



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

MATHEUS MACIEL DE LIMA FERNANDES

AVALIAÇÃO DAS CARGAS POLUENTES GERADAS EM UMA BACIA
URBANA EM FORTALEZA – CE

FORTALEZA

2021

MATHEUS MACIEL DE LIMA FERNANDES

AVALIAÇÃO DAS CARGAS POLUENTES GERADAS EM UMA BACIA
URBANA EM FORTALEZA – CE

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como parte do requisito para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Iran Eduardo Lima Neto.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F41a Fernandes, Matheus Maciel de Lima.
Avaliação das cargas poluentes geradas em uma bacia urbana em Fortaleza – CE / Matheus Maciel de Lima Fernandes. – 2021.
51 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Iran Eduardo Lima Neto.
1. Balanço de massa. 2. Carga de esgoto e resíduos sólidos. 3. Canal de drenagem. I. Título.
CDD 628
-

MATHEUS MACIEL DE LIMA FERNANDES

AVALIAÇÃO DAS CARGAS POLUENTES GERADAS EM UMA BACIA
URBANA EM FORTALEZA – CE

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como parte do requisito para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Iran Eduardo Lima Neto (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dr.^a. Ticiania Marinho de Carvalho Studart (Examinadora)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Osny Eneas da Silva (Examinadora)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus,

Aos meus pais, meus irmãos, minhas
avós e meus avôs.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Iran Lima Neto, pela concessão da oportunidade de participar e elaborar esse estudo, sua imensa paciência e excelente orientação durante todo o processo, além de entender minhas deficiências no que concerne à pesquisa científica de uma forma geral.

Ao meu amigo Arlúcio Ramos Alves, pela disponibilização de livros e pelas palavras de motivação nos momentos de necessidade.

Aos meus colegas e amigos da Universidade, pelos momentos únicos e inesquecíveis, por todo o apoio nos períodos de avaliações, nos problemas pessoais recorrentes.

Ao meu namorado Levi Maia de Oliveira, pelo incrível suporte emocional e financeiro ao longo dos últimos meses, e por sempre me apoiar independente de qualquer situação.

Aos meus pais e avós, por acreditarem no meu potencial e por me darem apoio nas decisões que tomei durante minha vida.

A Deus, por todo dia me dar forças para encarar os desafios e obstáculos que surgem assim como por não me deixar desmoronar quando sinto que as coisas estão perdidas e sem solução.

“O passado é um lugar de referência, não um lugar de residência; O passado é um lugar para aprendermos, não para vivermos”

Roy T. Bennet

RESUMO

Em países mais desenvolvidos, mesmo existindo esforços para o monitoramento, não há a frequente preocupação com problemas estruturais relacionado ao saneamento básico devido à moderna infraestrutura de drenagem pluvial, abastecimento de água, sistemas de esgotamento sanitário, e projetos referentes a coleta, tratamento e destinação final de resíduos sólidos. Entretanto, em países menos desenvolvidos o saneamento básico ainda é uma problemática que necessita de atenção e esforços a fim de minimizar os impasses relacionados ao mesmo. O presente estudo tem por finalidade realizar uma análise de cargas no canal que interliga a lagoa da Parangaba ao açude Santo Anastácio, localizado no município de Fortaleza, capital do Ceará, através da utilização de dados referentes a Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), e vazões em período seco e chuvoso para o mesmo canal e por meio de um balanço de massa, propor uma maneira de estimar a carga advinda de esgoto e a possível carga advinda de resíduos sólidos. Com as cargas estimadas, foi-se possível transforma-las em indicadores per capita com o objetivo de comparar com dados da literatura e verificar a influência dos resíduos no canal de drenagem. Os resultados apontam que, de acordo com a metodologia utilizada, a separação de cargas apresentou valores coerentes com valores citados na literatura, podendo assim servir como base para estimar a quantidade aproximada de resíduos que são lançados em um canal, e dessa forma, auxiliar no planejamento e melhorias em um sistema de drenagem.

Palavras-chave: Balanço de massa. Carga de esgoto e resíduos sólidos. Canal de drenagem.

ABSTRACT

In more developed countries, even though there are efforts for monitoring, there is not a frequent concern with structural problems related to basic sanitation due to modern rain drainage infrastructure, water supply, sewage systems, and projects related to collection, treatment and disposal end of solid waste. However, in less developed countries, basic sanitation is still a problem that needs attention and efforts in order to minimize the impasses related to it. The purpose of this study is to carry out a load analysis on the channel that connects the Parangaba lagoon to the Santo Anastácio reservoir, located in the city of Fortaleza, capital of Ceará, using data related to Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD), and flows in dry and rainy periods to the same channel and through a mass balance, propose a way to estimate the load from sewage and the possible load from solid waste. With the estimated loads, it was possible to transform them into indicators per capita in order to compare with data from the literature and verify the influence of waste in the drainage channel. The results show that, according to the methodology used, the separation of loads presented values consistent with values mentioned in the literature, thus being able to serve as a basis to estimate the approximate amount of waste that is thrown in a channel, and, thus, assist in planning and improvements to a drainage system.

Keywords: Mass balance. Sewerage and waste loads. Drainage channel.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 1 | Crescimento da população urbana e diminuição da população rural ao longo dos anos devido à urbanização..... | 16 |
| Figura 2 | Representação balanço de massa..... | 23 |
| Figura 3 | Fluxograma de estudo..... | 23 |
| Figura 4 | Trechos e pontos amostrais..... | 24 |
| Figura 5 | Ecopontos..... | 27 |
| Figura 6 | Representação esquemática do canal..... | 30 |
| Figura 7 | Fluxograma do cálculo per capita da contribuição de esgoto no canal..... | 31 |
| Figura 8 | Fluxograma do cálculo per capita da contribuição de resíduos sólidos no canal..... | 32 |
| Figura 9 | Análise temporal Vazão (L/s) x Precipitação (mm)..... | 34 |
| Figura 10 | Transformação chuva-vazão..... | 34 |
| Figura 11 | Concentração de DBO ao longo do canal nos pontos amostrais..... | 35 |
| Figura 12 | Concentração de DQO ao longo do canal nos pontos amostrais..... | 36 |
| Figura 13 | Análise gráfica das cargas de DBO e DQO advinda do lixo e do esgoto relacionados a vazão volumétrica em período seco e chuvoso no trecho 01..... | 38 |
| Figura 14 | Análise gráfica das cargas de DBO e DQO advinda do lixo e do esgoto relacionados a vazão volumétrica em período seco e chuvoso no trecho 02..... | 39 |
| Figura 15 | Projeções de cenários em gráficos trecho 01 | 43 |
| Figura 16 | Projeções de cenários em gráficos trecho 02 | 44 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Quadro 1 | Parâmetros característicos das águas..... | 18 |
| Quadro 2 | Equações para cálculo de carga..... | 23 |
| Tabela 1 | Indicadores do milênio nos bairros circundantes ao canal..... | 25 |
| Tabela 2 | Variações do IDH nos bairros circundantes..... | 26 |
| Tabela 3 | Balanços de massa nos trechos..... | 30 |
| Tabela 4 | Precipitação e vazões nos pontos amostrais do canal..... | 33 |
| Tabela 5 | Concentração de DBO medida nos pontos (mg/L)..... | 35 |
| Tabela 6 | Concentração de DQO medida nos pontos (mg/L)..... | 36 |
| Tabela 7 | Biodegradabilidade da matéria orgânica lançada no canal..... | 37 |
| Tabela 8 | Balanço de massa dos parâmetros DBO e DQO no trecho 01..... | 37 |
| Tabela 9 | Balanço de massa dos parâmetros DBO e DQO no trecho 02..... | 39 |
| Tabela 10 | Vazão acrescentada no período seco..... | 40 |
| Tabela 11 | População nos trechos 01 e 02..... | 41 |
| Tabela 12 | Cargas per capita de esgoto trecho 01..... | 41 |
| Tabela 13 | Cargas per capita de esgoto trecho 02..... | 41 |
| Tabela 14 | População que contribui para o lançamento de resíduos nos trechos 01 e 02..... | 42 |
| Tabela 15 | Cargas per capita de resíduos sólidos no trecho 01..... | 42 |
| Tabela 16 | Cargas per capita de resíduos sólidos no trecho 02..... | 42 |
| Tabela 17 | Simulação de cenários trecho 01..... | 43 |
| Tabela 18 | Simulação de cenários trecho 02..... | 44 |
| Tabela 19 | Cargas de DBO e DQO nos trechos 01 e 02 referentes aos resíduos sólidos..... | 45 |
| Tabela 20 | Diferenças percentuais de DBO e DQO entre os dois trechos..... | 45 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------|---|
| CAGECE | Companhia de Água e Esgoto do Ceará |
| ICA | Índice de cobertura de água |
| ICE | Índice de cobertura de esgoto |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| PMSB | Plano Municipal de Saneamento Básico |
| UNICEF | Fundo das Nações Unidas para a infância |
| OMS | Organização Mundial de Saúde |
| IDH | Índice de Desenvolvimento Humano |
| PNUD | Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento |
| ETE | Estação de Tratamento de Esgoto |
| COT | Carbono Orgânico Total |
| PLANASA | Plano Nacional de Saneamento |
| PLANSAB | Plano Nacional de Saneamento Básico |
| DBO | Demanda Bioquímica de Oxigênio |
| DQO | Demanda Química de Oxigênio |
| FGV | Fundação Getúlio Vargas |
| ABES | Associação Brasileira de Engenharia Ambiental e Sanitária |
| SNIS | Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento |
| BNH | Banco Nacional da Habilitação |
| SFS | Sistema Financeiro do Saneamento |
| ARCE | Agência de Regulação de Serviços Delegados no Ceará |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| | RESUMO..... | 6 |
| | ABSTRACT..... | 7 |
| | LISTA DE FIGURAS..... | 8 |
| | LISTA DE TABELAS..... | 9 |
| | LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS..... | 10 |
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 1.1 | Objetivo geral..... | 14 |
| 1.2 | Objetivos específicos..... | 14 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 15 |
| 2.1 | Saneamento Básico | 15 |
| 2.1.1 | Esgotos sanitários..... | 17 |
| 2.1.2 | Drenagem..... | 19 |
| 2.1.3 | Resíduos sólidos..... | 21 |
| 2.2 | Modelagem matemática..... | 22 |
| 2.2.1 | Balanço de massa..... | 22 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 23 |
| 3.1 | Caracterização da área de estudo..... | 24 |
| 3.2 | Monitoramento, técnicas de amostragem e parâmetros analisados..... | 28 |
| 3.3 | Medições de vazões e determinação de precipitações..... | 28 |
| 3.4 | Modelagem matemática no canal..... | 29 |
| 3.5 | Cargas per capita de esgoto..... | 31 |
| 3.6 | Cargas per capita de resíduos sólidos..... | 32 |
| 3.7 | Simulação de cenários..... | 33 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 33 |
| 4.1 | Análise temporal – Vazão / Precipitação..... | 33 |
| 4.2 | Avaliação da carga orgânica na água (DBO, DQO)..... | 35 |
| 4.3 | Modelagem matemática (Balanço de massa)..... | 37 |
| 4.4 | Cargas per capita esgotos..... | 40 |
| 4.5 | Cargas per capita resíduos sólidos..... | 41 |
| 4.6 | Simulação de cenários..... | 42 |
| 5 | CONCLUSÃO..... | 46 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 47 |

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um dos serviços mais importantes fornecidos e gerenciados pelo governo, devido sua imensa importância na saúde pública, na qualidade de vida da população e nas atividades econômicas. Para que um país possa ser considerado como desenvolvido, é essencial que o mesmo possua um alto índice de saneamento e para isso, é necessário que os líderes de governo invistam de forma árdua em projetos que visem a universalização dos serviços. Uma publicação da Fundação Getúlio Vargas (FGV) de 2016, intitulada *The Brazilian Economy*, aponta que se os investimentos continuarem do mesmo nível, a universalização do saneamento não poderá ser atingida até 2053, sendo necessária, portanto não somente a aplicação de maiores investimentos, mas também o gerenciamento adequado dos projetos de saneamento, dos quais devem contar com o compromisso do governo em tomar responsabilidades de definir indicadores de eficiência técnica e operacional.

No Brasil, os serviços de universalização estão listados na Lei Federal de Saneamento nº 11.445/2007, sendo eles os sistemas de abastecimento de água, os sistemas de esgotamento sanitário, os sistemas de drenagem urbana e os planos de gestão integrada de resíduos sólidos. De acordo com o relatório realizado pelo Fundo das Nações Unidas para a infância (UNICEF) e a Organização Mundial de Saúde (OMS) no ano de 2017, 50 países atingiram quase 100% de cobertura nos serviços de saneamento, os dando condição de países desenvolvidos, todavia o Brasil não esteve entre esses países, possuindo como faixa de cobertura uma variação de 75 a 99%. Além disso, o Brasil é um país de grandes disparidades sociais e econômicas, o que leva essa porcentagem a variar bastante dependendo da região, como pode ser visto no Relatório do Desenvolvimento Humano de 2019, produzido pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), que mostra o Índice de desenvolvimento humano (IDH) caindo de 0,761 para 0,574 quando ajustado com as desigualdades sociais, o caracterizando então como um país em desenvolvimento.

Nos países desenvolvidos, que se encontram com sua totalidade em quase 100% de cobertura nos serviços de saneamento, os esforços para a manutenção da qualidade da água não residem mais em investir em novos estudos, elaboração de projetos e/ou resolução de problemas de poluição das águas (Sperling, 2014, p. 133), mas sim no

controle dos sistemas já existentes. Um levantamento realizado em 2018 pela Associação Brasileira de Engenharia Ambiental e Sanitária (ABES), intitulado “Copa do Mundo do Saneamento” mostra que os países vencedores possuem altos índices tanto como relação ao IDH quanto com relação ao saneamento. Já no Brasil, por ser considerado um país em desenvolvimento utilizando saneamento como atributo de classificação, há uma vasta variedade de possibilidades de estudos relacionados à qualidade da água devido à grande quantidade de dados que são gerados em diagnósticos de situação para a gestão dos planos municipais de saneamento básico relacionados à universalização dos serviços, em teses, dissertações e monografias.

