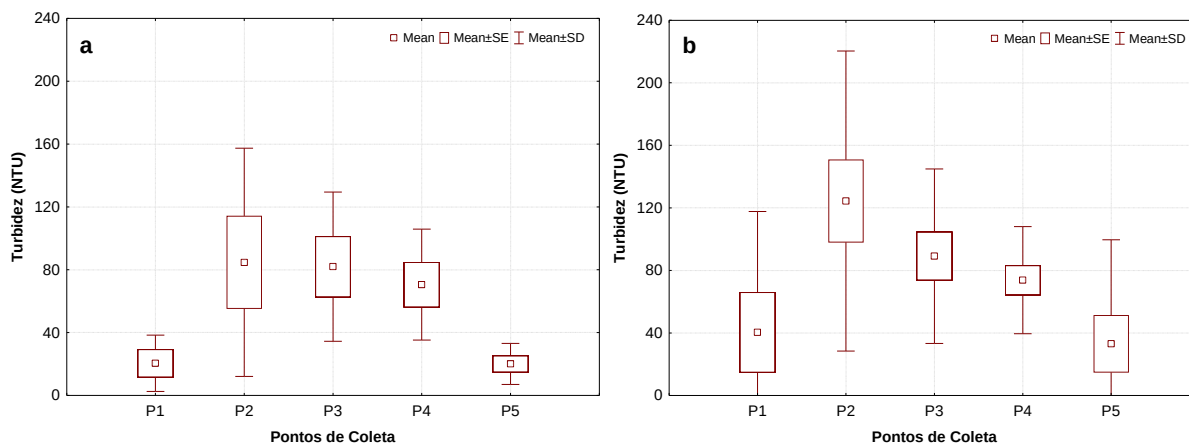
que no período seco. Entretanto, é importante salientar que por diversas vezes a salinidade do rio medida na coleta atingiram valores altos, acima de 0,5‰ segundo o CONAMA 357 (2005), o que caracteriza a água como salobra. Os valores encontrados podem estar ligados às características dos efluentes da região, como o têxtil que apresenta em sua composição inúmeros compostos que dissolvidos na água elevam a salinidade do meio. Para Oliveira, Campos e Medeiros (2010), a salinidade é importante para a avaliação da qualidade da água em regiões semiáridas, pois por ser uma área de elevadas taxas de evapotranspiração, as condicionantes hidrológicas tendem a elevar a concentração de sais.

Figura 27 - Salinidade nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos



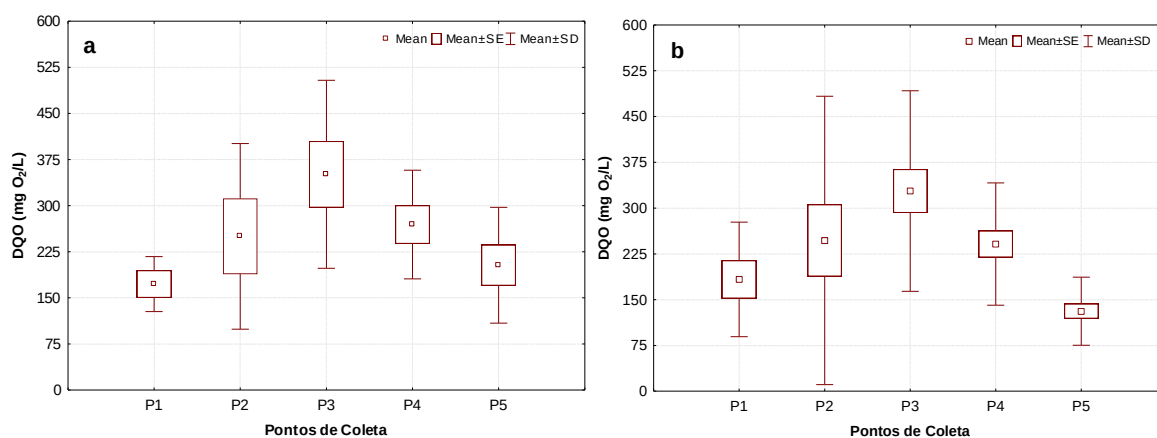
Fonte: Autor (2018)

Os resultados de turbidez apresentados na Figura 28 estão ligados à concentração de sólidos suspensos. O comportamento observado nos meses secos foi uma elevação dos resultados encontrados no trecho do ponto P1 para P2, e à jusante desses pontos ocorre um decaimento gradativo da turbidez da água ao longo dos outros pontos. Enquanto isso, nos meses chuvosos os pontos P1 e P5 apresentaram valores praticamente semelhantes, também ocorrendo com os pontos P2, P3 e P4.

