

TÓPICOS EM RECURSOS HÍDRICOS

VOLUME II

Frederico Celestino Barbosa

Tópicos em recursos hídricos

2ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

2ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238T Tópicos em recursos hídricos

/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2023

223 f.: il

DOI: 10.37423/2023.edcl850

ISBN: 978-65-5367-435-6

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. água 2. rios 3. lagos 4. aquíferos I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 620

<https://doi.org/10.37423/2023.edcl850>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

MSc Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Wesley Pacheco Calixto

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

MSc Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

MSc Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	7
ANÁLISE DAS DESPESAS DE EXPLORAÇÃO PARA DOIS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
Rita de Cassia Feroni	
Elson Silva Galvão	
DOI 10.37423/231108426	
CAPÍTULO 2	22
IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA CIDADE DE ADELÂNDIA - GO	
Giovanna Christina Martins Taquari	
Isabella Rodrigues Oliveira	
Kátia Maria de Souza	
DOI 10.37423/231108440	
CAPÍTULO 3	54
QUALIDADE SANITÁRIA DA ÁGUA DE REÚSO DESTINADA À AGRICULTURA: PARÂMETROS INTERNACIONAIS E NACIONAIS	
Natasha Berendonk Handam	
Adriana Sotero-Martins	
Elvira Carvajal	
Ana Beatriz Loureiro Gonçalves da Silva	
Rodrigo Bezerra da Silva	
DOI 10.37423/231108448	
CAPÍTULO 4	61
PROBLEMÁTICA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO NO LOBITO(ANGOLA)	
Bernardo Hamuyela Luciano	
Isoldina Ngueve Chindemba Capingana	
Elisandro Pires Frigo	
DOI 10.37423/231108457	
CAPÍTULO 5	84
INFLUÊNCIA DAS CHUVAS INTENSA NA RESISTÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS IMPACTOS E PREVENÇÕES EM SÃO LUÍS DE MONTES BELOS	
Murilo Ramoniele de Silva	
Kátia Maria de Souza	
DOI 10.37423/231208572	

CAPÍTULO 6	100
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO ITAJAÍ DO NORTEEM IBIRAMA/SC, BRASIL	
Luciano André Deitos Koslowski	
Álvaro Haas de Souza	
Rodrigo Henrique Grahl Peres	
Jardel Belarmino	
Gabriel Luiz de Souza	
Jonathan Tenório de Lima	
DOI 10.37423/231208574	
 CAPÍTULO 7	 111
QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO DOS ÍNDIOS, PRESIDENTE GETÚLIO/SC, BRASIL	
Luciano André Deitos Koslowski	
Eduardo Elias Engesser	
Karina Lunelli	
Natânie Bigolin Narciso	
Jonathan Tenório de Lima	
DOI 10.37423/231208575	
 CAPÍTULO 8	 122
IMPACTOS AMBIENTAIS NATURAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE COARI, NO ESTADO DO AMAZONAS, NO ANO DE 2023.	
Milena Gaion Malosso	
Edilson Pinto Barbosa	
DOI 10.37423/231208585	
 CAPÍTULO 9	 129
SIMULAÇÃO DO USO DE PISCININHAS EM ESCOLAS DE ARACAJU	
Rayana Almeida de Novais	
Zacarias Caetano Vieira	
Carlos Gomes da Silva Júnior	
Dayana Kelly Araujo Santos	
Layse Souza Sampaio	
DOI 10.37423/231208586	

CAPÍTULO 10 138

RIO EMBU MIRIM: AS FACES DO PRINCIPAL CONTRIBUINTE DO RESERVATÓRIO
GUARAPIRANGA- REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO - SP

Marta Angela Marcondes

Sandro Vinicius Ortega Nicodemo

Ubimara da Silva Ding

Erica Oliveira Ramos Gonçalves

Adriana Maria Madeira Abelhão

Adrian Meusburger

Rafaela Lubianqui Mello Boscolo

Renata Borges Franchi

Robson Palma Thomé dos Santos

DOI 10.37423/231208593

CAPÍTULO 11 152

AVALIAÇÃO DA CARGA DE SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO POR MEIO MODELAGEM
EMPÍRICA.

Phelipe da Silva Anjinho

Gabriela Leite Neves

Mariana Abibi Guimarães Araujo Barbosa

Denise Parizotto

Allita Rezende dos Santos

Thiago Alves dos Santos

Frederico Fabio Mauad

DOI 10.37423/231208624

CAPÍTULO 12 163

NUMERICAL DAMPING IN DETENTION RESERVOIRS FOR FLOOD MANAGEMENT: THE USE
OF A SPREADSHEET APPLYING VBA IN A CASE STUDY

ANDRÉ LUIZ DE LIMA REDA

MATHEUS DREHER CICOLANI

DOI 10.37423/231208629

CAPÍTULO 13 179

OBTENÇÃO DE UMA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS PARA SÃO JOSÉ DOS CAMPOS –
SP COM BASE EM ESTUDOS PLUVIOGRÁFICOS