Segundo Sperling (2014, p. 53), o sistema de esgotamento sanitário adotado no Brasil de forma abrangente é o sistema separador absoluto, ou seja, as águas da chuva e os esgotos sanitários (domésticos e industriais), são conduzidos aos seus respectivos destinos finais em tubulações separadas. Esse sistema foi adotado devido a fatores econômicos e de variabilidade de chuvas durante o ano, pois o mesmo possui a vantagem de ser construído com tubulações de dimensões menores e, portanto, mais baratas, além de não causar extravasamento sem tratamento nas ETEs (Estações de Tratamento de Esgoto). Em teoria, essa separação deveria, como o próprio nome sugere, ser absoluta, todavia, na prática é constatado o grande problema da entrada de águas pluviais na rede de esgoto, assim como a entrada de esgoto na rede pluvial, que por consequência, neste último gera um aumento da carga de poluentes lançadas em canais e galerias de drenagem.

Além disso, outro problema que pode vir a acontecer é o carreamento de resíduos sólidos para o sistema de drenagem. De acordo com Armelin (2011), a presença de resíduos sólidos nos canais de drenagem se dá por diversos fatores, dentre eles o regime de precipitação, o tipo de ocupação do solo e a existência de coleta de resíduos assim como pontos de coleta. A depender do grau de influência de cada um desses fatores, o arrastamento dos resíduos sólidos para os canais e/ou galerias pode ser causado por escoamento superficial em períodos de elevada precipitação, o que propicia um aumento na carga de poluentes decorrentes dos resíduos.

Dentre os vários poluentes existentes nos corpos hídricos, o presente estudo se ateu à matéria orgânica como principal poluente e, portanto, os parâmetros utilizados para a realização da metodologia proposta para o objeto de estudo foram a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e a DQO (Demanda Química de Oxigênio), por apresentarem relações que indicam o nível de biodegradabilidade da matéria orgânica,

além de serem mais representativos de áreas onde a poluição por esgotos domésticos prevalecem, sendo estes presentes na maioria dos modelos de qualidade da água (Batista e Cabral, 2017).

Os modelos de qualidade da água têm por objetivo estudar as cargas de um efluente e como as mesmas se autodepuram, ou seja, como elas são convertidas em compostos estáveis não prejudiciais ao corpo hídrico, ao longo de um rio, em um canal ou em um reservatório. São ferramentas importantes para que os órgãos ambientais possam estabelecer limites quanto à quantidade e a qualidade de despejos lançados nas redes de esgoto ou em receptores hídricos, a fim de um gerenciamento adequado dos mesmos.

Na tentativa de realizar uma modelagem com os dados obtidos na tese de referência principal, a qual esse estudo foi embasado, foi-se verificado que ao invés de os valores medidos de DBO remanescente ao longo do canal diminuírem, os mesmos aumentaram progressivamente, contradizendo o que está descrito na equação de progressão da DBO remanescente e indicando que matéria orgânica vem sendo constantemente lançada no canal de drenagem, seja por meio dos esgotos ou por meio dos resíduos sólidos arrastados pelas chuvas nos períodos chuvosos, ou por ambos.

Em virtude da discussão gerada pelo aumento da DBO remanescente ao longo do canal de drenagem, esse estudo foi conduzido especificamente para esse canal, visando trazer um aporte diferente na forma de avaliar, investigar e quantificar a influência dos esgotos e dos resíduos sólidos na qualidade da água, a fim de fornecer um suporte nos estudos de modelagem da qualidade da água e proporcionar uma análise da contribuição individual dos mesmos em um canal de drenagem.

1.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise da DBO e da DQO lançadas no canal de drenagem que interliga a lagoa da Parangaba ao açude Santo Anastácio, a fim de separar as contribuições advindas dos esgotos e dos resíduos sólidos.

1.2 Objetivos específicos

- Estimar as contribuições individuais de resíduos sólidos e esgotos por meio de balanço de massa;

- Avaliar a contribuição per capita de matéria orgânica e resíduos sólidos e comparar com os dados da literatura disponíveis;
- Gerar correlações empíricas através de gráficos;
- Realizar simulação de cenários de qualidade da água por meio de transformação chuva-vazão com a utilização de dados de precipitação e vazão por meio do Excel;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Saneamento básico

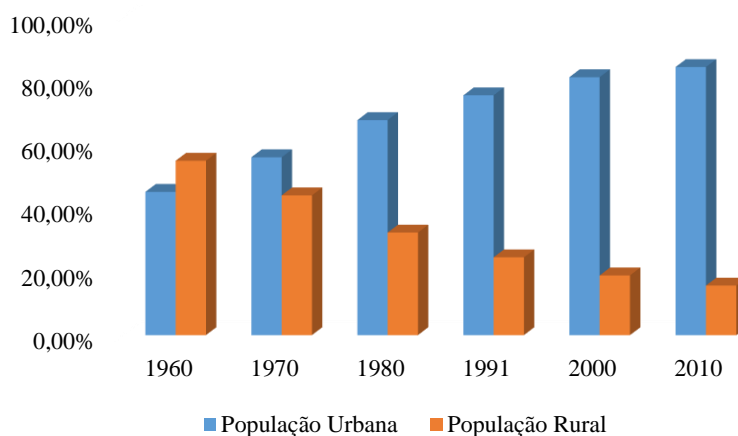
De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), com relação ao abastecimento hídrico, o Brasil apresenta um índice de atendimento urbano hídrico de 92,78% e um índice de atendimento total (urbano e rural) de 83,62%, ao passo que, para a ligação da rede de esgoto, o índice de atendimento urbano chega a 60,94% e o índice de atendimento total (urbano e rural) 53,15%. Esses dados mostram dois pontos importantes: o primeiro deles é a diminuição do abastecimento de água quando se é adicionada a população rural ao índice, evidenciando uma deficiência no acesso a água através do sistema de distribuição em regiões não urbanas, e o segundo é o baixo índice de ligações na rede de esgoto tanto em regiões urbanas como rurais.

Considerando que os dados citados são atuais e foram retirados do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto de 2018, é possível verificar que ainda há muitos obstáculos para a concretização da meta de universalização. Esses obstáculos surgiram a partir de fatores diversos dentre os quais se destacam o processo de urbanização das cidades e a conseqüente aglomeração de pessoas em ambientes insalubres e propícios a manifestação de doenças (SANTOS et al, 2018).

Libânio (2010), relata que desde os tempos remotos as pessoas tentavam buscar formas para melhorar o aspecto da água para consumi-la. Acondicionamento em jarras por dias para decantação, utilização de nozes, amêndoas maceradas e até mesmo feijão foram as primeiras tentativas conhecidas para a remoção das partículas em suspensão na água. Em meados do século XVIII, em países como Inglaterra, Holanda e Bélgica, a utilização de sais de alumínio, sulfato férrico, e sulfato de alumínio fez com que se concretizasse novas e mais recentes descobertas sobre as tecnologias de remoção de partículas e poluentes da água.

Enquanto que em outros países essas tecnologias e descobertas surgiam e a implementação de técnicas era desenvolvida para a melhoria do saneamento, o Brasil, segundo Santos et al (2018), mesmo em meados da metade do século XX, ainda não apresentava preocupação a respeito desse setor. Somente com o aumento da urbanização na década de 50 e do êxodo rural devido à revolução industrial que estava ocorrendo no Brasil, os investimentos significativos para o desenvolvimento do saneamento básico no país começaram a ser realizados.

Figura 1. Crescimento da população urbana e diminuição da população rural ao longo dos anos devido à urbanização.



Fonte: IBGE

Como consequência da urbanização, há um crescimento populacional e as pessoas passam a se concentrar nos centros urbanos, propiciando mudanças no meio ambiente. De acordo com Araújo (2016), dentre essas mudanças estão: aumento na geração de resíduos sólidos, de esgotos sanitários e no consumo de água. Além disso, segundo Silva et al (2014), a urbanização causa também o adensamento/compactação do solo, que por sua vez aumenta o escoamento superficial das águas e a probabilidade de enchentes.

Dentre os investimentos que foram realizados no saneamento, Santos et al (2018) cita a criação do Banco Nacional da Habitação (BNH) em 1964, que por sua vez criou o Sistema Financeiro do Saneamento (SFS) e os primeiros programas de financiamento do setor. Além desses, surgiram as Companhias Estaduais de Saneamento Básico e um dos três principais marcos no saneamento, o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), em 1971. O PLANASA foi o primeiro documento que teve como um de seus objetivos, a universalização do saneamento. Depois de 15 anos investindo para a

melhoria dos serviços, o PLANASA foi interrompido e o Brasil ficou por mais 20 anos sem grandes investimentos.

O segundo marco do saneamento no Brasil foi marcado pela criação da Lei 11.445/2007, também conhecida como Lei do Saneamento, que buscava retornar os investimentos que cessaram quando o PLANASA foi interrompido. Em uma de suas diretrizes encontra-se o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) sendo este último o terceiro e mais recente marco importante do Saneamento.

A Lei 11.445/2007, em um de seus instrumentos básicos, cita a criação do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Esse documento reúne informações sobre o abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, gestão dos resíduos sólidos, e situação da drenagem urbana para orientar os projetos e práticas em todos os municípios visando a universalização. Entretanto, segundo o Panorama dos Planos Municipais de Saneamento Básico (2017), nem todos os municípios possuem PMSB. Cerca de 68% de todos os municípios do Brasil que foram consultados informaram que possuem PMSB ou estão em fase de elaboração, 2% apresentaram inconsistências nas informações fornecidas, e 30% não o possuem ainda.

Tendo em vista a grande quantidade de municípios que ainda não apresentam PMSB concluído, é notório o desafio para monitorar e elaborar projetos para a melhoria das condições. Mesmo em municípios que o possuem, problemas estruturais como a ocupação desordenada, a perda de água das redes de distribuição, a dificuldade de captar recursos para investimentos, os projetos de engenharia desatualizados, além da falta de conhecimento da importância do Saneamento são problemas que acontecem com maiores frequências (Instituto Trata Brasil, 2017).

Com esse cenário de déficit de saneamento, marcado pela deficiência de acesso à água, coleta e tratamento de esgoto, coleta de resíduos sólidos, drenagem urbana e conscientização ambiental, as pessoas, tanto em áreas rurais quanto urbanas, passam a fazer uso de ligações clandestinas para a obtenção de água da rede de abastecimento de água, assim como passam a lançar seus esgotos e resíduos sólidos nas ruas, ou em canais de drenagem, tanto para evitarem pagar a taxa de ligação na rede de esgoto, quanto por não conhecerem os impactos ambientais atrelados à essa prática.

2.1.1 Esgotos domésticos

Uma das mudanças decorrentes do processo de urbanização, conforme citado por Araújo (2016), é o aumento do consumo de água pela população. Sperling (2014, p. 68) relata que o consumo de água depende de vários fatores, dentre eles: o clima, as condições econômicas da comunidade e a disponibilidade da água. O consumo de água por sua vez gera a produção de esgotos domésticos, também denominados de águas residuárias, e suas características são determinadas conforme o uso da água.

Devido à precariedade do saneamento no Brasil, as pessoas que não têm acesso à rede coletora de esgoto utilizam alternativas inadequadas para o descarte dos seus rejeitos, como o lançamento de esgotos nas ruas ou ligações clandestinas no sistema de drenagem urbana. Neste último caso, comprometendo a qualidade das águas nos canais superficiais de drenagem.

A qualidade das águas residuárias pode ser verificada avaliando as suas características. Para isso, foram normatizados parâmetros físicos, químicos e biológicos que indicam o potencial poluidor do rejeito.

Quadro 1. Parâmetros característicos das águas.

| Parâmetros físicos | Parâmetros químicos | Parâmetros biológicos |
|----------------------------------|--|------------------------------|
| Cor, odor, temperatura, turbidez | Sólidos totais, matéria orgânica, nitrogênio total, fósforo, pH, alcalinidade, cloretos, óleos, graxas | Organismos patogênicos |

Fonte: Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. Von Sperling, 2014

Metcalf & Eddy (2003), cita que cerca de 75% dos sólidos em suspensão e 40% dos sólidos dissolvidos são matéria orgânica. Por estar como maioria na composição dos esgotos e por ser causadora do principal problema para os corpos d'água, a matéria orgânica é considerada um dos principais parâmetros na avaliação do nível de poluição de um corpo hídrico.

Existem dois métodos de avaliar a matéria orgânica: o indireto, em que a DBO e a DQO são determinadas, e o direto, em que o carbono orgânico total (COT) é medido. De forma geral, o método mais utilizado nas avaliações é o método indireto, pois para medir o COT utiliza-se de equipamentos com maiores custos e, portanto, somente utilizados até o momento para avaliações mais detalhadas e aprofundadas (Von Sperling, 2014).

A DBO é definida como a quantidade de oxigênio que é requerido para estabilizar biologicamente a matéria orgânica. Ela representa a biodegradabilidade de componentes orgânicos carbonáceos. Já a DQO é definida como a quantidade de oxigênio que é requerido para estabilizar a matéria orgânica por meio de agentes oxidantes (Von Sperling, 2004). Após ser lançada, a matéria orgânica, dependendo das condições de autodepuração dos corpos hídricos, é consumida por microrganismos que utilizam o oxigênio presente na água e conforme esse fenômeno acontece, a demanda por oxigênio (DBO) aumenta até que toda a matéria orgânica seja consumida. Quando isso acontece, o nível de oxigênio dissolvido volta a subir e, conseqüentemente, a demanda do mesmo começa a diminuir, sendo esse processo denominado de decaimento da DBO.