Figura 28 - Turbidez nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos

Fonte: Autor (2018)

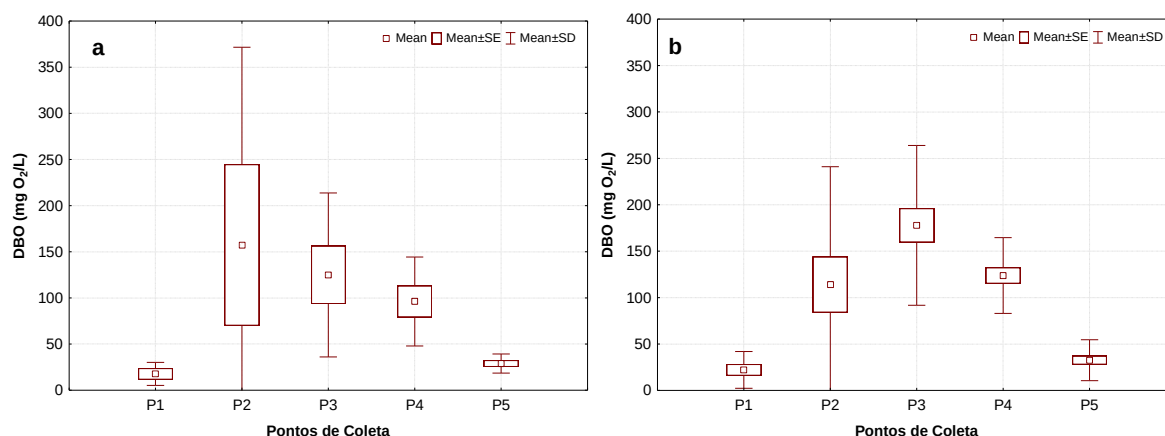
Em relação aos resultados de DQO, apresentados na Figura 29, o comportamento das médias nos pontos em ambos os períodos foi o mesmo. Observa-se uma elevação da concentração à medida que o rio entra na cidade, chegando no ápice no ponto P3. Isso evidencia que o ponto mais crítico, para esse parâmetro, é o P3, principalmente por este ponto estar localizado em um local com grande densidade demográfica, como mostrado nas imagens de satélite, evidenciando assim uma maior incidência de esgoto doméstico sendo lançado nas águas do rio. Entretanto, ao passar desse ponto, os níveis de DQO diminuem gradativamente, mostrando uma diminuição da carga poluidora no rio, principalmente por causa da ação da autodepuração do sistema.

Figura 29 - DQO nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos

Fonte: Autor (2018)

O comportamento dos resultados de DBO, apresentados na Figura 30, foi parecido com o de DQO. Há um aumento da concentração de DBO ao longo do percurso do rio entrando na cidade. Porém, quando comparamos os resultados entre os dois períodos, percebe-se que nos meses secos o ponto com maior valor de DBO foi o P3, enquanto que nos meses chuvosos os maiores resultados encontrados foram no ponto P2. Esse fato pode ser explicado porque no ponto P2 as margens do rio são mais conservadas que no ponto P3, com mais áreas de solos expostos e vegetação. Assim, com a incidência de chuva, muitas vezes com intensidade elevada, facilitou a degradação e carreamento dos materiais vegetais e do solo presentes nas margens de P2, aumento seus valores de DBO.

Figura 30 - DBO nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos



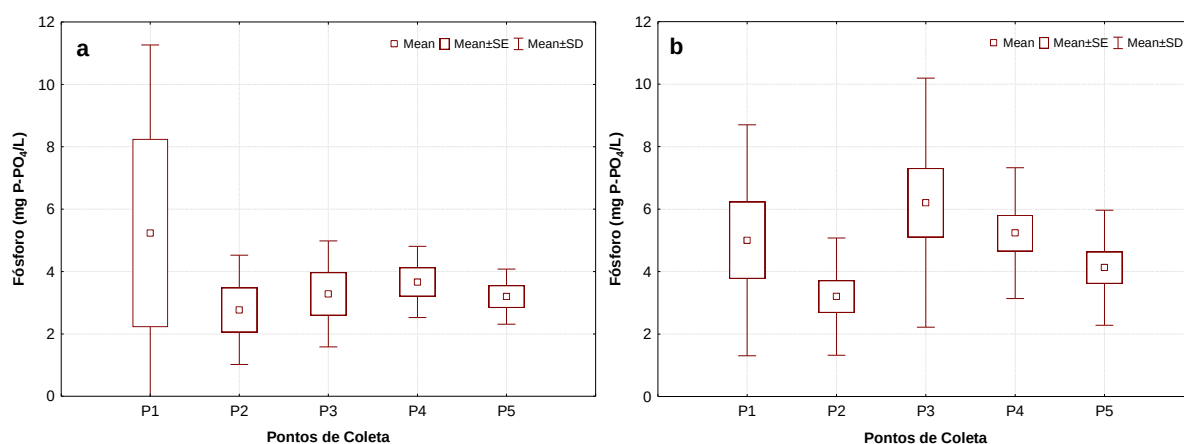
Fonte: Autor (2018)

Quando se avaliou os resultados de DQO e DBO nos pontos de coleta estudados, percebeu-se a problemática enfrentada pelo rio. Após calcular os valores da relação DBO/DQO, encontrou-se resultados médios nos dois períodos de 0,1 em P1, 0,7 em P2, 0,4 em P3, 0,4 em P4 e 0,2 em P5. Valores baixos como aconteceu nos pontos P1, P3, P4 e P5 representam que aquela água não conseguirá voltar às condições ideais apenas passando por tratamentos biológicos, como é o processo de autodepuração. A carga orgânica incidente nesses pontos tem características que os processos biológicos não conseguirão assimilar por completo. Isso mostra que a autodepuração, um processo natural do rio, não será eficiente em devolver ao rio Ipojuca suas condições boas e ideais para o ambiente aquático do mesmo.