Roberto Cordeiro Waltz

Marlene Elias Ferreira

DOI 10.37423/240108638

CAPÍTULO 14 202

METODOLOGIA PARA DIGITALIZAÇÃO DE PLUVIOGRAMAS E PARA GERAÇÃO DE UMA
BASE DE DADOS PLUVIOGRÁFICOS

Roberto Cordeiro Waltz

Marlene Elias Ferreira

DOI 10.37423/240108639

Capítulo 1



10.37423/231108426

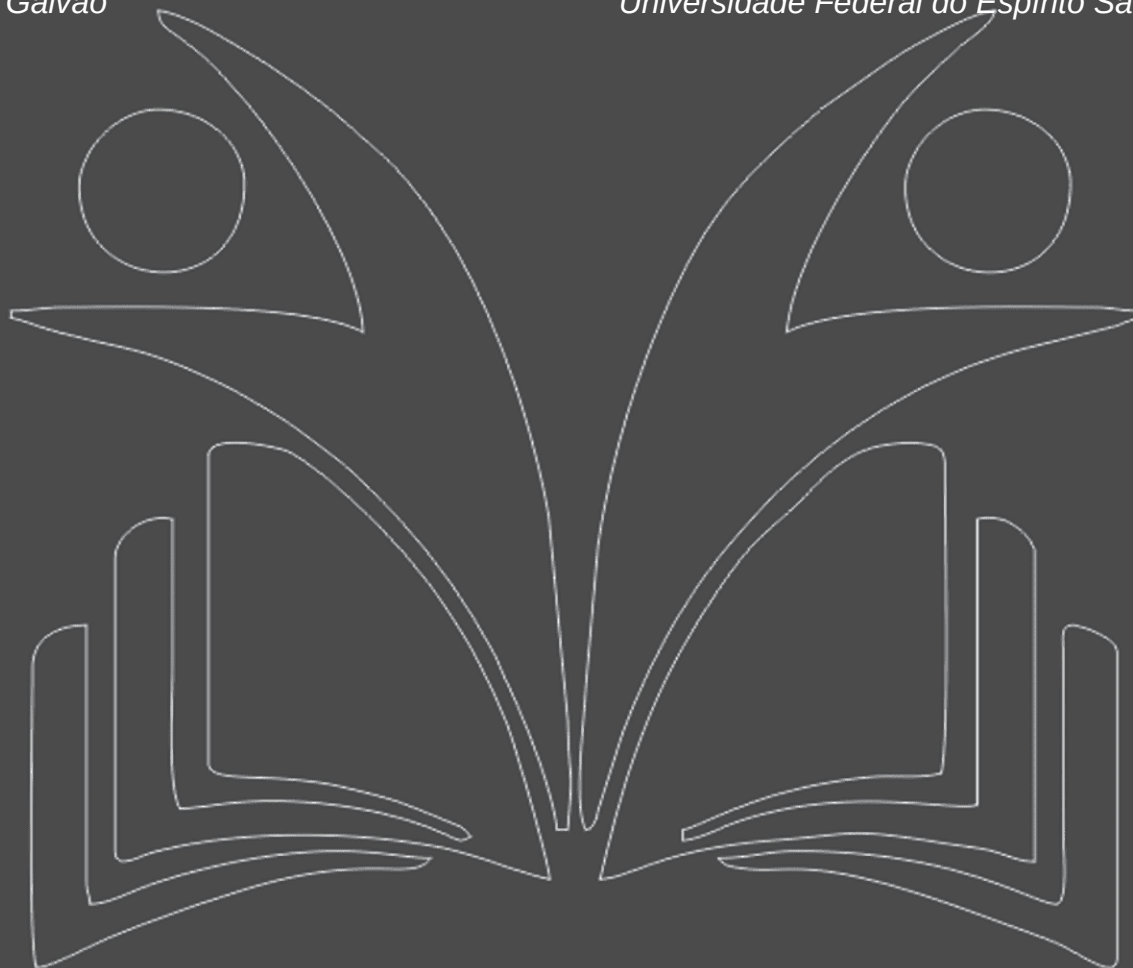
ANÁLISE DAS DESPESAS DE EXPLORAÇÃO PARA DOIS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Rita de Cassia Feroni

Universidade Federal do Espírito Santo

Elson Silva Galvão

Universidade Federal do Espírito Santo



Resumo: Um dos objetivos dos sistemas de abastecimento de água é garantir água potável a população. Diante desse contexto, o presente estudo teve por objetivo, analisar a série histórica das despesas de exploração mais relevantes das ETAs das cidades de Baixo Guandu e Colatina, no período de 2009 a 2021, utilizando dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Os resultados revelam que em 92% da série, quando a produção de uma ETA foi maior que a outra, ocorreu a diminuição de despesas com exploração por metro cúbico de água produzida, devido ao ganho de escala. As despesas com produtos químicos por volume de água produzida mostraram relação com a qualidade da água bruta captada do manancial. Ambos os sistemas de abastecimento mostraram comportamentos semelhantes aos prestadores de serviços participantes do SNIS, sendo a mão de obra a despesa de exploração que mostrou maior porcentagem em relação as demais.