Toda essa seqüência é avaliada por meio de modelos de qualidade da água, que têm por objetivo auxiliar na gestão dos corpos hídricos e determinar a quantidade máxima de matéria orgânica que é permitido ser lançada nos corpos hídricos (Oppa, 2007). De acordo com a Resolução nº CONAMA 357, os limites de DBO permitidos nos lançamentos de esgotos variam a depender da classe de enquadramento dos corpos hídricos. Dentre os modelos de qualidade mais conhecidos e utilizados, Batista e Cabral (2017), listam: Streeter-Phelps, IQA-CETESB, IQA-CCM, QUAL2E, QUAL-UFMG, MIKE-11 e CE-WAL-W2, cada um deles com sua característica específica e propósito.

Quando se é realizado um estudo de modelagem, identifica-se e prevê-se quais as concentrações dos constituintes presentes na água, e dessa forma as decisões políticas acerca do corpo hídrico em questão podem ser tomadas de forma mais efetiva. Além disso, é possível verificar possíveis irregularidades que possam vir a estar acontecendo. Em casos como a avaliação de DBO e DQO na autodepuração de um corpo hídrico, quando esses parâmetros não apresentam decaimento, e ao invés de decair, a demanda aumenta conforme a extensão do corpo hídrico e o tempo de residência, pode haver a possibilidade de que esteja havendo uma entrada constante de cargas de matéria orgânica, podendo estas estarem associadas a esgotos domésticos, ou resíduos sólidos carreados pelas chuvas em períodos chuvosos (Tucci, 2002), estes últimos estão associados à impermeabilização do solo decorrente da urbanização.

2.1.2 Drenagem

De acordo com o SNIS (2018), no Brasil, cerca de 54,8% dos municípios possuem sistema exclusivo de drenagem (sistema separador), cerca de 24,6% possuem sistema

unitário (misto com esgotamento sanitário) e cerca de 20,6% não possuem nem sistema separador, nem sistema unitário. A Lei 11.445/2007 estabelece que os sistemas unitários devem ser substituídos pelos sistemas separadores absolutos devido a fatores econômicos e de variabilidades de chuvas (Von Sperling, 2014), entretanto, conforme dados expostos anteriormente, ainda há um grande desafio levando em conta que apenas 54,8% dos municípios contam com sistema separador de drenagem.

Ainda segundo Von Sperling (2014), mesmo o sistema separador possuindo inúmeras vantagens, ainda é difícil separar completamente os esgotos das águas pluviais devido a ligações clandestinas tanto em sistemas pluviais quanto em sistemas de esgotamento sanitário. Esse ato causa problemas operacionais, pois no sistema de esgotamento sanitário, as águas pluviais acabam por aumentar a vazão que chega até as estações de tratamento de esgoto, podendo interferir nas vazões de projeto, e nos sistemas de drenagem. Os esgotos que são lançados podem acarretar a perda da qualidade da água que tem suas águas despejadas nos mares, rios e lagos sem o devido tratamento, além das doenças de veiculação hídrica e dos odores característicos que exalam dos canais de drenagem para pessoas que vivem nos arredores.

Um ponto importante a ressaltar é a influência da precipitação na qualidade dos sistemas de drenagem com relação ao lançamento de esgotos. Camelo et al. (2020), relata duas observações importantes. A primeira delas se refere à qualidade da água nos canais de drenagem no período seco em que mesmo sem a presença da entrada de águas pluviais, a altura da lâmina de água apresentava um aumento, sendo esta última associada à entrada de esgotos sanitários. E a segunda se refere à qualidade da água dos canais de drenagem no período chuvoso em que o aumento do volume escoado devido à precipitação provoca uma diluição das concentrações dos parâmetros de qualidade avaliados.

Além da entrada clandestina de esgotos domésticos nos canais de drenagem, Tucci (2002) aponta a frequência de chuvas como uma das causadoras do carreamento dos resíduos sólidos até os canais, causando uma contribuição maior de carga de matéria orgânica nos citados, podendo também ocasionar um entupimento das vias de drenagem dependendo da quantidade de resíduos carreados. Santos, Texeira e Neves (2017) afirmam que a importância da quantificação desses resíduos está nos prejuízos na obstrução das redes, e nas cargas de poluentes que se encontram agregadas aos referidos.

2.1.3 Resíduos sólidos

Segundo Tucci (2002), os principais fatores que levam ao acúmulo de resíduos sólidos no sistema de drenagem são: a frequência da cobertura da coleta, a frequência de limpeza das ruas, forma de disposição dos resíduos pela população e a frequência de precipitação. Alguns desses dados como a cobertura da coleta de resíduos e a frequência de limpeza nas ruas estão presentes no Planos Municipais de Saneamento básico (PMSB) que são planos exigidos pela Lei nº 12.305/10, também conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos. Porém, dados como a forma de disposição dos resíduos pela população ainda dependem da percepção das pessoas sobre o assunto.

Um estudo realizado por Vimieiro (2019), constata que crianças têm percepções diferentes a respeito dos resíduos sólidos, por exemplo, compreendendo as consequências de jogá-los em vias públicas. Algumas crianças afirmaram que o lixo pode ser definido como algo que não tem mais utilidade, enquanto outras afirmaram que o lixo é algo que deve ser jogado fora. Além disso, mesmo sabendo dos malefícios do lixo jogado nas ruas, poucas têm experiência sobre coleta seletiva, compostagem ou reciclagem. Isso é um dado importante pois demonstra a deficiência da educação ambiental e sua prática.

Uma grande parcela dos resíduos dispostos inadequadamente nas ruas poderia ser recuperada e evitada de ir parar nos sistemas de drenagem se o conceito de reciclagem fosse aplicado mais a fundo nos centros urbanos. Além disso, com a inclusão dos catadores de materiais recicláveis por meio da PNRS a níveis federais, estaduais e municipais, atividades que os citados desempenhavam, tais como: devolução de materiais descartáveis a cadeia de produção, aumento da vida útil dos aterros (GOMES, 2018), passam a se tornar mais evidentes e eficazes na gestão dos resíduos sólidos.

Tanto a educação ambiental, quanto a coleta seletiva e os catadores de material reciclável, são medidas de controle quanto à disposição de resíduos nos canais de drenagem, chamadas de medidas não estruturais. Vale destacar também as medidas estruturais: colocação de estruturas nas entradas de bocas-de-lobo e sarjetas a fim de conter os sólidos grosseiros (ALLISON et al., 1997).

Tendo em vista a importância dos resíduos sólidos nos canais de drenagem, alguns estudos foram realizados visando quantificar os resíduos lançados nos mesmos. Santos, Texeira e Neves (2017), em sua metodologia de pesquisa, utilizaram uma barreira flutuante para retenção dos resíduos em um ponto da bacia onde é convergido o

escoamento da rede (exutório), e os removeu de forma mecanizada e acondicionados em contêineres. Os resíduos foram então separados gravimetricamente e pesados. Para estimar a definição de um per capita, utilizou-se o peso total e o dividiu pela população contribuinte da bacia em estudo. Neves e Tucci (2008), utilizaram de uma metodologia de quantificação direta e indireta. Na quantificação direta, foi medido o volume de resíduos que ficaram retidos nas grades de um poço para onde o fluxo de drenagem se direciona, secados e posteriormente pesados. Já na quantificação indireta, foram utilizados dados coletados em dias secos e em dias chuvosos, e através da diferença de cargas de resíduos entre esses dias e a quantidade de dias chuvosos, foi possível estimar uma carga potencial. Além disso, uma análise estatística entre os valores foi feita para obtenção da distribuição estatística da diferença entre os mesmos. Brites (2005), de maneira similar a Santos, Texeira e Neves (2017), utilizaram de redes coletoras em dois pontos sequenciados na rede de drenagem, para posterior pesagem em balanças e assim quantificar os resíduos presentes no sistema de drenagem no período seco e chuvoso.

Os resultados das cargas de resíduos sólidos obtidos por alguns desses autores têm como unidade kg/ha/ano. Valores per capita de resíduos normalmente são disponíveis nos panoramas de resíduos sólidos, porém os valores per capita referentes aos lançamentos em sistemas de drenagem são dados ainda não comumente encontrados na literatura.

2.2 Modelagem matemática

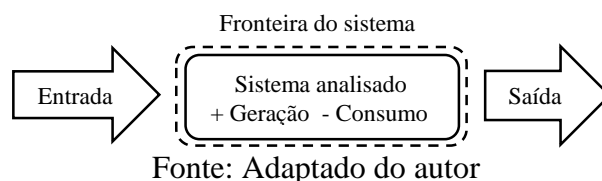
2.2.1 Balanço de massa

Além das análises do comportamento dos corpos hídricos em relação ao lançamento de matéria orgânica, decaimento de DBO, feitas através dos modelos de qualidade de água citados por Batista e Cabral (2017) e Araújo (2016), há também meios mais simplificados de modelar a qualidade da água, como os balanços de massa.

Segundo Felder e Rousseau (2005), balanço de massa é definido como o fluxo de massa que obedece ao princípio da conservação de massa, que enuncia que a massa não pode ser criada nem destruída. Pode ser classificada como processos em bateladas, quando há alimentação na entrada e após um tempo os produtos são removidos todos de uma única vez; processos contínuos, quando entradas e saídas fluem continuamente ao longo do tempo; e processos semicontínuos, quando algumas partes do processo é alimentado em bateladas e outras de forma contínua. O balanço de massa tem sua representação na Figura 1, e tem sua equação geral descrita pela Equação 1.

$$\boxed{\text{Entrada} + \text{Geração} - \text{Saída} - \text{Consumo} = \text{Acúmulo}} \quad \text{Equação (1)}$$

Figura 2. Representação balanço de massa.



De acordo com Sperling (2014), a quantificação de poluentes de forma geral, deve ser apresentada em termos de carga, que é expressa em massa por unidade de tempo. Há diferentes formas de calcular as cargas, e cada equação pode ser utilizada a depender do tipo de problema que está sendo estudado. As equações apresentadas pelo autor estão apresentadas no quadro 2.

Quadro 2. Equações para cálculo de carga

| Aplicação | Carga |
|----------------------------------|---|
| Esgotos domésticos e industriais | Carga = concentração x vazão |
| Esgotos domésticos | Carga = população x carga per capita |
| Esgotos industriais | Carga = contribuição por unidade produzida x produção |
| Drenagem superficial | Carga = contribuição por unidade de área x área |

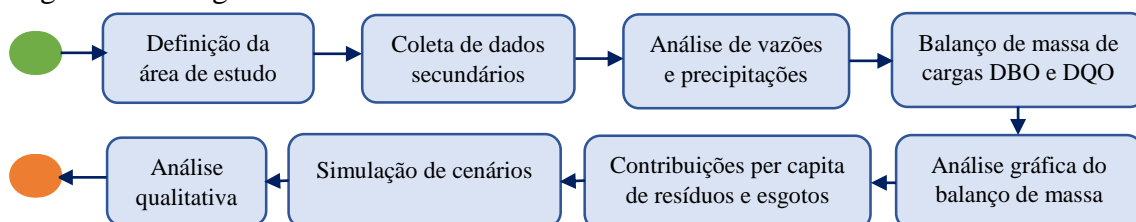
Fonte: Von Sperling, 2014

As cargas, por serem expressas em massa por unidade de tempo, também são chamadas de vazões mássicas ou fluxos de massas, sendo estas quantificações possíveis de serem utilizadas em balanços de massa.

3 METODOLOGIA

Para a realização do estudo, foram utilizados dados secundários provenientes da pesquisa realizada na Tese do engenheiro Germário Marcos Araújo, que tem como tema “A análise e modelagem integrada da qualidade da água em um sistema urbano canal-reservatório eutrofizado, localizado em Fortaleza/CE”. A metodologia é descrita no fluxograma da Figura 3.

Figura 3. Fluxograma de estudo



3.1 Caracterização da área de estudo

O canal de drenagem, tido como o objeto de estudo, localiza-se no município de Fortaleza, no Estado do Ceará, e interliga a lagoa da Parangaba ao açude Santo Anastácio (ASA). Saindo da lagoa da Parangaba até chegar ao ASA, o mesmo transpassa pelos bairros: Pici, Bela Vista, Demócrito Rocha, Panamericano e Couto Fernandes, possuindo 2.500 metros de extensão e contando com 5 metros de largura e 1,5 metros de altura, conforme projeto disponibilizado pela Prefeitura de Fortaleza. Além disso, vale a ressalva de que 70% da extensão do canal é aberto para a atmosfera e o restante é coberto com concreto armado.

Com o intuito de realizar uma análise mais próxima da realidade, o canal foi dividido em dois trechos: o primeiro com extensão de 1.200 metros, e o segundo com extensão de 1.300 metros. Além disso, foi constatada a existência de um bueiro próximo à lagoa da Parangaba que lançava esgotos no canal de drenagem. Ressalta-se que, além dos esgotos, o canal verte as águas da lagoa da Parangaba e transporta águas pluviais e resíduos sólidos até o Açude Santo Anastácio. Dessa forma, os pontos amostrais foram escolhidos para a determinação dos parâmetros da qualidade da água.

Figura 4. Divisão de trechos analisados e pontos amostrais P1, PB, P2, P3.



Na Figura 4, o trecho 01 pode ser identificado como a extensão que se inicia no ponto P1 e termina no ponto P2, já o trecho 02 é identificado iniciando no ponto P2 e terminando no ponto P3. O Ponto PB é referente ao bueiro que se localiza em um ponto bem próximo ao início do canal. Assim sendo:

- P1 – Ponto localizado próximo ao vertedouro de saída da lagoa da Parangaba.

- P2 – Ponto localizado próximo ao cruzamento das ruas Acre e Amazonas.
- P3 – Ponto localizado próximo à entrada do Açude Santo Anastácio (ASA).
- PB – Ponto localizado no bueiro.