Os resultados de fósforo estão apresentados na Figura 31. Não há um comportamento característico para os valores encontrados de fósforo, pois todos os pontos têm um aporte significativo desse nutriente em suas águas. Contudo, pode observar que o ponto P1, no período

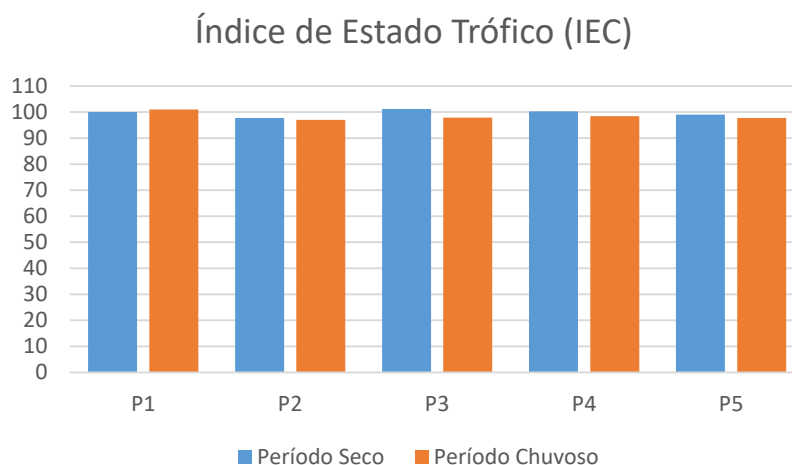
chuvoso apresentou resultados mais elevados que os outros pontos. Isso provavelmente ocorreu porque com os períodos sem chuva o ponto P1 seca totalmente, e com a volta das chuvas essa água acaba retirando do solo toda sua carga de fósforo que ali ficou concentrado. O solo estava exposto e bastante prejudicado por causa da falta de água, além de ser uma característica desse nutriente se acumular junto aos solos. Nos corpos hídricos, a presença de fósforo se dá principalmente pelos aglomerados urbanos e pelo uso agrícola do solo (REKOLAINEM et al., 1997).

Figura 31 - Concentração de Fósforo nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos



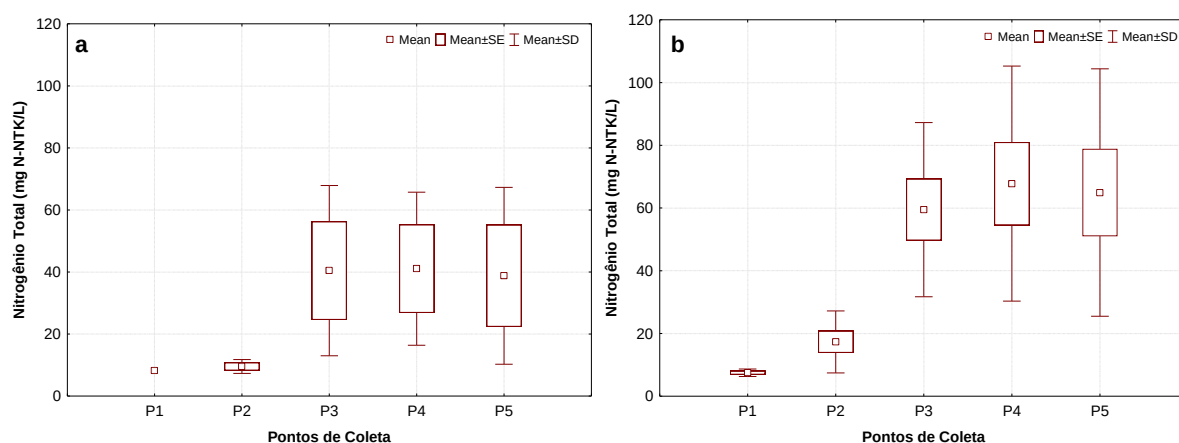
Fonte: Autor (2018)

Para mensurar a intensidade da presença do fósforo nas águas do rio Ipojuca, calculou-se o Índice de Estado Trófico (IET) do meio e os resultados encontrados estão na Figura 32. Todos os pontos, em ambos períodos de coleta, obtiveram IET superiores a 67, sendo caracterizados como ambientes hipereutrofizados. Esse é o maior nível de eutrofização, segundo CETESB (2007). Ainda segundo essa fonte, ambientes com essas características de eutrofização são corpos hídricos com elevada concentração de nutrientes (como o fósforo) e matéria orgânica, propiciando a floração acentuada de algas e macrófitas e causando a mortandade de peixes. Assim, se tem uma água imprópria para qualquer tipo de utilização.

Figura 32 - Resultados da determinação do IET

Fonte: Autor (2018)

Os resultados para nitrogênio total (NTK) estão apresentados na Figura 33. Pela análise da figura foi possível perceber que a maior incidência de nitrogênio se dá quando o rio chega nas áreas mais populosas da cidade, onde é provável ter a maior quantidade de lançamentos de esgotos doméstico. Assim, se evidencia mais uma vez que a influência do esgoto industrial, focado no ponto P2 que está localizado no polo industrial, é pequena quando comparado ao doméstico. E o ponto P5, apesar de estar localizado em zona rural, carrega a carga poluidora dos pontos anteriores, por isso os valores mais elevados de nitrogênio.