Palavras-chave: Despesas com exploração. Sistemas de abastecimento de água. Manancial superficial.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021 (Brasil, 2021), dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para o consumo humano e o seu padrão de potabilidade na forma do Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017 (Brasil, 2017). A eficácia dos processos de tratamento de água usados em Estações de Tratamento de Água (ETAs) depende de características como a qualidade da água bruta (Cunha et al., 2016), que quando não tratada de forma adequada em processos de tratamento convencionais pode acarretar a rejeição do recurso pelos consumidores por possuir características organolépticas desagradáveis (Vinturini et al., 2020).

Atentar-se para mudanças que possam ocorrer nas características da água bruta a fim de garantir um tratamento adequado torna-se parte da rotina dos operadores de ETAs (Almeida et al., 2017). Mesmo em regiões em que a disponibilidade do recurso hídrico é suficiente para atender aos múltiplos usos da água, em certos momentos, podem ocorrer situações de escassez, sendo agravado caso a dependência do abastecimento se limite a um único manancial (Marques et al., 2019).

A utilização de indicadores permite um monitoramento e análise dos municípios em diferentes períodos e cenários (Feroni & Galvão, 2020; Oliveira & Feroni, 2022; Elias & Feroni, 2023). Fatores de produção em uma ETA, como produtos químicos, energia elétrica, mão de obra e equipamentos, constituem uma parcela significativa das despesas de operação e manutenção (Venkatesh et al., 2015). Marques et al. (2019), realizou um estudo onde comparou um manancial regularmente utilizado em uma ETA com um manancial alternativo na qual também poderia suprir a necessidade do sistema de abastecimento de água (SAA). Os autores identificaram que os custos com produtos químicos para o tratamento em um sistema de ciclo completo (captação, coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção), alteraram-se de 12% para 39% dos custos totais de produção da água tratada em um sistema de dupla filtração, sendo o tipo de tratamento da água e o aumento de custo, associados as condições da qualidade da água bruta da fonte alternativa.

Estudos vêm sendo realizados em cidades brasileiras a fim de investigar as despesas mais impactantes nas ETAs. No estudo de Trennepohl, Soares e Kossatz (2017), a partir de uma ETA que utiliza um manancial superficial, os custos de maior impacto foram aqueles com produtos químicos (45,3% $\pm$ 7,0%), seguido pela energia elétrica (37,8% $\pm$ 7,8%) e mão de obra (14,7% $\pm$ 2,5%). Por outro lado, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2022), em 2021, a composição média das despesas de exploração dos prestadores de serviços participantes do SNIS

mostrou que 55,9% estavam associados à despesa com pessoal próprio e serviço de terceiros, 17,2% com despesa com energia elétrica e 3,7% despesa com produtos químicos. Dessa forma, verifica-se percentuais bastante distintos nos estudos citados dependendo da região de estudo. O estudo de Trennepohl, Soares e Kossatz (2017) mostra uma relação de custos que destoa do apresentado pelo SNIS para o ano de 2021. Tal discrepância pode estar relacionada com a grande variabilidade da qualidade da água bruta do manancial no estudo de Trennepohl, Soares e Kossatz (2017), forçando custos mais altos no consumo de produtos químicos para o tratamento da água.

Portanto, para uma melhor gestão dos recursos, faz-se importante o estudo das variações temporais que possam influenciar nas despesas de exploração de uma ETA, explicando suas variações e ajudando a identificar tendências e estimativas futuras. Para este estudo foram adotadas duas cidades do estado do Espírito Santo (Brasil) que tiveram a captação de água comprometida devido ao rompimento da barragem de Fundão e Santarém, em Mariana-MG, sendo elas, as cidades de Baixo Guandu e Colatina. Até a data de rompimento das barragens, em novembro de 2015, essas cidades utilizavam o Rio Doce como manancial para abastecimento de água; entretanto a partir dessa data o sistema de abastecimento de água dessas cidades sofreu alterações. Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (2015), por toda a extensão do Rio Doce nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo foram observadas mudanças no aspecto do rio, como os altos níveis de turbidez gerados pela lama de rejeitos, obrigando os municípios afetados a estabelecerem a suspensão do abastecimento de água e o monitoramento contínuo do corpo hídrico, uma vez que foram encontradas presença de metais e alteração de outros parâmetros na água bruta. Diante do exposto, Colatina, cidade que possuía dependência total em relação ao Rio Doce, teve a paralisação do abastecimento em 17/11, com a chegada da lama no dia 18 e a retomada parcial até a normalização do abastecimento apenas em 01/12 (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2016). Por outro lado, a cidade de Baixo Guandu adotou o Rio Guandu como fonte alternativa de abastecimento, um manancial com dimensões menores que o Rio Doce, porém com capacidade suficiente para abastecer o município (ORGANON, 2015).

Diante desse contexto, o objetivo do presente trabalho, é realizar a análise da série das despesas de exploração mais relevantes nas ETAs das cidades de Baixo Guandu e Colatina no período de 2009 a 2021, a partir dos dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.