Com o intuito de realizar uma análise sobre os aspectos referentes ao saneamento dos bairros circundantes ao canal, algumas informações se tornaram necessárias, dentre elas, os indicadores do de saneamento básico. Esses indicadores são um conjunto de informações que trazem um significado sobre a situação do saneamento em uma região. Na Tabela 3, encontram-se alguns exemplos de indicadores, que retratam a situação da rede de abastecimento de água, da rede de esgotamento sanitário e da situação dos resíduos sólidos.

Tabela 1. Indicadores de saneamento básico nos bairros circundantes ao canal.

| Bairros | Índice de cobertura de água ICA (%) | | Índice de cobertura de esgoto ICE (%) | | Índice coleta de resíduos sólidos (%) | |
|-----------------|-------------------------------------|-----------|---------------------------------------|-----------|---------------------------------------|-----------|
| | IBGE 2000 | IBGE 2010 | IBGE 2000 | IBGE 2010 | IBGE 2000 | IBGE 2010 |
| | Bela Vista | 93 | 95,14 | 53,4 | 84,50 | 99,5 |
| Panamericano | 90 | 93,29 | 46,3 | 82,64 | 99,4 | 100 |
| Pici | 89,2 | 96,94 | 54,4 | 81,22 | 92,4 | 99,78 |
| Demócrito Rocha | 93 | 97,13 | 25 | 47,57 | 87,4 | 99,85 |
| Couto Fernandes | 74,2 | 88,81 | 64,4 | 68,42 | 88,6 | 99,94 |

Fonte: IBGE

Para o sistema de abastecimento de água, o indicador utilizado é o índice de cobertura de água (ICA). De acordo com a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), o ICA é calculado considerando a disponibilidade de acesso à rede de distribuição de água, devendo ser levado em conta ligações na rede classificadas como ativa, cortada, suspensa, suprimida e factível. Esta última, segundo a Resolução N° 222 de 2017 da Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados no Ceará (ARCE), é aquela que não está conectada à rede, porém está situada em logradouros providos de rede pública. Sendo assim, é possível constatar um aumento no índice de cobertura de água do ano de 2000 para o ano de 2010, ou seja, podem ter investimentos advindos da CAGECE para a melhoria e ampliação da rede, ou ter havido um aumento no número de adesões da população à rede de abastecimento, o que levaria a um maior consumo de água e consequentemente um maior volume de esgotos gerados.

De forma similar, o sistema de esgotamento sanitário tem como indicador o índice de cobertura de esgoto (ICE). Para cálculo do ICE, segundo a CAGECE, deve ser considerado o percentual da população com disponibilidade de acesso à rede coletora de esgoto, devendo ser levado em conta ligações na rede classificadas como: ativa normal, ativa condominial, tamponada, suspensa, ligação sem interligação e factível. Assim como o ICA, o ICE teve um aumento do ano de 2000 para o ano de 2010, contatando maiores investimentos no sistema de esgotamento ou com o aumento no número de adesões da população. Porém, mesmo com esse aumento, é notável a deficiência da coleta de esgotos nesses bairros.

Além da infraestrutura de rede de água e esgoto, deve-se também levar em conta a questão da gestão dos resíduos sólidos nos bairros. Para um manejo adequado dos resíduos sólidos, algumas variáveis devem ser avaliadas. Dentre elas, a frequência da coleta domiciliar, os pontos de coleta e a associação de catadores com a utilização de reciclagem. O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Fortaleza (2012), mostra que a frequência de coleta domiciliar no município atingiu em média 100%, porém essa média não representa a situação individual dos bairros, pois Fortaleza é um município bastante desigual no aspecto do desenvolvimento humano, tendo variações notáveis no IDH de seus bairros. Isso é exposto na Tabela 1, onde os índices de coleta de resíduos sólidos, apesar de terem um aumento do ano de 2000 para 2010, ainda não atingiram 100%. A Tabela 2 dispõe dos valores do IDH nos bairros circundantes.

Tabela 2. Variações do IDH nos bairros circundantes.

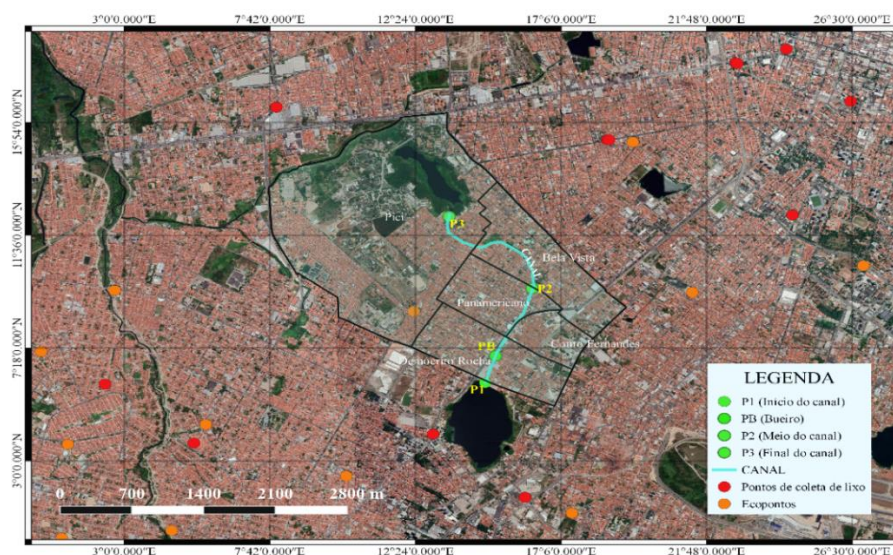
| Bairros | Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) - 2010 |
|-----------------|--|
| Bela Vista | 0,3753 |
| Panamericano | 0,3735 |
| Pici | 0,2186 |
| Demócrito Rocha | 0,3694 |
| Couto Fernandes | 0,3612 |

Fonte: Prefeitura de Fortaleza – Fortaleza Dados Abertos

Em estudo realizado por Cunha et al. (2017), sobre a compreensão dos residentes de Fortaleza em torno de pontos de lixo revitalizados nos bairros abordados na presente pesquisa, cerca de 100% dos entrevistados afirmaram que descartam seus resíduos por meio da coleta urbana, entretanto, mesmo com essa porcentagem, o estudo verificou a presença de 4 pontos de lixões que se formavam pelo descarte indevido dos resíduos.

Além disso, cerca de 16% dos entrevistados declararam se sentir incomodados com a poluição visual causada pela falta de coleta urbana. Para contornar a situação, alguns pontos de coleta (Ecopontos) foram instalados em Fortaleza e estão dispostos nos bairros conforme Figura 5.

Figura 5. Ecopontos distribuídos nas redondezas da área de estudo segundo Fortaleza em mapas (2018)



Fonte: Autor, 2020

Outro ponto importante é com relação à associação dos catadores. Santos e Silva (2008) apontam que garis, catadores e trabalhadores de usina de triagem em Fortaleza, têm a percepção de que os resíduos trazem duas vertentes importantes: o sinônimo de perigo e uma forma de sustento. As mulheres entrevistadas relataram que o lixo acumulado no ambiente é capaz de produzir odor desagradável, servir de foco de atração de animais, provocar doenças e aumentar a probabilidade da ocorrência de enchentes e inundações.

De acordo com o censo do IBGE (2010), Fortaleza possui uma população de 2.452.185 habitantes, o que reflete uma geração per capita de resíduos sólidos de 2,10kg/hab.dia (Panorama dos Resíduos Sólidos no Ceará, 2015). Essa estimativa foi calculada com base na tabela de geração per capita do Ministério do Meio Ambiente (MMA), do ano de 2003, utilizando projeções populacionais para obter gerações per capita proporcionais à faixa de população. Entretanto, esse valor per capita não reflete a quantidade que é lançada nos canais de drenagem. Alguns estudos citados anteriormente,

objetivaram estimar a quantidade de resíduos lançados na rede de drenagem por meio de métodos diretos de pesagem, já que é um dado que é difícil de ser encontrado na literatura.

Assim sendo, abordar a situação da rede de drenagem de um município é de extrema relevância para a análise em questão, pois é por meio dos canais de drenagem que as águas pluviais são escoadas levando consigo, por meio de lixiviação, os resíduos sólidos presentes nas ruas e áreas no entorno do canal. Em Fortaleza, há quatro bacias hidrográficas nas quais as águas pluviais são drenadas: a Bacia da Vertente Marítima, a Bacia do Rio Cocó, a Bacia do Rio Maranguapinho e a Bacia do Rio Pacoti. O canal em estudo se localiza dentro da Bacia do Rio Maranguapinho, sendo esta a segunda maior da região metropolitana de Fortaleza. O Plano Municipal de Drenagem de Fortaleza (2015), cita que um dos principais problemas dos canais de drenagem é o entupimento dos mesmos por conta dos resíduos sólidos.

3.2 Monitoramento / Técnicas de amostragem / Parâmetros analisados

O canal, depois de ter seus pontos amostrais escolhidos para o estudo, foi monitorado durante o período compreendido entre junho de 2013 e março de 2014. Durante o monitoramento, foram realizadas coletas mensais nos pontos amostrais citados a fim de determinar os parâmetros de qualidade com relação à sazonalidade climática, totalizando 13 coletas, porém foram utilizadas apenas 8 na presente pesquisa.

As amostras foram coletadas por meio de um balde com uma corda, acondicionadas em frascos e levados dentro de uma caixa de isopor para posterior análise laboratorial. Dentre os parâmetros analisados e utilizados para essa pesquisa, estão a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Demanda Química de Oxigênio (DQO). Para a determinação da DBO foi utilizado o método do Teste de DBO de 5 dias, e para a determinação da DQO foi utilizado o método colorimétrico com refluxo fechado, ambos realizados de acordo com o Standard Methods (APHA, 2005). Os dois parâmetros foram determinados no Laboratório de Saneamento Ambiental (LABOSAN), do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA), localizado na Universidade Federal do Ceará (UFC).

3.3 Estudo pluviométrico e medições de vazões

Levando em conta que a precipitação é considerada um fator que causa o arrastamento de resíduos sólidos para os canais de drenagem, os dados referentes à mesma

foram encontrados no Posto Pluviométrico do Pici, posto esse considerado representativo da contribuição das chuvas no canal, tendo em vista a ausência de outros postos próximos aos bairros circundantes e do próprio canal. Com a presença de precipitação há conseqüentemente um aumento na vazão do canal, sendo assim esta última foi calculada através de dados de velocidade provenientes de um anemômetro eletromagnético. Esse equipamento está disponível no Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA-UFC). Por meio das velocidades medidas e dos dados referentes à área do canal, as vazões foram obtidas.

Com ambos os dados referentes à pluviometria e vazões, foi possível construir um gráfico de transformação chuva-vazão por meio de regressão linear no Excel, a fim de obter relações empíricas para posterior simulação de cenários de cargas.

3.4 Modelagem matemática no canal

Para o emprego do balanço de massa para cálculo de cargas no canal, foi considerada a equação geral (1) citada por Felder e Rousseau (2005):

$$\text{Entrada} + \text{Geração} - \text{Saída} - \text{Consumo} = \text{Acúmulo}$$

Essa equação também pode ser representada na forma de balanço de massa diferencial:

$$\frac{dm}{dt} = \dot{m}_e - \dot{m}_s + R_g - R_c \quad (2)$$

Onde:

\dot{m}_e = Vazão mássica de entrada (kg/s)

\dot{m}_s = Vazão mássica de saída (kg/s)

R_g = Geração (reação) (kg/s)

R_c = Consumo (reação) (kg/s)

Considerando um balanço sem reações, ou seja, sem a utilização do coeficiente de decaimento da matéria orgânica na água e sendo as vazões mássicas também denominadas de cargas, calculadas a partir da equação citada por Von Sperling (2014), para esgotos domésticos e industriais, em que:

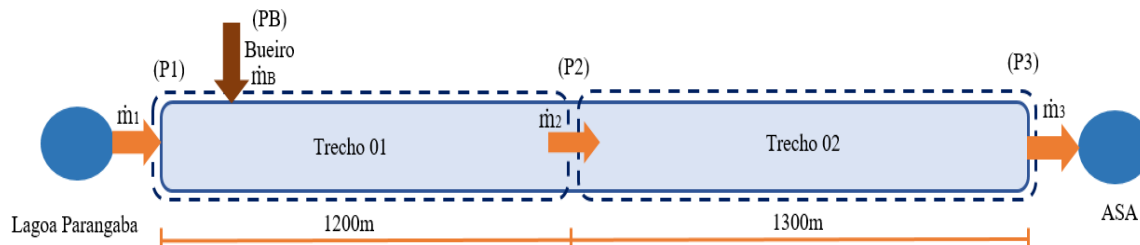
$$\text{Cargas [kg/s]} = \frac{\text{Concentração [mg/L]} \times \text{Vazão [L/s]}}{1.000.000 \text{ [kg/mg]}} \quad (3)$$

A equação (2) pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\frac{d(C \cdot Q)}{dt} = C_e \cdot Q_e - C_s \cdot Q_s \quad (4)$$

A partir da equação (4), o balanço de massa foi realizado em cada um dos trechos conforme representação na Figura 6.