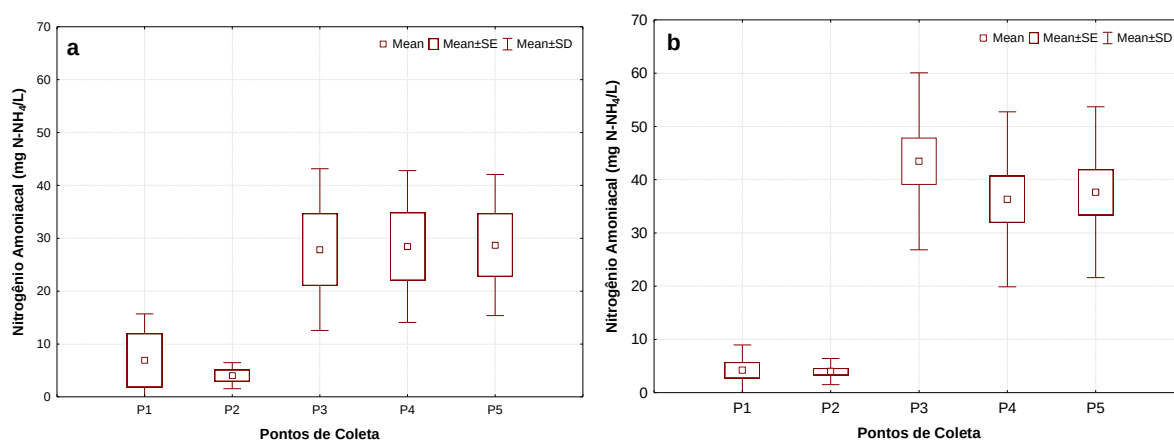
Figura 33 - Concentração de Nitrogênio Total nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos

Fonte: Autor (2018)

Os resultados de nitrogênio amoniacal, apresentados na Figura 34, apresentaram resultados compatíveis com os de nitrogênio total, evidenciando a veracidade dos dados. Mais

uma vez mostrando a influência de esgotos domésticos lançados no rio na área urbana da cidade, a concentração de nitrogênio amoniacal sobe consideravelmente quando o rio chega no ponto P3. Além disso, é característico da amônia indicar proximidade dos locais de lançamento, sendo chamada de poluição recente. Esse fato se dá, pois, a mesma, em pouco tempo exposta ao ambiente, sofre reações biológicas e se transforma em nitrogênio orgânico. Dessa forma, a presença de amônia indica que seu lançamento no corpo hídrico se deu nessas proximidades, e isso evidencia que nos pontos de coleta P3, P4 e P5 há o lançamento ativo de esgoto nas águas do rio.

Figura 34 - Concentração de Nitrogênio Amoniacal nos (a) meses chuvosos e (b) meses secos



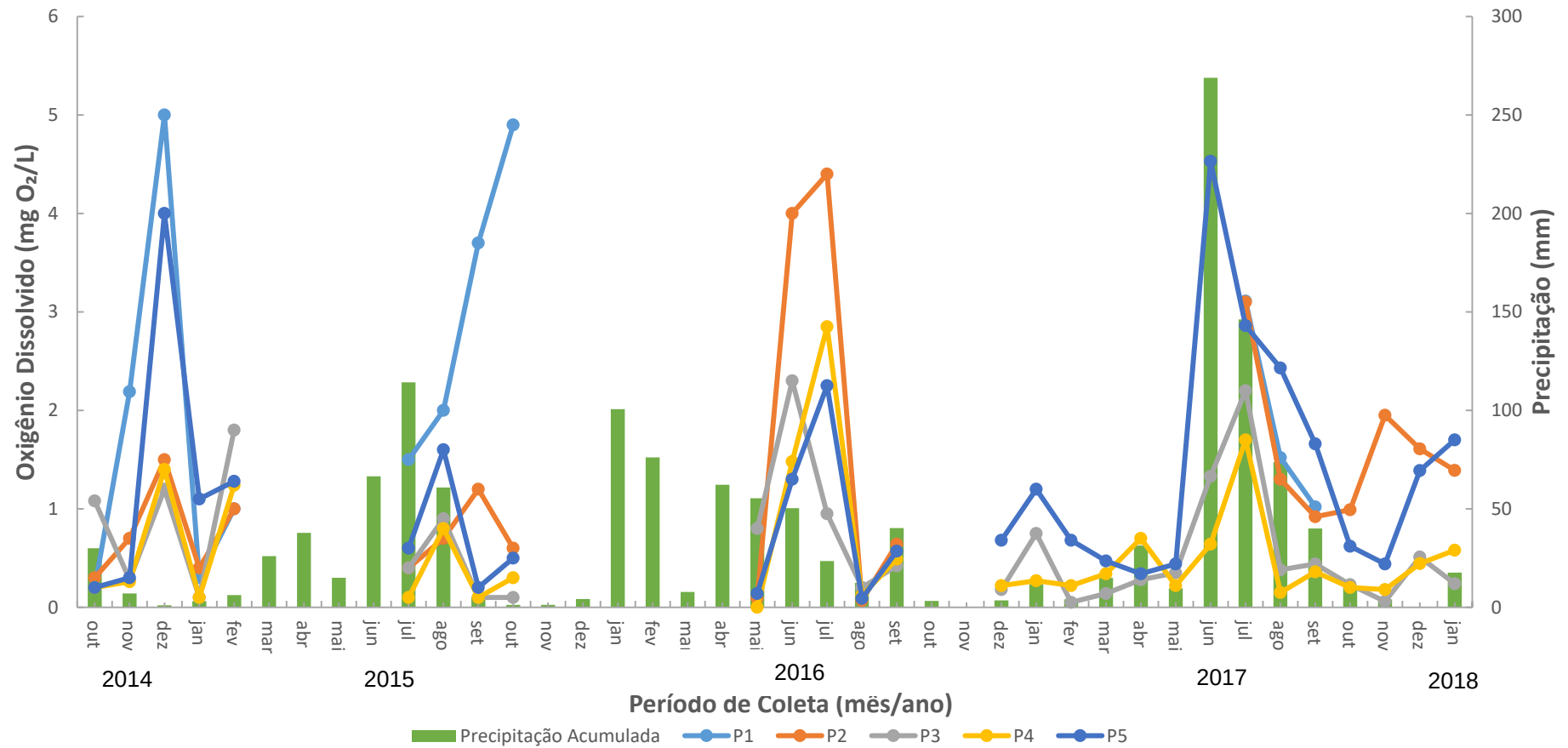
Fonte: Autor (2018)