2. METODOLOGIA

As variáveis estudadas neste trabalho foram coletadas do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2022), sendo apresentadas de forma resumida no Quadro 1. A série histórica compreende o período de 2009 a 2021, referindo-se exclusivamente às despesas de exploração das estações de tratamento de água das cidades de Colatina e Baixo Guandu, localizadas no estado do Espírito Santo. Os dados foram compilados e tratados no software Excel, sendo as variáveis analisadas e processadas graficamente em relação ao volume de água produzido anualmente para cada sistema e também em questões de participação nas despesas finais.

O Quadro 1 apresenta as variáveis estudadas, suas unidades e uma breve descrição de suas principais características.

Quadro 1- Descrição das variáveis de interesse.

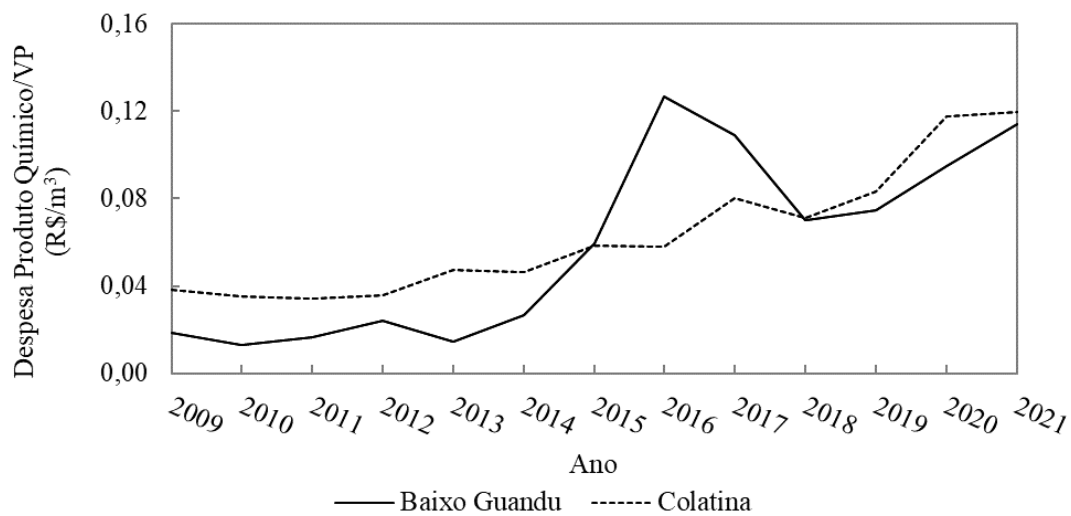
Variável	Unidade	Descrição
Volume de água produzido em ETAs (VP)	m ³ /ano	Volume anual de água disponível para consumo, compreendendo a água captada pelo prestador de serviços e a água bruta importada, ambas tratadas na(s) unidade(s) de tratamento do prestador de serviços, medido ou estimado na(s) saída(s) da(s) ETA(s) ou UTS(s). Inclui também os volumes de água captada pelo prestador de serviços ou de água bruta importada, que sejam disponibilizados para consumo sem tratamento, medidos na(s) respectiva(s) entrada(s) do sistema de distribuição.
Despesa com energia elétrica no SAA (Dener)	R\$/ano	Valor anual das despesas realizadas com energia elétrica nos sistemas de abastecimento de água (SAA) e de esgotamento sanitário.
Despesa com produto químico (Dprod)	R\$/ano	Valor anual das despesas realizadas com a aquisição de produtos químicos destinados aos sistemas de tratamento de água e de esgotos e nas análises de amostras de água ou de esgotos.
Despesa com pessoal próprio (Dprop)	R\$/ano	Valor anual das despesas realizadas com empregados.
Despesa com serviços de terceiros (Dpter)	R\$/ano	Valor anual das despesas realizadas com serviços executados por terceiros (mão-de-obra).
Despesa de exploração (DEX)	R\$/ano	Valor anual das despesas realizadas para a exploração dos serviços, compreendendo, Dprop, Dprod, Dener, Dpter, Água Importada, Esgoto Exportado, Despesas Fiscais ou Tributárias computadas na DEX, incluindo Outras Despesas de Exploração.
Quantidade equivalente de pessoal total	empregado	Quantidade total de trabalhadores envolvidos diretamente com a prestação dos serviços.

Fonte: Os autores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 mostra a tendência das despesas com produtos químicos (DProd) por volume de água produzido para as ETAs localizadas nas cidades de Baixo Guandu e Colatina. Observa-se que no período de 2016 a 2017 as despesas com produtos químicos por volume de água produzida em Baixo Guandu são maiores em comparação com as registradas em Colatina.