Figura 6. Representação esquemática do canal



Fonte: Autor, 2020

Em cada trecho, foram calculados três diferentes valores de carga para cada parâmetro analisado (DBO e DQO): (I) carga total, (II) carga de esgotos e (III) cargas de resíduos sólidos, sendo a carga total o somatório da carga de esgotos e resíduos sólidos. Os balanços estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Balanços de massa nos trechos.

| | Trecho 01 | Trecho 02 |
|--------------------------|---|---|
| Carga total (kg/s) | $\frac{C_2 \cdot Q_2 - C_1 \cdot Q_1}{1.000.000}$ | $\frac{(C_3 \cdot Q_3 - C_2 \cdot Q_2)}{1.000.000}$ |
| Carga de esgotos (kg/s) | $\frac{(Q_2 - Q_1) \cdot C_B}{1.000.000}$ | $\frac{(Q_3 - Q_2) \cdot C_B}{1.000.000}$ |
| Carga de resíduos (kg/s) | <i>Carga total – Carga de esgotos</i> | <i>Carga total – Carga de esgotos</i> |

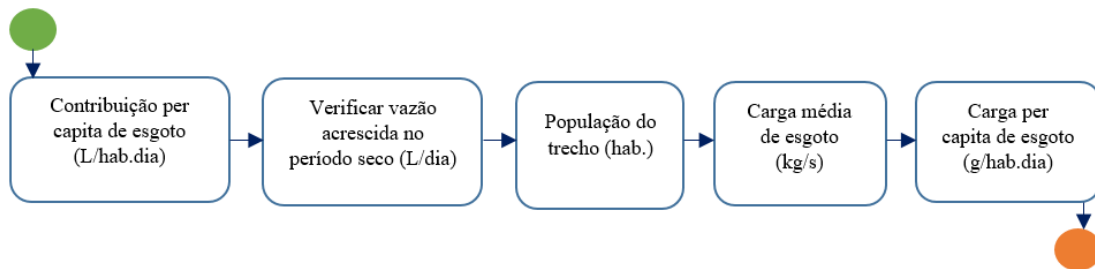
Fonte: Autor, 2019

Com a carga total calculada, a metodologia utilizada para determinar quanto dessa carga total seria advinda somente de esgoto, foi verificar a variação de vazão em cada trecho e multiplicar pela concentração de DBO ou DQO medida no ponto que o bueiro estava localizado (PB), considerando que se há um aumento de vazão, em principal no período seco do ano, significa que o aumento de vazão se deve aos esgotos, além disso foi considerado que a concentração dos parâmetros de DBO e DQO se manteve constante ao longo de todo o canal em todos os pontos em que há lançamento de esgoto. Possuindo a carga total e a carga advinda somente de esgoto é possível, por meio de uma subtração, calcular a carga advinda dos resíduos. Os resultados foram analisados graficamente por meio de regressão linear no Excel, os relacionando com os dados medidos de vazão.

3.5 Cargas per capita de esgoto

A estimativa da contribuição per capita de matéria orgânica foi calculada separadamente tanto para esgoto quanto para resíduos sólidos, considerando ambos os parâmetros de DBO e DQO. Com relação aos esgotos, a carga per capita foi calculada seguindo o fluxograma descrito na Figura 7.

Figura 7. Fluxograma do cálculo per capita da contribuição de esgoto no canal.



Fonte: Autor, 2019

Inicialmente, calcula-se a contribuição per capita de esgoto [L/hab.dia] a partir do consumo per capita de água, que segundo o Plano Municipal de Saneamento de Fortaleza apresenta o valor de 150L/hab.dia, e o coeficiente de retorno, definido pela NBR 9649 como a relação média entre os volumes de esgoto produzido e de água efetivamente consumida sendo adotado o valor de 0,8, através da equação (5).

$$q_{esg} = q_{\text{água}} \times C \quad (5)$$

Onde:

q_{esg} = Contribuição per capita de esgoto (L/hab.dia)

$q_{\text{água}}$ = Consumo per capita de água (L/hab.dia)

C = Coeficiente de retorno

O próximo passo foi descobrir a população contribuinte com os esgotos no canal, através da equação (6). Para isso, utilizou-se a vazão acrescida no canal no período seco do ano, período esse compreendido de agosto/2013 a janeiro/2014, calculada pela diferença entre a vazão a montante e a jusante no trecho em análise. No período seco não há precipitação, conseqüentemente o aumento de vazão no canal foi atrelado ao lançamento de esgoto. Como os valores de vazão foram medidos mensalmente, uma média foi calculada para utilização no cálculo.

$$Pop = \frac{média(Q_j - Q_m)}{q_{esg}} \quad (6)$$

Onde:

Pop = População do trecho (hab.)

Q_j = Vazão a jusante do trecho (L/dia)

Q_m = Vazão a montante do trecho (L/dia)

q_{esg} = Contribuição per capita de esgoto (L/hab.dia)

Com as cargas de esgotos obtidas no balanço de massa, referentes a DBO e a DQO, foi feita uma média com os valores mensais de período de monitoramento, e com a média obtida em kg/s foi necessária transformá-la em g/dia e dividir esse valor pela população do trecho conforme Equação (7).

$$C_{pc} = \frac{média(\dot{m})}{Pop} \quad (7)$$

Onde:

C_{pc} = Carga per capita (g/hab.dia)

\dot{m} = Vazões mássicas/ Cargas do balanço de massa (g/dia)

Pop = População do trecho (hab.)

3.6 Cargas per capita dos resíduos sólidos

Com relação a carga per capita de resíduos sólidos, o fluxograma de cálculo segue conforme Figura 8.

Figura 8. Fluxograma do cálculo per capita da contribuição de resíduos sólidos no canal.



Fonte: Autor, 2019

Com a população de cada trecho calculada conforme equação (6), foi considerado que a parcela contribuinte com o lançamento de resíduos sólidos no canal é de 100% tendo em vista que praticamente toda a população no entorno dos trechos contribui de alguma forma. Após isso, de forma similar à carga de esgoto, a carga de resíduos sólidos foi calculada a partir da média das cargas obtidas no balanço de massa em todo o período

de monitoramento. E por fim, a carga per capita de resíduos sólidos foi calculada através da equação (7).

3.7 Simulação de cenários

Com as relações obtidas na transformação chuva-vazão e nas análises gráficas de cargas-vazão, foram realizadas simulações de diferentes condições de chuva para gerar cenários de cargas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram expostos por meio de tabelas e gráficos. Sendo os mesmos analisados separadamente em: (I) Análise temporal de vazão/precipitação, (II) Avaliação da carga orgânica no canal, (III) Balanço de massa de cargas orgânicas, (IV) Cálculo da carga per capita de esgoto, (V) Cálculo da carga per capita de resíduos sólidos, (VI) Simulação de cenários.

4.1 Análise temporal / Vazão x Precipitação

Os dados de vazões nos pontos amostrais e a precipitação obtida do posto pluviométrico do Pici foram explicitados na Tabela 4. Com esses dados, o gráfico da Figura 6 foi construído com o intuito de verificar o comportamento das vazões e das chuvas, além de verificar se existia alguma relação entre os mesmos.

Tabela 4. Precipitação e vazões nos pontos amostrais do canal.

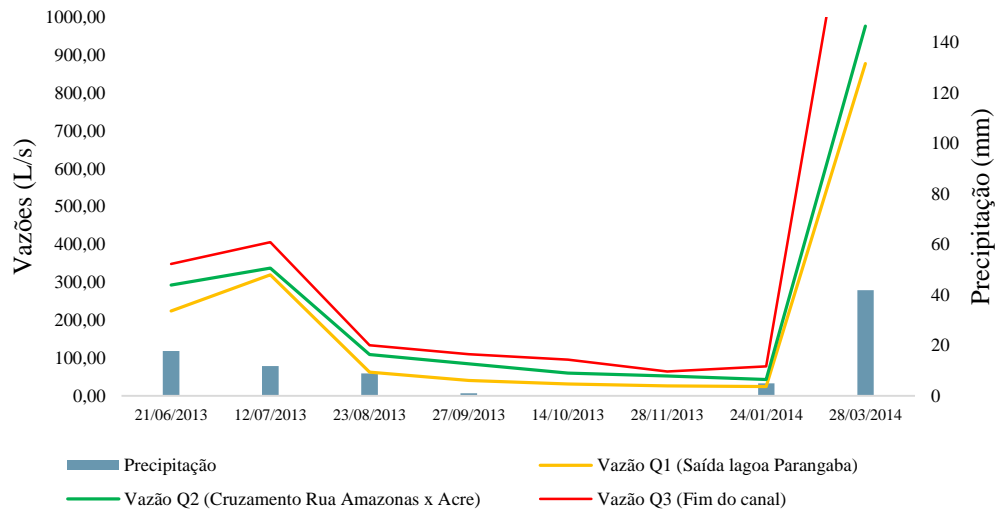
| DADOS | 21/06/2013 | 12/07/2013 | 23/08/2013 | 27/09/2013 | 14/10/2013 | 28/11/2013 | 24/01/2014 | 28/03/2014 |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Chuva diária (mm) | 17,8 | 11,8 | 8,9 | 1 | 0 | 0 | 5 | 41,8 |
| Vazão Q1 (L/s) | 224,10 | 319,30 | 62,60 | 40,30 | 31,60 | 26,60 | 24,20 | 877,50 |
| Vazão Q2 (L/s) | 293,00 | 337,00 | 108,81 | 85,03 | 60,13 | 52,34 | 43,00 | 976,30 |
| Vazão Q3 (L/s) | 348,37 | 405,56 | 133,81 | 110,12 | 95,68 | 64,21 | 78,00 | 1598,00 |
| Vazão Bueiro (L/s) | 0,24 | 0,21 | 0,13 | 0,04 | 0,21 | 0,38 | 0,37 | 0,54 |

Fonte: Araújo, 2016

Admitindo não haver extravasamento ou infiltração por ser um canal de drenagem, a vazão dentro de um canal deveria ser constante, porém como observado no gráfico da Figura 9, construído com os dados da Tabela 4, ao longo do canal a vazão aumenta tanto em período seco quanto em período chuvoso. No período seco, não há como o aumento da vazão advir das águas pluviais, então o aumento da vazão foi atribuído à descarga de

esgotos. Nota-se também que os períodos de maiores vazões foram registrados nos meses de junho e julho de 2013 e março de 2014.

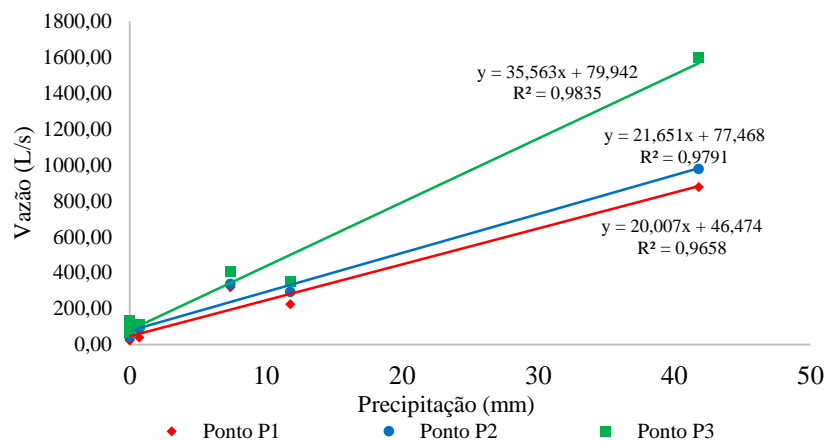
Figura 9. Análise temporal Vazão (L/s) x Precipitação (mm)



Fonte: Autor, 2019

Ainda com os dados medidos de vazão nos pontos amostrais e a precipitação obtida no posto pluviométrico do Pici, um gráfico de transformação chuva vazão foi construído relacionando a precipitação em todo o período de monitoramento com a vazão em cada ponto amostral separadamente conforme a Figura 10, obtendo então relações empíricas que foram utilizadas para posterior projeção de diferentes cenários.

Figura 10. Transformação chuva-vazão.



Fonte: Autor, 2019

4.2 Avaliação da carga orgânica na água (DBO, DQO)

Os parâmetros de qualidade utilizados no estudo para avaliar a qualidade da água do canal foram a DBO e a DQO.

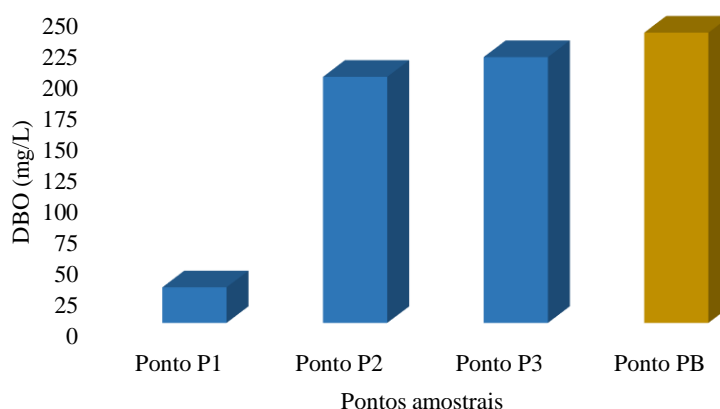
Com relação à DBO, os dados medidos nos pontos amostrais foram expostos na tabela 5 e foi-se possível constatar que em cada ponto amostral os valores de DBO apresentaram uma pequena variabilidade tendo o ponto P1 um valor médio de 28,74mg/L, o ponto P2 um valor médio de 198,29mg/L, o ponto P3 um valor médio de 214,14mg/L e o ponto PB um valor médio de 233,81mg/L.

Tabela 5. Concentração de DBO medida nos pontos (mg/L)

| Pontos | 21/06/2013 | 12/07/2013 | 23/08/2013 | 27/09/2013 | 14/10/2013 | 28/11/2013 | 24/01/2014 | 28/03/2014 |
|--------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| P1 | 22,00 | 37,54 | 32,15 | 27,09 | 30,50 | 31,44 | 16,70 | 32,50 |
| PB | 234,00 | 238,49 | 204,37 | 213,47 | 270,30 | 320,56 | 286,32 | 103,00 |
| P2 | 222,00 | 198,00 | 193,29 | 187,26 | 197,26 | 240,81 | 208,60 | 139,10 |
| P3 | 257,00 | 206,00 | 199,47 | 192,47 | 205,00 | 242,29 | 220,87 | 190,00 |

Fonte: Araújo, 2016

Figura 11. Concentração de DBO ao longo do canal nos pontos amostrais.