Além da análise das médias nos pontos para cada parâmetro, também foi uma proposta do presente trabalho analisar o comportamento do rio ao longo de todo o período de realização deste estudo. Os dados de avaliação estão apresentados nas Figuras 35, 36 e 37. Os parâmetros OD, DQO e DBO foram escolhidos por terem o maior número de dados com relação aos outros parâmetros e também por serem indicadores diretos da realização ou não do processo de autodepuração no rio. Além desses parâmetros, está representado também nos três gráficos dados de chuva dos trinta dias imediatamente anteriores ao dia de realização da coleta, para analisar a influência da chuva nos resultados encontrados.

No início do período de coletas (dezembro de 2014) houveram resultados razoáveis de OD, com relação ao resto do período. Ao mesmo tempo que os valores de DQO e DBO foram mais baixos, assim não consumindo tanto do oxigênio para sua degradação e explicando os valores mais elevados de OD. Porém no início do ano de 2015 as concentrações de oxigênio caíram drasticamente. Além disso, a cidade de Caruaru é conhecida por suas festas juninas.

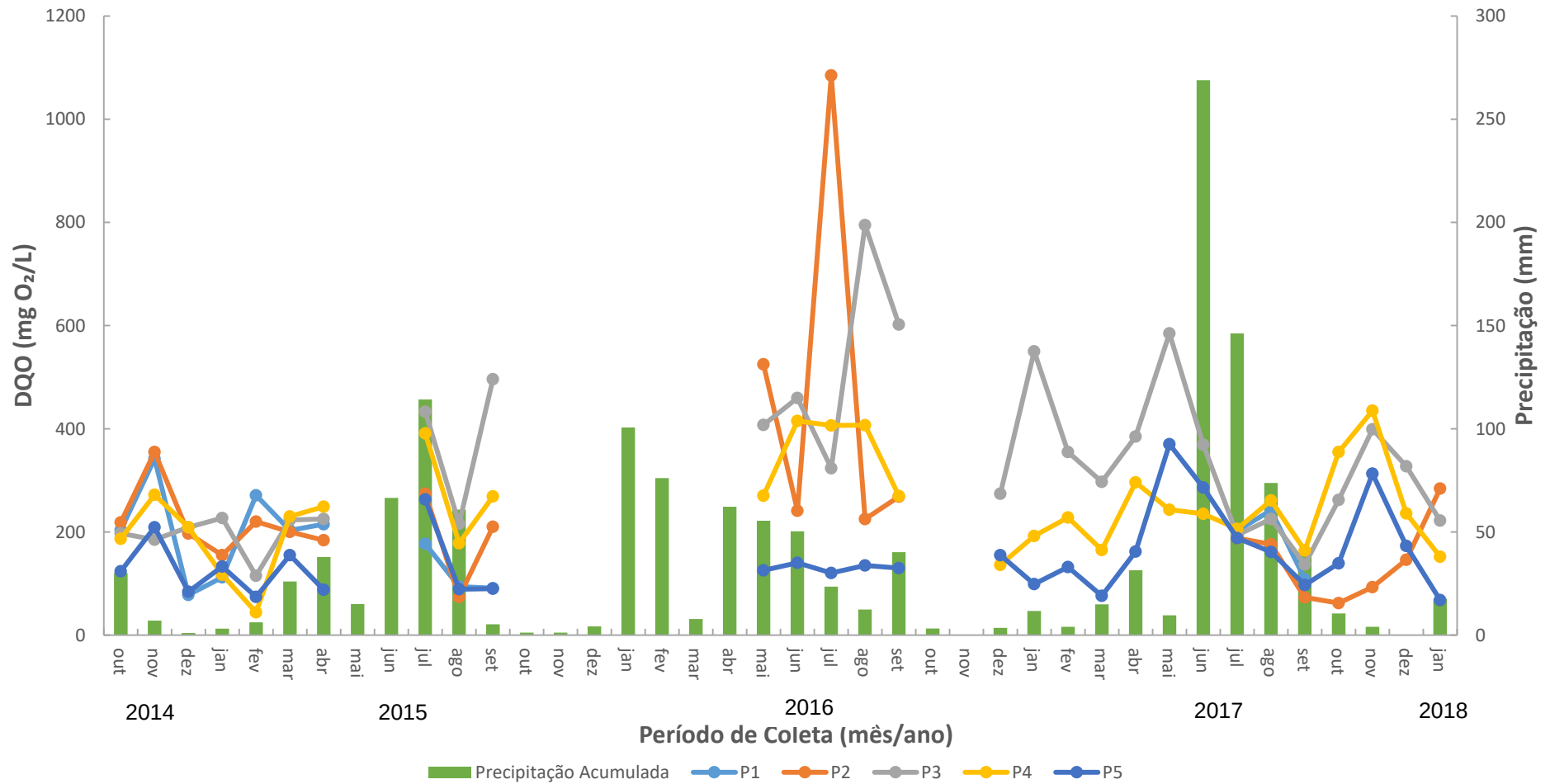
Nesse período festivo a população flutuante da cidade aumenta exponencialmente, o que gera um maior volume de esgoto. Essa população flutuante no período junino chega, segundo a prefeitura, a um total de 2,5 milhões de pessoas que passam pela cidade (G1 Globo, 2018). Em junho de 2016, com um volume de chuva razoável, foram encontradas concentrações elevadas de DQO, porém também acompanhados de concentrações elevadas de OD. Para maiores concentrações de carga orgânica, espera-se menores concentrações de OD, pois o mesmo estaria sendo consumido para a degradação da carga orgânica do meio. A situação encontrada em junho de 2016 pode indicar que apesar dos valores de oxigênio, uma grande porcentagem dessa DQO, principalmente no ponto P2, não seja biologicamente degradável. Enquanto isso, junho de 2017 teve um volume de chuva bem elevado, apresentando uma considerável elevação do OD, com uma posterior queda com o passar dos meses. Além de apresentar nesse mesmo período valores baixos de DQO e DBO, provavelmente por causa da maior disponibilidade de oxigênio no meio, utilizado para a degradação da matéria orgânica.