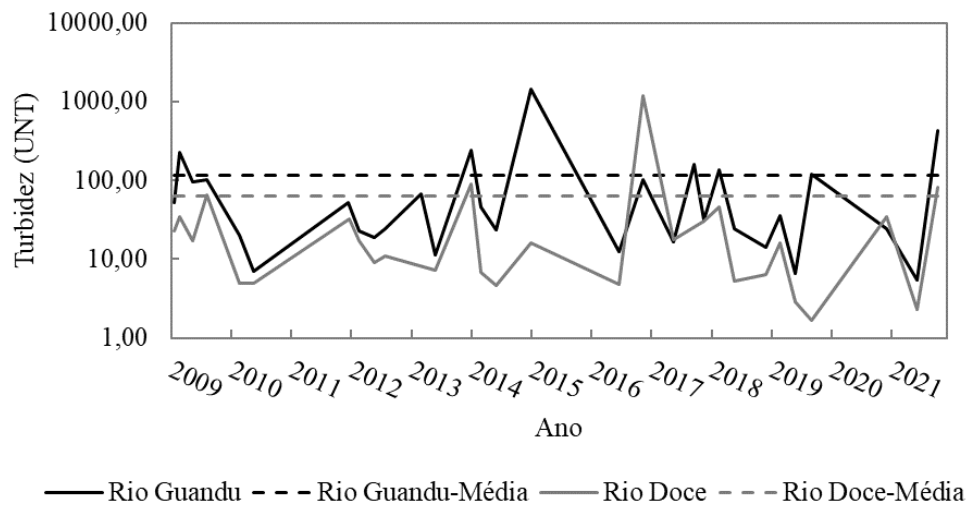
Figura 1- Despesas com produtos químicos (DProd) por unidade de volume de água produzida para as cidades de estudo.



Fonte: Os autores.

Tal comportamento pode ser explicado pela alteração dos mananciais de captação ocorridas nesses anos (Bacheti, 2018), indicando que a qualidade da água bruta do Rio Guandu poderia estar mais comprometida que a do Rio Doce antes de sua contaminação pelos rejeitos de minério das barragens. Vale ressaltar que a cidade de Baixo Guandu adotou o Rio Guandu como fonte alternativa de abastecimento logo após o acidente em Mariana (MG).

De fato, os dados de monitoramento do Rio Guandu e Rio Doce, ambos realizados nas mediações da cidade de Baixo Guandu, mostram uma ligeira diferença na qualidade das águas dos dois mananciais, conforme mostrado na Figura 2. Observa-se que na maior parte do monitoramento, a turbidez do Rio Guandu foi maior que a do Rio Doce, refletindo na turbidez média. Importante salientar que apenas os dados que não foram precedidos por chuvas nas últimas 24 horas foram processados. Os dados foram coletados e disponibilizados pela Agência Estadual de Águas (2022).

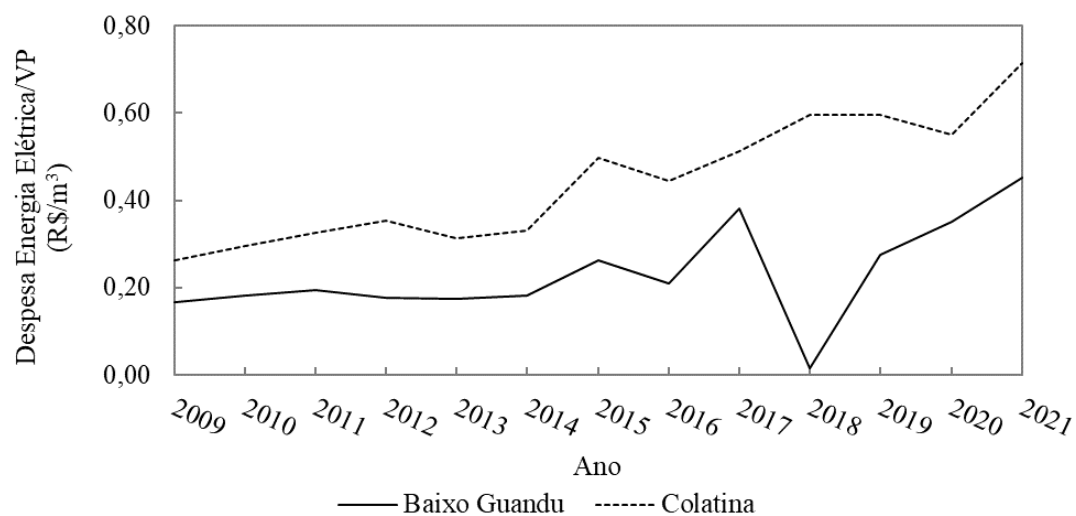
Figura 2- Turbidez no Rio Guandu e Rio Doce.

Fonte: Os autores.

Em geral, água bruta com menor turbidez tende a diminuir os custos com clarificação nas ETAs (Cunha et al., 2016). Com a chegada da lama de rejeitos na região de Colatina, adicionalmente, utilizou-se no tratamento da água o coagulante Tanfloc SG, um produto com custo mais elevado que o então usualmente utilizado em Colatina, o sulfato de alumínio, porém, o mesmo foi custeado pela empresa mineradora Samarco (Franco et al., 2016), situação que se modificou em 2017 (Alves, 2017), passando os custos novamente para o SAA local.