Fonte: Autor, 2019

O gráfico da Figura 11 foi construído com as médias calculadas anteriormente e constatou-se que houve um aumento significativo de DBO nos pontos P2 e P3 com relação ao ponto P1. Esse aumento comprova que o canal recebe cargas orgânicas provenientes dos esgotos e dos resíduos sólidos lançados e carreados pela chuva.

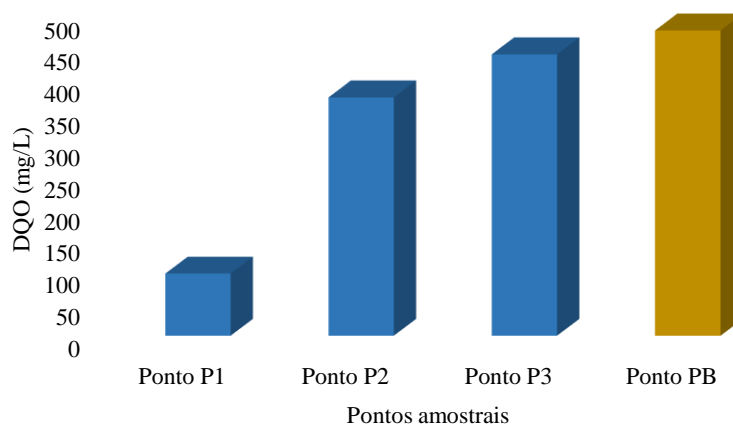
Com relação à DQO, os dados medidos nos pontos amostrais foram expostos na Tabela 6 e foi possível constatar que em cada ponto amostral os valores de DQO apresentaram uma pequena variabilidade tendo o ponto P1 um valor médio de 98,02mg/L, o ponto P2 um valor médio de 374,14mg/L, o ponto P3 um valor médio de 397,46mg/L e o ponto PB um valor médio de 478,88mg/L.

Tabela 6. Concentração de DQO medida nos pontos amostrais (mg/L).

| Pontos | 21/06/2013 | 12/07/2013 | 23/08/2013 | 27/09/2013 | 14/10/2013 | 28/11/2013 | 24/01/2014 | 28/03/2014 |
|--------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| P1 | 75,34 | 137,27 | 93,88 | 119,35 | 79,23 | 133,36 | 68,77 | 77,00 |
| PB | 588,00 | 456,21 | 425,25 | 514,67 | 567,00 | 606,74 | 493,18 | 180,00 |
| P2 | 434,00 | 382,01 | 332,68 | 353,91 | 373,73 | 425,45 | 409,36 | 282,00 |
| P3 | 509,00 | 466,69 | 352,00 | 486,94 | 445,00 | 450,83 | 510,25 | 311,00 |

Fonte: Araújo, 2016

Figura 12. Concentração de DQO ao longo do canal nos pontos amostrais.



Fonte: Autor, 2019

O gráfico da Figura 12 foi construído com as médias calculadas anteriormente e constatou-se que houve um aumento significativo de DQO nos pontos P2 e P3 com relação ao ponto P1. Esse aumento comprova que o canal recebe cargas orgânicas provenientes dos esgotos e dos resíduos sólidos lançados e carreados pela chuva.

Da quantidade de matéria orgânica total lançada, uma parcela é biodegradável e outra parcela é formada por compostos inertes que não podem ser degradados biologicamente. Sperling (2014) sugere a relação DQO/DBO, a fim de verificar a parcela da matéria orgânica biodegradável lançada no canal. Os resultados se encontram na Tabela 7.

Tabela 7. Biodegradabilidade da matéria orgânica lançada no canal

| Pontos amostrais | Relação DQO/DBO |
|------------------|-----------------|
| P1 | 3,41 |
| P2 | 1,87 |
| P3 | 2,06 |
| PB | 2,05 |

Fonte: Autor, 2020

Segundo Sperling, os esgotos domésticos possuem relação DQO/DBO entre 1,7 a 2,4 e, à medida que a matéria orgânica é consumida, esse valor tende a aumentar. Valores maiores que 3,0 podem significar que a parcela biodegradável foi consumida ao passo que a parcela inerte permanece praticamente inalterada. Conclui-se então que os pontos P2 e P3 possuem quantidades de matéria orgânica biodegradável bem similares às do ponto PB, o ponto onde há lançamento de esgotos.

4.3 Modelagem matemática (Balanço de massa)

O balanço de massa realizado teve seus resultados divididos por trecho e apresentados nas Tabelas 8 e 9, porém pela dificuldade encontrada em avaliá-los dessa forma, gráficos foram construídos relacionando as cargas obtidas em cada trecho com a vazão no canal.

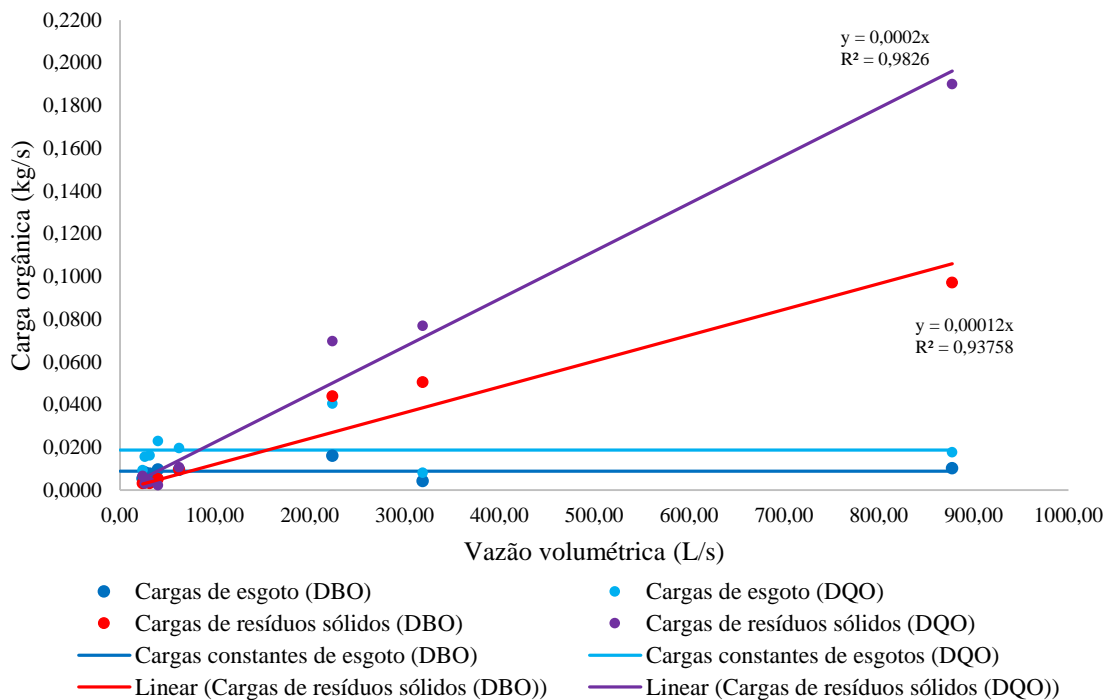
Tabela 8. Balanço de massa dos parâmetros DBO e DQO no trecho 01.

| | | TRECHO 01 - 1200m | | | | | | | |
|----------------------|--------|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Parâmetros | | 21/06/2013 | 12/07/2013 | 23/08/2013 | 27/09/2013 | 14/10/2013 | 28/11/2013 | 24/01/2014 | 28/03/2014 |
| DBO (kg/s) | TOTAL | 0,0601158 | 0,0547395 | 0,0190193 | 0,0148310 | 0,0108974 | 0,0117677 | 0,0085657 | 0,1072846 |
| | ESGOTO | 0,0161226 | 0,0042213 | 0,0094439 | 0,0095485 | 0,0077117 | 0,0082512 | 0,0053828 | 0,0101764 |
| | RESÍD. | 0,0439932 | 0,0505182 | 0,0095754 | 0,0052825 | 0,0031858 | 0,0035165 | 0,0031828 | 0,0971082 |
| DQO (kg/s) | TOTAL | 0,1102783 | 0,0849071 | 0,0303220 | 0,0252832 | 0,0199687 | 0,0187207 | 0,0159382 | 0,2077491 |
| | ESGOTO | 0,0405132 | 0,0080749 | 0,0196508 | 0,0230212 | 0,0161765 | 0,0156175 | 0,0092718 | 0,0177840 |
| | RESÍD. | 0,0697651 | 0,0768321 | 0,0106712 | 0,0022620 | 0,0037922 | 0,0031032 | 0,0066665 | 0,1899651 |

Fonte: Autor, 2019

Para o trecho 01, relacionou-se a vazão obtida no ponto P1 com as cargas de esgoto e de resíduos sólidos referentes a DBO e DQO e o gráfico da Figura 13 foi elaborado.

Figura 13. Análise gráfica das cargas de DBO e DQO advinda do lixo e do esgoto relacionados a vazão volumétrica em período seco e chuvoso no trecho 01.



Fonte: Autor, 2020

Observa-se que as cargas de esgoto tiveram uma variação muito pequena em uma análise temporal com relação às vazões em período seco e chuvoso, portanto uma média foi calculada e a carga orgânica advinda do esgoto referente a DBO e a DQO foi considerada constante. Porém o mesmo não acontece com a carga de resíduos sólidos referente a ambos os parâmetros avaliados que, por sua vez, apresenta valores que aumentam consideravelmente conforme o aumento de vazões no canal, comprovando que as chuvas carreiam os resíduos sólidos nas ruas lançando-os no canal. Dentre as relações empíricas obtidas estão as equações (8) e (9).

$$\text{Cargas resíduos DBO [kg/s]} = 0,00012Q \quad (8)$$

$$\text{Cargas resíduos DQO [kg/s]} = 0,0002Q \quad (9)$$

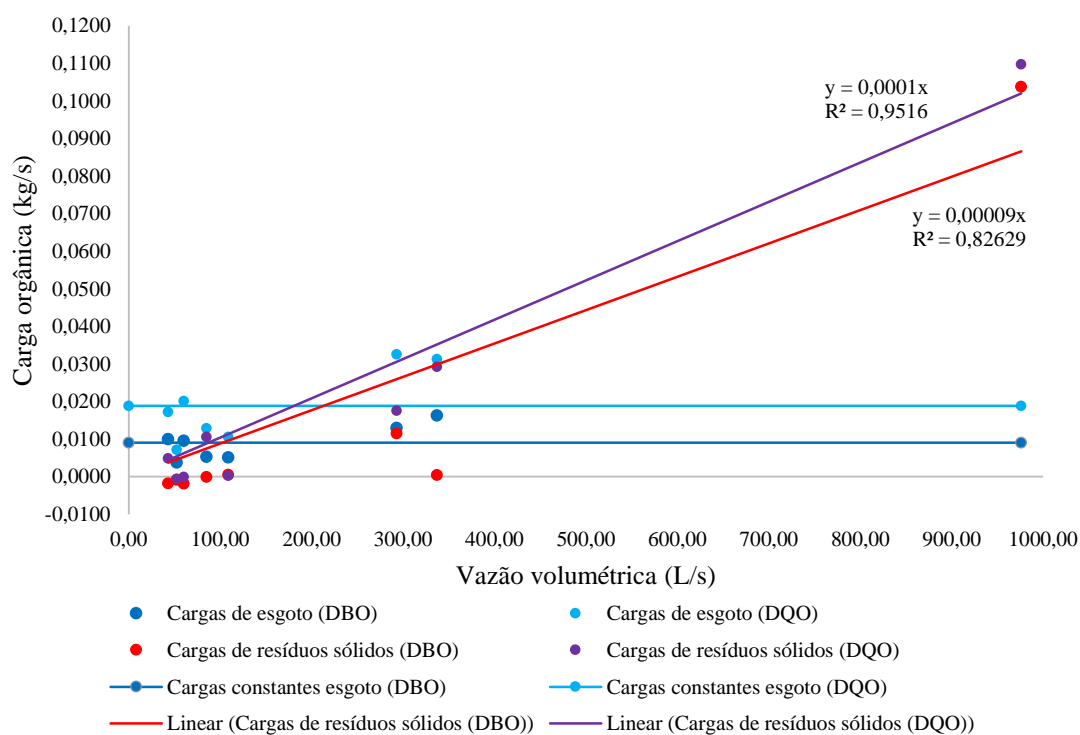
Já para o trecho 02, relacionou-se a vazão obtida no ponto P2 com as cargas de esgoto e de resíduos sólidos referentes a DBO e DQO e o gráfico da Figura 14 foi elaborado.

Tabela 9. Balanço de massa dos parâmetros DBO e DQO no trecho 02.

| | | TRECHO 02 - 1300m | | | | | | | |
|------------|--------|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Parâmetros | | 21/06/2013 | 12/07/2013 | 23/08/2013 | 27/09/2013 | 14/10/2013 | 28/11/2013 | 24/01/2014 | 28/03/2014 |
| DBO (kg/s) | TOTAL | 0,0244851 | 0,0168194 | 0,0056592 | 0,0052721 | 0,0077532 | 0,0029534 | 0,0082581 | 0,1678167 |
| | ESGOO | 0,0129566 | 0,0163509 | 0,0051093 | 0,0053560 | 0,0096092 | 0,0038050 | 0,0100212 | 0,0640351 |
| | RESÍD. | 0,0115285 | 0,0004685 | 0,0005499 | -0,0000839 | -0,0018560 | -0,0008516 | -0,0017631 | 0,1037816 |
| DQO (kg/s) | TOTAL | 0,0501583 | 0,0605334 | 0,0109022 | 0,0235289 | 0,0201052 | 0,0066797 | 0,0221970 | 0,2216614 |
| | ESGOTO | 0,0325576 | 0,0312778 | 0,0106313 | 0,0129131 | 0,0201569 | 0,0072020 | 0,0172613 | 0,1119060 |
| | RESÍD. | 0,0176008 | 0,0292557 | 0,0002710 | 0,0106158 | -0,0000516 | -0,0005223 | 0,0049357 | 0,1097554 |

Fonte: Autor, 2019

Figura 14. Análise gráfica das cargas de DBO e DQO advinda do lixo e do esgoto relacionados a vazão volumétrica em período seco e chuvoso no trecho 02.