Figura 35 - Concentrações de Oxigênio Dissolvido ao longo do período estudado



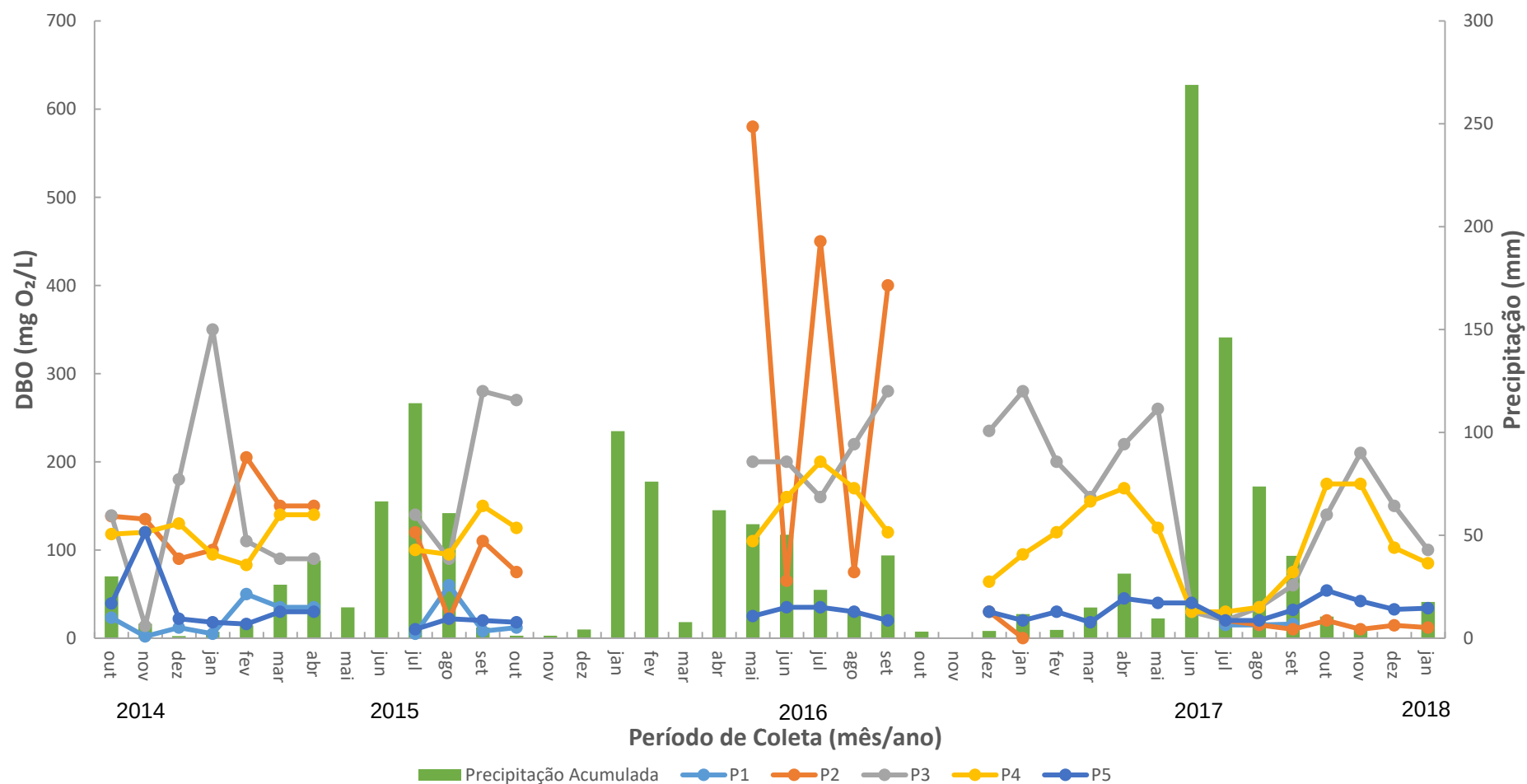
Fonte: Autor (2018)