A segunda variável analisada foi a despesa com energia elétrica (Dener). O consumo de energia em um sistema de abastecimento de água está relacionado majoritariamente a captação, tratamento e distribuição da água, podendo gerar custos elevados ao sistema (Coelho & Andrade-Campos, 2014). A Figura 3 mostra a despesa com energia elétrica por unidade de volume de água produzida pelas ETAs em estudo. Observa-se que para Colatina a tendência é de aumento das despesas ao longo do período, enquanto que para Baixo Guandu ocorre um comportamento bastante atípico a partir de 2016, com um aumento acentuado das despesas em 2017 e um súbito decaimento em 2018, sendo este último ano identificado na análise estatística da série como um valor *outlier*, sugerindo-se a concessionária de água a verificação desse dado.

Figura 3- Despesa com energia elétrica por unidade de volume de água produzido para as cidades de estudo.



Fonte: Os autores.

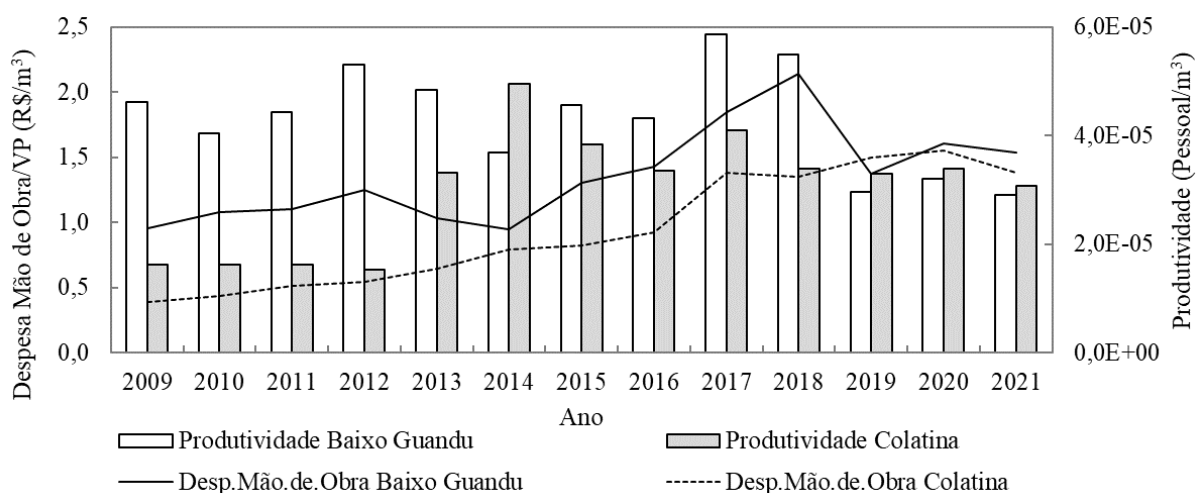
De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2022), em 2015, as principais razões do aumento das despesas com energia elétrica para os prestadores de serviços participantes do SNIS foram os reajustes tarifários de energia e a implementação do sistema de bandeiras tarifárias (em vigor desde 2015) que modificaram o preço final da tarifa a partir de condições (favoráveis ou não) para geração de energia elétrica. No ano de 2015, as despesas com energia elétrica tiveram um aumento de 50% em relação a 2014, com um segundo aumento expressivo em 2018, de 18% em relação a 2017, devido a um aumento no consumo de energia pelos prestadores de serviço e a um reajuste tarifário de energia elétrica para serviços públicos de água e esgoto próximo a 9,3% (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2022). Neste contexto, autores como Almeida Júnior e Altoé (2022) destacam a importância da utilização de energia solar para aumentar a competitividade de empreendimentos e como contribuição para o desenvolvimento sustentável.

A Figura 4 mostra as despesas com mão de obra própria e terceirizada por unidade de volume de água produzida nas ETAs em estudo. Verifica-se uma tendência crescente para a série de Colatina, que sempre teve despesas menores que as registradas em Baixo Guandu, com exceção para o ano de 2019. Ambos os sistemas são autarquias municipais (Serviço Colatinense de Saneamento Ambiental – SANEAR e Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Baixo Guandu - SAAE). Boardman e Vining (1989) destacam que empresas públicas, quando comparadas a empresas privadas, podem colaborar para o

aumento de empregos de uma região, como uma ação sociopolítica, o que pode elevar as despesas com mão de obra própria.

Analisando a produtividade dada pela razão entre o indicador quantidade equivalente de pessoal total (que representa a quantidade total de trabalhadores envolvidos diretamente com a prestação dos serviços e disponibilizado pelo SNIS) e o volume de água produzida para as duas cidades, verifica-se que a produtividade em Baixo Guandu foi maior que a de Colatina entre 2009 e 2018 (com exceção para 2014), comportamento alterado a partir de 2019. Contudo, não foi possível inferir as prováveis causas desse efeito. Vale ressaltar que uma avaliação mais detalhada da mão de obra em conjunto com ações de planejamento de curto, médio e longo prazo, como promoção de treinamento e cursos de aperfeiçoamento, podem melhorar a eficiência do trabalhador (Barbosa & Feroni, 2023).