Fonte: Autor, 2020

De forma similar ao trecho 01, observa-se que as cargas de esgoto também tiveram uma variação muito pequena em uma análise temporal com relação às vazões em período seco e chuvoso, sendo considerada constante. Além disso, a carga de resíduos sólidos referente a ambos os parâmetros avaliados tendeu a aumentar conforme o aumento das vazões no canal, reiterando o lançamento de resíduos sólidos no canal pelas chuvas. Dentre as relações empíricas obtidas estão as equações (10) e (11).

$$\text{Cargas resíduos DBO [kg/s]} = 0,00009Q \quad (10)$$

$$\text{Cargas resíduos DQO [kg/s]} = 0,0001Q \quad (11)$$

Utilizando a metodologia sugerida, é visto que foi possível realizar a separação das cargas de DBO e DQO advindas de resíduos sólidos e do esgoto por meio do balanço de massa por se ter conseguido comprovar que não somente o esgoto realiza influência nas cargas, mas como também os resíduos sólidos. Com os gráficos gerados, foi possível visualizar que a tendência dos dados de carga de resíduos sólidos se adequou bem utilizando uma regressão linear tendo em vista que o coeficiente de determinação resultou em valores acima de 0,8, significando que foram gerados menos de 20% de resíduos (diferença entre o medido e o da modelagem de regressão). Porém para que se tenha a possibilidade de elevar a confiabilidade dos resultados, é necessário que seja possível uma comparação com algum indicador existente na literatura. O indicador escolhido foi a carga per capita.

4.4 Cargas per capita de esgotos

A carga per capita de esgotos foi calculada levando em conta o aumento de vazão no canal no período seco atribuído ao lançamento de esgotos, sendo este obtido pela diferença de vazões medidas a jusante e a montante do trecho avaliado. Para tanto, determinou-se uma média de vazão acrescida nos meses de agosto, setembro, outubro, novembro e janeiro para cada trecho. Com essa vazão, foi possível calcular a população de ambos os trechos através da equação (6) a partir da contribuição de esgotos calculada pela equação (5). As vazões acrescidas de ambos os trechos estão dispostas na Tabela 10.

Tabela 10. Vazão acrescentada no período seco.

| Trecho | 23/08/2013 | 27/09/2013 | 14/10/2013 | 28/11/2013 | 24/01/2014 |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Trecho 01 (L/s) | 46,21 | 44,73 | 28,53 | 25,74 | 18,80 |
| Trecho 01 (L/dia) | 3.992.544 | 3.864.672 | 2.464.992 | 2.223.936 | 1.624.320 |
| Trecho 02 (L/s) | 25,00 | 25,09 | 35,55 | 11,87 | 35,00 |
| Trecho 02 (L/dia) | 2.160.000 | 2.167.776 | 3.071.520 | 1.025.568 | 3.024.000 |

Fonte: Autor, 2020

Com as populações de cada trecho, o próximo passo foi encontrar de fato a carga per capita através da equação (7), e com a mesma comparar aos dados da literatura, a fim de verificar se os valores estão abaixo ou acima das encontradas em outros estudos.

Tabela 11. População nos trechos 01 e 02.

| Trecho | Consumo per capita água (L/hab.dia) | Coefficiente de retorno | Contribuição per capita de esgoto (L/hab.dia) | Vazão acrescida no período seco (L/dia) | População (hab.) |
|-----------|--|----------------------------|--|--|------------------|
| Trecho 01 | 150 | 0,8 | 120 | 2.834.093 | 23.617 |
| Trecho 02 | 150 | 0,8 | 120 | 2.289.773 | 19.081 |

Fonte: Autor, 2019

Tabela 12. Cargas per capita de esgoto trecho 01.

| Parâmetro | Carga esgoto média (kg/s) | Carga esgoto média (kg/dia) | Carga per capita esgoto (kg/hab.dia) | Carga per capita esgoto (g/hab.dia) |
|------------|------------------------------|--------------------------------|---|--|
| DBO | 0,0089 | 765,27 | 0,0324028 | 32,40 |
| DQO | 0,0188 | 1621,19 | 0,0686436 | 68,64 |

Fonte: Autor, 2019

Tabela 13. Cargas per capita de esgoto trecho 02.

| Parâmetro | Carga esgoto média (kg/s) | Carga esgoto média (kg/dia) | Carga per capita esgoto (kg/hab.dia) | Carga per capita esgoto (g/hab.dia) |
|------------|------------------------------|--------------------------------|---|--|
| DBO | 0,0159 | 1374,23 | 0,0720190 | 72,02 |
| DQO | 0,0305 | 2634,18 | 0,1380495 | 138,05 |

Fonte: Autor, 2019

Na literatura, algumas estimativas foram feitas para o cálculo da contribuição per capita de DBO nos esgotos. Sperling (2014) cita valores variando de 40 a 60 g/hab.dia (DBO) e 80 a 120 g/hab.dia (DQO). No trecho 01, as cargas per capita encontradas foram menores do que os valores citados tanto para DBO quanto para DQO, já no trecho 02 nota-se que os valores foram maiores do que os citados, evidenciando o lançamento de esgotos clandestinos ao longo de todo o canal. Em outras pesquisas, a contribuição per capita de esgotos foi calculada com base na DBO, Freire e Santos (2018) relataram um per capita de 47 g/hab.dia no município de Juazeiro do Norte/CE; Martinelli et. Al (2002) citaram valores de 37 g/hab.dia no município de São José dos Dourados/SP e 26 g/hab.dia no município de Aguapeí/SP. Percebe-se então valores bem próximos aos encontrados na presentes pesquisa, evidenciando que a metodologia utilizada cumpriu o seu objetivo.

4.5 Cargas per capita de resíduos sólidos

A carga per capita de resíduos sólidos utilizou a mesma metodologia de cálculo com a diferença de que a população utilizada para estimar o per capita foi a parcela da população que contribui com o lançamento de resíduos sólidos.

Tabela 14. População que contribui para o lançamento de resíduos nos trechos 01 e 02.

| Trecho | População | % População que contribui com resíduos sólidos | População que contribui com resíduos sólidos |
|-----------|-----------|--|--|
| Trecho 01 | 23.617 | 100 | 23.617 |
| Trecho 02 | 19.081 | 100 | 19.081 |

Fonte: Autor, 2019

Tabela 15. Cargas per capita de resíduos sólidos no trecho 01.

| Parâmetro | Carga de resíduos sólidos média (kg/s) | Carga de resíduos sólidos média (kg/dia) | Carga per capita resíduos sólidos (kg/hab.dia) | Carga per capita resíduos sólidos (g/hab.dia) |
|------------------|--|--|--|---|
| DBO (kg/hab.dia) | 0,0270 | 2336,72 | 0,10 | 98,94 |
| DQO (kg/hab.dia) | 0,0454 | 3921,02 | 0,17 | 166,02 |

Fonte: Autor, 2019

Tabela 16. Cargas per capita de resíduos sólidos no trecho 02.

| Parâmetro | Carga de resíduos sólidos média (kg/s) | Carga de resíduos sólidos média (kg/dia) | Carga per capita resíduos sólidos (kg/hab.dia) | Carga per capita resíduos sólidos (g/hab.dia) |
|------------------|--|--|--|---|
| DBO (kg/hab.dia) | 0,0140 | 1207,16 | 0,06 | 63,26 |
| DQO (kg/hab.dia) | 0,0215 | 1856,09 | 0,10 | 97,27 |

Fonte: Autor, 2019

Segundo estudo realizado por Silva (2014), que tratava dos indicadores da estação de resíduos sólidos em Fortaleza – CE, foram expostos os per capita referentes aos resíduos sólidos em cada regional, além de apresentar o valor per capita no município em si. A regional I apresentou valor de 1.616 g/hab.dia; a II 2.078 g/hab.dia; a III 1.375 g/hab.dia; a IV 1.656 g/hab.dia; a V 1.264 g/hab.dia, a VI 1.876 g/hab.dia e o município como um todo apresentou per capita 2.040 g/hab.dia. É nítido que todos esses valores são bem diferentes dos dispostos na pesquisa, isso se deve ao fato de que os valores calculados nesse trabalho, foram relacionados aos lançamentos a um canal de drenagem e não para um município. É incomum encontrar na literatura valores de contribuição per capita de resíduos sólidos para um canal de drenagem em kg/hab.dia. Neves e Tucci (2020) citaram alguns valores obtidos em diferentes países. Em Spring obteve-se 82 kg/ha/ano, em Johannesburg 48 kg/ha/ano, Auckland 2,76 kg/ha/ano. Esses valores apresentam unidade de carga diferente da utilizada na presente pesquisa, porém a grosso modo, transformando kg/hab.dia para kg/hab.ano, vê-se que a estimativa atingiu valores coerentes.

4.6 Simulação de cenários para diferentes precipitações

Para a simulação de cenários, as equações de transformação chuva vazão e as equações obtidas por regressão linear no balanço de massa das cargas de esgoto e resíduos sólidos, foram rearranjadas relacionando cargas em função da precipitação. Como as cargas de esgotos tiveram uma variação muito pequena, as mesmas foram consideradas constantes independente do regime de precipitação, apenas as cargas de resíduos sólidos foram relacionadas com a precipitação. A avaliação dos cenários foi feita por trecho e para cada um deles foram realizados 5 diferentes cenários. Os resultados foram expostos em gráficos.

No trecho 01, a equação de chuva vazão obtida na Figura 10 para o ponto P2 e as equações (8) e (9) foram rearranjadas gerando as seguintes relações:

$$\text{Cargas resíduos sólidos DBO [kg/s]} = 0,00259812.P + 0,00929616 \quad (12)$$

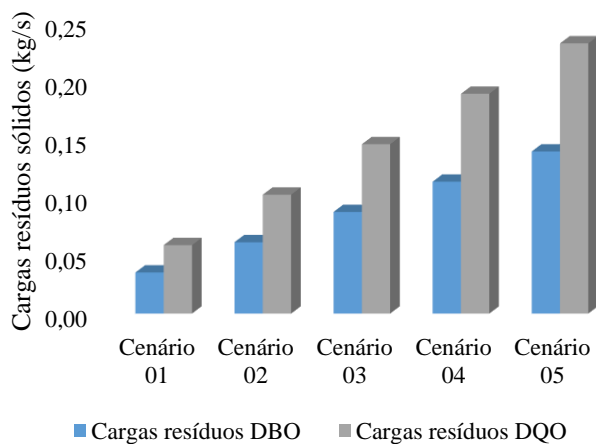
$$\text{Cargas resíduos sólidos DQO [kg/s]} = 0,0043302.P + 0,0154936 \quad (13)$$

Tabela 17. Simulação de cenários trecho 01.

| | Cargas resíduos DBO [kg/s] | Cargas resíduos DQO [kg/s] |
|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Cenário 01 – P = 10mm | 0,03527736 | 0,05880 |
| Cenário 02 – P = 20mm | 0,06125856 | 0,10210 |
| Cenário 03 – P = 30mm | 0,08723976 | 0,14540 |
| Cenário 04 – P = 40mm | 0,11322096 | 0,18870 |
| Cenário 05 – P = 50mm | 0,13920216 | 0,23200 |

Fonte: Autor, 2020

Figura 15. Projeções de cenários em gráficos trecho 01.



Fonte: Autor, 2020

Com o aumento da precipitação, verificou-se que as cargas de resíduos também aumentavam, entretanto deve-se atentar que a relação empírica encontrada possui limitações devido à ausência de estudos estatísticos mais aprofundados.

No trecho 02, a equação de chuva vazão obtida na Figura 9 para o ponto P3 e as equações (10) e (11) foram rearranjadas gerando as seguintes relações:

$$\text{Cargas resíduos sólidos DBO [kg/s]} = 0,00320067 \cdot P + 0,00719478 \quad (14)$$

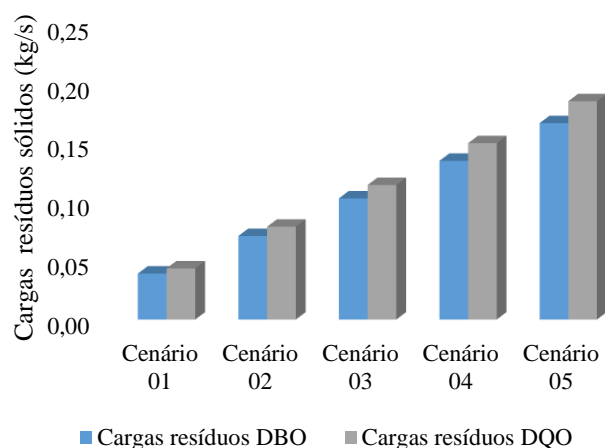
$$\text{Cargas resíduos sólidos DQO [kg/s]} = 0,0035563 \cdot P + 0,0079942 \quad (15)$$

Tabela 18. Simulação de cenários trecho 02.

| | Cargas resíduos DBO [kg/s] | Cargas resíduos DQO [kg/s] |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Cenário 01 – P = 10mm | 0,03920148 | 0,0435572 |
| Cenário 02 – P = 20mm | 0,0791202 | 0,0791202 |
| Cenário 03 – P = 30mm | 0,10321488 | 0,1146832 |
| Cenário 04 – P = 40mm | 0,13522158 | 0,1502462 |
| Cenário 05 – P = 50mm | 0,16722828 | 0,1858092 |

Fonte: Autor, 2020

Figura 16. Projeções de cenário trecho 02.