Figura 36 - Concentrações de DQO ao longo do período estudado



Fonte: Autor (2018)

Figura 37 - Concentrações de DBO ao longo do período estudado



Fonte: Autor (2018)

5.4 Enquadramento na Legislação CONAMA 357/05

Na Tabela 7 estão apresentados as médias gerais dos pontos de coleta, além dos valores apresentados pela resolução do CONAMA 357/05 como limites dos parâmetros estudados. As águas da classe 3 são destinadas ao abastecimento humano, caso passe por um tratamento avançado, à proteção de comunidades aquáticas, irrigação, aquicultura e pesca. Além dos dados apresentados na tabela abaixo, a legislação exige que corpos de água doce na classificação 2 não apresentem: materiais flutuantes como espumas, substâncias que deem a água gosto ou odor, corantes originários de atividades antrópicas e resíduos sólidos objetáveis como lixo ou entulhos, também de origem antrópica. Ao longo do trabalho, com as fotos mostradas, observou-se que os fatores de não haver presença de espumas ou lixos e entulhos não são atendidos em alguns pontos do rio.

Observando os dados da tabela abaixo, pôde-se observar que o rio Ipojuca, ao longo dos pontos de coleta na cidade de Caruaru/PE estão praticamente todos fora dos limites exigidos pela norma. Com exceção do pH para todos os pontos, que estão dentro da faixa pedida, e do ponto P1 nos parâmetros turbidez e nitrogênio amoniacal, que atenderam as exigências. Porém esses dados apresentados são médias de todo o período de estudo, e é fato que ao longo das coletas poucos foram as vezes em que os resultados encontrados representaram um rio com boa qualidade sob os limites de parâmetro da portaria do CONAMA.

Tabela 7 - Comparação dos dados com a legislação do CONAMA 357/05

Parâmetros	Pontos de Coleta					CONAMA 357/05 Classe 2
	P1	P2	P3	P4	P5	
Temperatura (°C)	25,7	24,3	28,3	27,0	26,0	*
pH	7,7	7,4	7,9	7,8	7,8	6,0 – 9,0
OD (mg O ₂ /L)	2,2	1,3	0,6	0,6	1,2	> 5,0
Condutividade (mS/cm)	1,7	1,7	1,4	1,4	1,5	*
Salinidade (‰)	0,7	0,8	0,6	0,6	0,7	< 0,5
Turbidez (NTU)	34,3	111,9	86,9	72,8	29,0	< 100
DQO (mg O ₂ /L)	177,9	254,5	339,6	251,7	151,2	*
DBO (mg O ₂ /L)	20,8	129,3	165,1	116,9	31,3	< 5,0
Fósforo (mg P-PO ₄ /L)	5,1	3,1	5,3	4,7	3,8	< 0,15
Amônia (mg N-NH ₄ /L)	4,9	4,0	39,4	34,3	35,3	< 5,6
Nitrogênio Total (mg N-NTK/L)	7,6	15,2	54,3	60,5	57,8	< 5,6

Nota: *A legislação não apresenta limites para estes parâmetros

Fonte: Autor (2018)

6 CONCLUSÕES

- Para a avaliação visual realizada ao longo do curso do rio, observou-se inúmeras incidências de efluentes sem origem definida. Esses efluentes provavelmente não passaram por um tratamento adequado ou, como na maioria das vezes, não passou por tratamento nenhum. Além disso, o uso e ocupação do solo das áreas ribeirinha variam de ponto a ponto. Alguns pontos têm a mata ciliar conservada, com presença de vegetação arbórea e arbustiva. Enquanto outros pontos as construções chegam no limite das margens.
- A problemática do rio Ipojuca, que é a realidade também de muitos outros rios no Brasil, se dá pelo fato das cidades ribeirinhas crescerem sem um planejamento de urbanização ambiental adequado. No caso do rio Ipojuca, a cidade de Caruaru se desenvolve às margens do rio, tomando todo e qualquer espaço disponível para o mesmo. Além de não possuir, em sua gestão, um sistema de esgotamento sanitário que abranja toda a população e também de fornecer um tratamento de eficiência adequada para o esgoto coletado. Dentre os pontos de coleta estudados, os que ganham mais destaque são os pontos P3 e P4, principalmente por sua localização. Estando os dois em regiões com grande densidade demográfica os índices de carga poluidora que chegam às águas do rio nesses pontos são excessivos. Outro fator importante que se pôde para esses pontos foi que o impacto de esgoto industrial na qualidade da água do rio é pequeno quando comparado ao esgoto doméstico, visto que o ponto P2, localizado no bairro industrial, apresentou melhores resultados que aqueles dos pontos do centro urbano.
- Conclui-se também que a precipitação tem influência direta na situação dos pontos do rio. Os pontos P1 e P2 chegaram a secar com o longo período de estiagem. Enquanto que nos outros pontos a qualidade da água sofre uma piora visto que o volume de água diminui drasticamente e os poluentes ficam mais concentrados.
- Quanto a resolução do CONAMA 357/05, poucas foram as vezes em que os resultados dos parâmetros se adequaram ao que é exigido pela norma. Evidenciando mais uma vez a precariedade da situação do rio.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Sistema de Informações Geoambientais de Pernambuco – SIG Caburé**. Disponível em: <<http://sigcabure.pe.gov.br/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.
- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/>>. Acesso em: 15 de outubro de 2018.
- BRAGA, Benedito et al. **Introdução A Engenharia Ambiental**. 2º Edição, 318 páginas. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- BRASIL, **Resolução CONAMA nº357**, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U.
- CETESB (2007). **Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: 2006**. São Paulo: CETESB, 2007.
- CIRILO, J.A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. **Estudos Avançados**, n. 22(63), 61-82, 2008.
- CONTE, M. L. **Avaliação de recursos hídricos: Rio Pardo, um exemplo**. São Paulo: UNESP, 2001.
- DUARTE, A. D. **Indicador de salubridade ambiental para avaliação de áreas urbanas: um estudo de caso no agreste pernambucano**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru. p. 62, 2018.
- ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.
- GOOGLE EARTH. Acesso em: 25 de novembro de 2018.
- COOK, C. D. K. Origin, autecology, and spread of some of the world's most troublesome aquatic weeds. In: PIETERSE, A. H.; MURPHY, J. K. **Aquatic Weeds**. The ecology and management of nuisance aquatic vegetation. Oxford, Oxford University Press, p. 31-38, 1990.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 3 de novembro de 2018.
- JUNIOR, Magalhães. PEREIRA, Antônio. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa**. 3º edição. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2011, 688p.
- LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpo d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. São Paulo: USP – Departamento de Ecologia, 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