Figura 4- Despesa com mão de obra por unidade volume de água produzido e produtividade para as cidades de estudo.

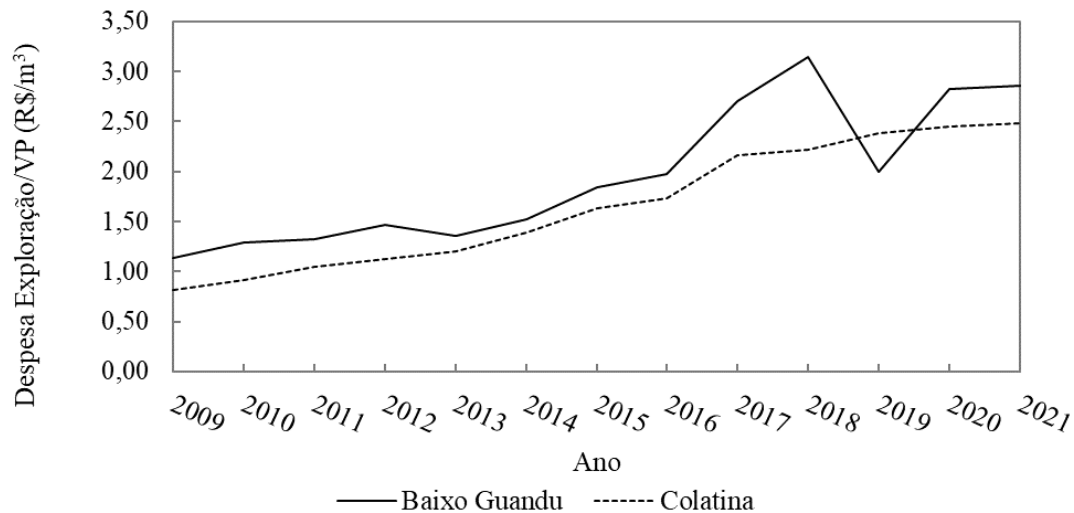


Fonte: Os autores.

A Figura 5, mostra as despesas com exploração (DEX) em relação ao volume de água produzido em cada ETA analisada. A tendência é similar à identificada na Figura 4, podendo ser explicada pelo fato de que a maior componente das despesas de exploração está relacionada às despesas com mão de obra (Figura 6). Segundo o Departamento do governo do Canada, Statistic Canada (2011), os custos por unidade de volume diminuem conforme o volume de água produzida aumenta. Esse comportamento pode ser observado entre as duas ETAs para toda a série, exceto para 2019, o que pode estar associado a retomada eventual do Rio Doce como manancial principal para abastecimento em Baixo Guandu. Importante ressaltar que o volume médio de água produzida no período foi de aproximadamente 2,4 milhões de metros cúbicos pela ETA de Baixo Guandu e de 10,5 milhões de

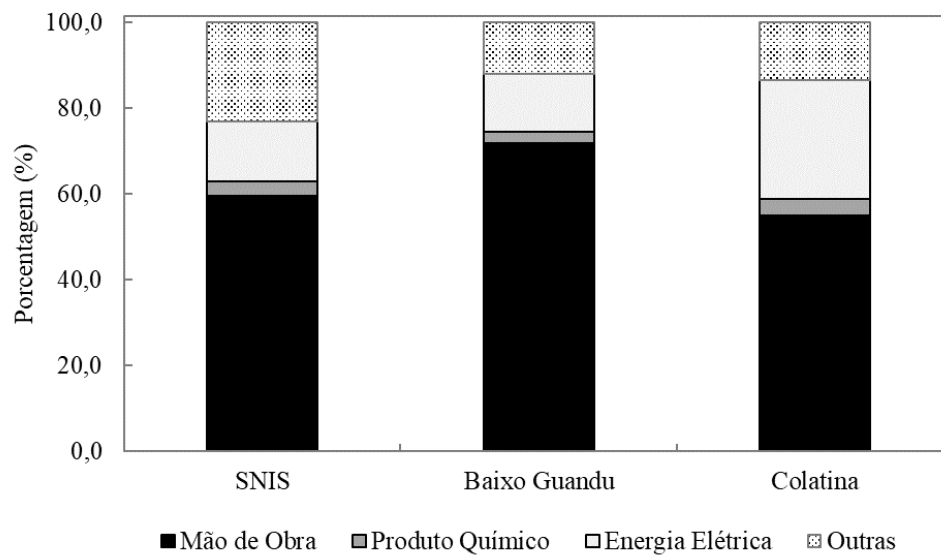
metros cúbicos pela ETA de Colatina, ou seja, o volume de água produzida em Baixo Guandu representa cerca de 25% do volume de Colatina para a série analisada.

Figura 5- Despesas de exploração por volume de água produzido para as cidades de estudo.



Fonte: Os autores.