Fonte: Autor, 2020

Assim como no trecho 01, as cargas no trecho 02 também apresentam um aumento conforme a precipitação aumenta, da mesma forma deve-se atentar que a relação empírica possui limitações devido à ausência de estudos estatísticos mais aprofundados.

Com as cargas de resíduos sólidos obtidas nas projeções, os dados foram reorganizados e apresentados na Tabela 19, foram calculadas diferenças percentuais de DBO e DQO entre ambos os trechos e os resultados foram exibidos na Tabela 20.

Tabela 19. Cargas de DBO e DQO nos trechos 01 e 02 referentes aos resíduos sólidos

| | Trecho 01 | | Trecho 02 | |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Cargas resíduos DBO [kg/s] | Cargas resíduos DQO [kg/s] | Cargas resíduos DBO [kg/s] | Cargas resíduos DQO [kg/s] |
| Cenário 01 – P = 10mm | 0,03662758 | 0,05950 | 0,03920148 | 0,0435572 |
| Cenário 02 – P = 20mm | 0,06044368 | 0,10280 | 0,0791202 | 0,0791202 |
| Cenário 03 – P = 30mm | 0,08425978 | 0,14610 | 0,10321488 | 0,1146832 |
| Cenário 04 – P = 40mm | 0,10807588 | 0,18940 | 0,13522158 | 0,1502462 |
| Cenário 05 – P = 50mm | 0,13189198 | 0,23270 | 0,16722828 | 0,1858092 |

Fonte: Autor, 2021

Tabela 20. Diferenças percentuais de DBO e DQO entre os dois trechos

| | Diferença percentual DBO | Diferença percentual DQO |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| Cenário 01 – P = 10mm | 7,02 % | 36,60 % |
| Cenário 02 – P = 20mm | 30,90 % | 29,93 % |
| Cenário 03 – P = 30mm | 22,50 % | 27,39 % |
| Cenário 04 – P = 40mm | 25,11 % | 26,06 % |
| Cenário 05 – P = 50mm | 26,80 % | 25,23 % |

Fonte: Autor, 2021

Observa-se que as cargas de DBO referentes aos resíduos sólidos têm um aumento percentual em média de aproximadamente 25% no segundo trecho em relação ao primeiro. Por outro lado, as cargas de DQO referentes aos resíduos sólidos têm uma redução percentual de aproximadamente 29% no segundo trecho em relação ao primeiro. O aumento percentual da DBO indica que a matéria orgânica dos resíduos não é facilmente degradada. Já a redução percentual da DQO indica que a maior parte dos resíduos são lançados no trecho 01. As cargas obtidas no balanço de massa, assim como, as cargas nas projeções de cenários seguem o fluxo do canal de drenagem em direção ao Açude Santo Anastácio tornando as correlações propostas importantes no auxílio da gestão da qualidade da água no açude.

5 CONCLUSÃO

A metodologia proposta no trabalho para verificação da influência dos resíduos sólidos na qualidade do canal de drenagem, e posterior separação das cargas de DBO e DQO advindos dos resíduos sólidos e dos esgotos se mostrou adequada, sendo capaz de auxiliar em possíveis modelagens da qualidade das águas, assim como poder ser utilizada como um indicador para conhecer a situação de algum canal da rede de drenagem do município de Fortaleza e ter uma noção da quantidade de resíduos que pode estar causando obstrução, identificando possíveis problemas de saneamento no que concerne a gestão de resíduos sólidos, pela falta de postos de coleta ou Ecopontos, ou verificar a necessidade de realização de educação ambiental com a população para que entendam as consequências de jogar lixo na rua ou em corpos hídricos de forma geral.

Com relação as equações empíricas obtidas que relacionam carga de lixo com as vazões no canal e com a precipitação, precisa-se ainda de uma análise estatística mais aprofundada para dar uma maior confiabilidade as equações assim como determinar os intervalos de confiança, e até que valores os parâmetros se relacionam bem utilizando das equações encontradas, entretanto a proposta sugerida no estudo teve resultados satisfatórios.

E por fim, tendo em vista os cálculos utilizados, os conceitos aplicados e todos os aspectos de saneamento apresentados, pode-se concluir que a metodologia proposta para a separação de cargas de resíduos e esgoto em um canal de drenagem funcionou bem dentro de suas limitações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABES. **Copa do mundo de saneamento ABES**. Disponível em: <http://abes-dn.org.br/?p=18649>>. Acesso em: 23 de setembro de 2020.

AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DO CEARÁ. Arce. **Resolução nº 222, de 31 de maio de 2017**. Dispõe sobre procedimentos de prestação de informações periódicas e eventuais, institui o sistema de avaliação de desempenho dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, e dá outras providências.

ARAÚJO, G. M.; LIMA NETO, I. E. **Removal of organic matter in stormwater ponds: a plug-flow model generalisation from waste stabilisation ponds to shallow rivers**. Urban Water Journal, p.1-7, 2019.

ARAÚJO, G. M.; LIMA NETO, I. E.; BECKER, H. **Estado trófico em reservatório urbano raso – Estudo de caso: Açude Santo Anastácio, Fortaleza (CE)**. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales, v. 9, p.212-228, 2016.

ARAÚJO, G. M.; LIMA NETO, I. E.; BECKER, H. **Phosphorus dynamics in a highly polluted urban drainage channel-shallow reservoir system in the Brazilian semiarid**. ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS (ONLINE), v. 91, p.1-8, 2019.

ARAÚJO, Germário. **Análise e modelagem integrada da qualidade da água em um sistema urbano canal-reservatório eutrofizado, localizado em fortaleza/ce**. 2016. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará.

BATISTA, D. L.; CABRAL, J. B. P.; BECKER, H. **Modelos matemáticos para avaliação do índice de qualidade da água: uma revisão**. ACTA Geográfica, Boa Vista, v. 11, n.25, jan. / abr. de 2017, pp. 111-136.

BRASIL. **Lei Nº 11445/2007**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em 10/11/2019.

BRITES, A. P. Z. **Avaliação da qualidade da água e dos resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana**. 2005. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria.

CAMELO, S. M.; COURA, M. A.; RODRIGUES, A. C. L.; VIDAL, I. C. A.; FILHO, F. C. C. **Análise da influência da precipitação na qualidade da água no sistema de macrodrenagem de bacias urbanas.** R. gest. Sust. Ambiente, Florianópolis, v. 9, n.2, p.74-95. Abr./jun. 2020.

Campos, J. N. B.; RABELO, U. P.; LIMA NETO, I. E. **The Bell-shaped Unit Hydrograph for Overland Planes.** JOURNAL OF IRRIGATION AND DRAINAGE ENGINEERING, v. 146, p. 06020001, 2020.

CUNHA, P. V. M.; MARINO, M. T. R. D.; TEIXEIRA, A. B. S.; FERNANDES, S. L.; LIBERATO, V. O. **Compreensão socioambiental dos residentes do entorno dos pontos de lixo revitalizados, Fortaleza – Ce.** IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. 2018.

DE FARIAS MESQUITA, JANINI BRANDÃO.; NETO, IRAN EDUARDO LIMA; RAABE, ARMIN; DE ARAÚJO, JOSÉ CARLOS. **The influence of hydroclimatic conditions and water quality on evaporation rates of a tropical lake.** JOURNAL OF HIDROLOGY, v. 590, p.125456.

EGENHARIA AMBIENTAL, GAIA; SEMACE. **Panorama dos Resíduos Sólidos do Ceará.** Disponível em: < <https://www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2018/12/Panorama-Vol-III.pdf>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.

FELDER, R. M.; ROUSSEAU, P. W. **Princípios elementares dos processos químicos.** 3ª edição, Rio de Janeiro: Editora LTC, 2005.

FRAGA, RÔMULO F.; ROCHA, SOFIA M. G.; LIMA NETO, IRAN E. **Impact of flow conditions on coliform dynamics in na urban lake in the Brazilian semiarid.** Urban Water Journal, v. 17, p.43-53, 2020.

FREIRE, L. L.; SANTOS, Y. T. C. **Estimativa das contribuições de carga orgânica doméstica e impactos ambientais das ligações inadimplentes de esgoto em Juazeiro do Norte – CE.** Ciência e Sustentabilidade – CeS. v.4, n.2, p.5-24, jul. /dez. 2018

GOMES, A. V. M.; NETO, F. A. A. **A política de inclusão dos catadores de resíduos sólidos: Um estudo na cidade de Fortaleza.** Revista de Direito da Cidade. Vol. 10, nº 4. ISSN 2317-7721.

Libânio, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água** / Marcelo Libânio. - - Campinas, SP: Editora Átomo, 2010. 3. ed.

LIMA NETO, I. E. **Impact of artificial destratification on water availability of reservoirs in the Brazilian semiarid**. ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS (ONLINE), v. 91, p. 1-12, 2019.

Lima, B. P.; MAMEDE, G. L.; LIMA NETO, I. E. **Monitoramento e modelagem da qualidade da água em uma bacia hidrográfica semiárida**. ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ONLINE), v. 23, p.125-135, 2018.

MARTINELLI, L. A. et al. **Levantamento das cargas orgânicas lançadas nos rios do estado de São Paulo**. *Biota Neotrópica*, v.2, n.2, p.1-18, 2002.

MESQUIRA, J. B. F.; PEREIRA, S. P.; LIMA NETO, I; E. **Modelagem da drenagem urbana e avaliação das cargas bacteriológicas na vertente marítima de Fortaleza, Ceará**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 25, p.205-216, 2020.

NEVES, M. G. F. P.; TUCCI, C. E. M. **Resíduos sólidos na drenagem urbana: Estudo de Caso**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V.13, n.4, p 43-53. 2008.

OLIVEIRA FILHO, ANTÔNIO ALVES DE; LIMA NETO, IRAN EDUARDO. **Modelagem da qualidade da água do rio Poti em Teresina (PI)**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, p.3-14, 2017.

OMS, UNICEF. **O relatório do Programa Conjunto de Monitoramento (JMP) da OMS e do UNICEF, *Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2000-2017: Special focus on inequalities*** (Progressos sobre água, saneamento e higiene: 2000-2017: Foco especial nas desigualdades). Disponível em: <<https://www.unicef.org/brazil/comunicados-de-imprensa/1-em-cada-3-pessoas-no-mundo-nao-tem-acesso-agua-potavel-dizem-unicef-oms>>. Acesso em 10/11/2019.

OPPA, Lorenza Ferreira. **Utilização de modelo matemático de qualidade da água para análise de alternativas de enquadramento do rio Vacacaí Mirim**. 2007. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria.

Pacheco, C. H. A.; CEBALLOS, B. S. O.; LIMA NETO, I. E. **Uma análise de regressão para determinação do nível de eutrofização de um reservatório do semiárido brasileiro**. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales, v. 9, p. 274-289, 2016.

Pacheco, C. H. A.; LIMA NETO, I. E. **Effect of artificial Circulation on the Removal Kinetics of Cyanobacteria in a Hypereutrophic Shallow Lake.** JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING, v.143, p.06017010, 2017.

PLANO MUNICIPAL DE SANAMENTO BÁSICO. **Plano municipal de drenagem.** Disponível em: <https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/plano_municipal_de_drenagem.pdf> Acesso em 15/11/2019.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO. **Diagnóstico de esgotamento sanitário.** Disponível em: <https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/diagnostico_do_sistema_de_esgotamento_sanitario.pdf>. Acesso em 13/11/2019.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos.** Disponível em: <<http://www.progere.ufc.br/wp-content/uploads/2015/08/Plano-Municipal-de-Gest%C3%A3o-Integrada-de-Res%C3%ADduos-S%C3%B3lidos-de-Fortaleza.pdf>>. Acesso em 13/11/2019.

PNUD. **Relatório do Desenvolvimento Humano 2019.** Disponível em: <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2019_pt.pdf>. Acesso em: 23 de setembro de 2020.

PREFEITURA DE FORTALEZA. **Fortaleza em mapas.** Disponível em: <<https://mapas.fortaleza.ce.gov.br/#/>> Acesso em 20/11/2019.

ROCHA, S. M. G.; MESQUITA, J. B. F.; LIMA NETO, I. E. **Modelagem hidrodinâmica e avaliação do decaimento do fósforo em um lago hipereutrófico.** REVISTA AIDIS DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES, v. 13, p.530, 2020.

SANTOS, J, I, N.; TEXEIRA, L, G.; NEVES, R. R. **Quantificação de resíduos sólidos carreados na rede de drenagem urbana.** Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica. Vol.10, N.1, 73-86. 2017.

SILVA DOS SANTOS, F. F.; FILHO, J. D.; MACHADO, C. T.; VASCONCELOS, J. F.; FEITOSA, F. R. S. **O desenvolvimento do saneamento básico no Brasil e as consequências para a saúde pública.** Revista Brasileira de Meio Ambiente, v. 4, n.1. 241-251 (2018).

SILVA, M. G. **Estudo de um conjunto de indicadores da gestão dos resíduos sólidos do município de Fortaleza – CE**. Monografia. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. IFCE, 2014.

TONE, A. J. A.; Pacheco, C. H. A.; LIMA NETO, I. E. **Circulation induced by diffused aeration in a shallow lake**. WATER AS, v. 43, p.36, 2017.

TRATA BRASIL. **Panorama dos planos municipais de saneamento básico no Brasil**. Disponível em: < <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/panorama-dos-pmbs/panorama-completo.pdf> >. Acesso em 28/09/2020.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana** In: Revista Brasileira dos Recursos Hídricos/ RBRH / Associação Brasileira dos Recursos Hídricos – Vol. 7, n.1 – Porto Alegre / RS: ABRH, 2002. P 5-27.

VIMIEIRO, G. V.; NEIVA, I. B. **O que é lixo para você? Avaliação da percepção e da educação ambiental acerca da questão dos resíduos urbanos**. 30º Congresso ABES. 2019.

Von Sperling, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** / Marcos Von Sperling. 4. ed. – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.