LEITE, A. E. B. **Simulação do lançamento de esgotos domésticos em rios usando um modelo de qualidade d'água**, SisBAHIA. DSSA/ENSP/FIOCRUZ. Rio de Janeiro, 2004.

MARENGO, J. A. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil**. Parcerias estratégicas, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2010.

MITCHELL, D. S.; PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. Aquatic plant problems and management in Africa. In: PIETERSE, A.H.; MURPHY, K. J. **Aquatic weeds**. New York: Oxford Science Publications, p. 341-354, 1990.

NASCIMENTO, J. **São João de Caruaru deve atrair 2,5 milhões de pessoas em 17 polos espalhados pela cidade**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pe/caruaru-regiao/sao-joao/2017/noticia/>>. Acesso em: 07 de dezembro de 2018.

OLIVEIRA, C. N.; CAMPOS, V. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Salitre. **Quim. Nova**, v. 3, nº 5, p. 1059-1066, 2010.

POTT, V.J.; POTT, A. Dinâmica da vegetação aquática do Pantanal. Pp. 145-162. In: S.M. Thomaz & L.M. Bini. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá, Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2003.

REBOUÇAS, A. C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. **Bahia análise & dados**, v. 13, p. 341-345, 2003.

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

REKOLAINE, S.; KHOLM, P. E.; ULEN, B.; GUSTAFSON, A. **Phosphorus losses from agriculture to the surface water in the Nordic countries**. CAB International, Nova York, EUA, p. 77-93, 1997.

SARDINHA, D. S. **Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP)**. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 13, n.3, p. 329-338, 2008.

SEBRAE. **Estudo Econômico do Arranjo Produtivo Local Têxtil do Agreste de Pernambuco**. Recife, Brasil, 2013.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS (SRH/PE). **Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Ipojuca: Diagnóstico Hidroambiental**. Recife, 2010.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS (SRH/PE). **Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Ipojuca: resumo executivo / projetos técnicos**. Recife, 2010.

SILVA FILHO, A. R. A. **Desenvolvimento de Sistema Simplificado de Gestão Ambiental aplicado a Micro e Pequenas Empresas de Beneficiamento de Jeans**. Centro de Tecnologias e Geociências – Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, 2013.

SOUSA, C. A.; JUNIOR, M. A. L.; FERREIRA, R. L. C. **Avaliação de testes estatísticos de comparação múltiplas de médias**. Revista Ceres, vol. 59, n. 3. 2012.

TUCCI, Carlos E. M.; SILVEIRA, André L. L. et al. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 4 ed. 5° reimp. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2013. 943 p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4).

TUR, N.M. Embalsados y camalotes de la Región Isleña Del Paraná Médio. **Darwiniana** 17: 397-407, 1972.

VESILIND, P. Aarne. Morgan, Susan M. **Introdução à engenharia ambiental**; revisão técnica Carlos Alberto de Moya Figueira Netto, Lineu Belico dos Reis. 2° Edição, São Paulo, Cengage Learning, 2011. 438p.

VICTORINO, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. EDIPUCRS, 2007.

VIEIRA, S. **Análise de variância: (Anova)**. São Paulo: Atlas, 2006. 204 p.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 1ª. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 588p, 2007

VON SPERLING. **Princípios de tratamento Biológico de águas residuárias, lagoas de estabilização**, v.3. Belo Horizonte, ABES, 1996.

WALPOLE, R. E.; MYERS, R.H.; MYERS, S. L.; YE, K. **Probabilidade e Estatística para engenharia e ciências**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

WINTON, M. D.; CLAYTON, J. S. The impact of invasive submerged weed species on seed banks in lake sediments. **Aquatic. Bot.**, v. 53, p. 31-45, 1996.4