A Figura 6 mostra a distribuição das despesas em relação a DEX para Baixo Guandu, Colatina e para os prestadores de serviços participantes do SNIS para o território nacional. Para essa análise foi retirado da série o *outlier* encontrado para a DEner em Baixo Guandu em 2018. Observa-se para todos locais que a maior despesa foi com mão-de-obra, seguida por energia elétrica e produtos químicos, respectivamente. Outras despesas estão associadas ao valor anual realizado como parte das despesas de exploração, mas que não são computadas nas categorias de despesas com pessoal próprio ou serviço de terceiros, produtos químicos, energia elétrica, a exemplo, água importada, esgoto exportado, despesas fiscais e tributárias computadas na DEX, dentre outras.

Figura 6- Composição percentual das despesas de exploração nas cidades de estudo.**Fonte:** Os autores.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram estudadas as tendências das séries históricas das despesas de exploração para dois sistemas de abastecimento de água em duas cidades diferentes que utilizam o Rio Doce como principal manancial. Os resultados mostraram que as despesas com produtos químicos (por volume de água produzida) mostrou relação direta com a qualidade da água bruta captada do manancial, sendo que a ETA de Baixo Guandu apresentou maiores despesas com produtos químicos em momentos que o Rio Guandu foi utilizado como fonte alternativa ao Rio Doce desde sua contaminação com rejeitos de minério das barragens de Fundão e Santarém.

Comparando os dados das ETAs de Baixo Guandu e Colatina, observou-se que em 92% da série histórica analisada, quando a produção de uma ETA foi maior que a outra, ocorreu uma diminuição das despesas com exploração por metro cúbico de água produzido, devido ao ganho de escala. Adicionalmente, seguindo comportamento semelhante aos prestadores de serviços participantes do SNIS para o território nacional, a despesa de exploração que mostrou maior impacto em relação as demais foi a mão de obra própria e terceirizada. Dessa forma, o presente estudo sugere uma avaliação mais detalhada da mão de obra em conjunto com ações de planejamento a fim de melhorar a eficiência do trabalhador.

Por fim, os resultados das séries históricas e as tendências das despesas das ETAs avaliadas no presente estudo podem servir como fonte de informações para os agentes públicos e privados, frente

a elaboração de planos que promovam a melhoria contínua na gestão dos sistemas de abastecimento de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Estadual de Recursos Hídricos. (2023). Recuperado de <https://agerh.es.gov.br>.
- Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. Informe 2015, encarte especial sobre a bacia do Rio Doce rompimento da barragem em Mariana/MG. (2016). Recuperado de www.ana.gov.br.
- Almeida Júnior, M. D. S., & Altoé, L. (2022). Avaliação técnica-econômica do uso da energia solar fotovoltaica em supermercados: um estudo de caso. *Exacta*, 20(4), 1049-1061. <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.19371>
- Almeida, M. C., Silva, M. M., & Paula, M. De. (2017). Avaliação do desempenho de uma estação de tratamento de água em relação à turbidez, cor e pH da água. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)*, 5(1), 25–40.
- Alves, B. Água do Rio Doce volta a ser tratada com sulfato de alumínio em Colatina. (2017). Recuperado de <https://www.gazetaonline.com.br/noticias/norte/2017/02/gua-do-rio-doce-volta-a-ser-tratada-com-sulfato-de-aluminio-em-colatina-1014027918.html>.
- Bacheti, A. ESTV 2ª Edição. Baixo Guandu volta a fazer captação de água do Rio Doce, mas só em casos de necessidade – 25/10/2018. (2018). Recuperado de <https://globoplay.globo.com/v/7114965/>.
- Barbosa, A. K. V., & Feroni, R. de C. (2023). Aplicação da Eficiência Global do Trabalhador (OLE) em Setores de uma Empresa Fabricante de Ônibus. *Centro Unversitário Santo Agostinho*, 164–186.
- Boardman, A. E., & Vining, A. R. (1989). Ownership and Performance in Competitive Environments: A Comparison of the Performance of Private, Mixed, and State-Owned Enterprises. *The Journal of Law and Economics*, 32(1), 1–33. <https://doi.org/10.1086/467167>
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017. (2017). Recuperado de <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sectics/farmacia-popular%20old/legislacao/prc-5-portaria-de-consolida-o-n-5-de-28-de-setembro-de-2017.pdf/view>.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. (2021). Recuperado de https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_24_05_2021_rep.html.
- Coelho, B., & Andrade-Campos, A. (2014). Efficiency achievement in water supply systems - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 59–84. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.09.010>
- Cunha, D. G. F., Sabogal-Paz, L. P., & Dodds, W. K. (2016). Land use influence on raw surface water quality and treatment costs for drinking supply in São Paulo State (Brazil). *Ecological Engineering*, 94, 516–524. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.06.063>
- Elias, C. J., & Feroni, R. C. (2023). Análise de indicadores de saneamento ambiental para a região central oeste do Espírito Santo/BR. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 9(3), 189-205.
- Feroni, R. D. C., & Galvão, E. S. (2020). Sustainable development indicators assessment for the city of Anchieta-ES Brazil at different times of the local economy. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 27(6), 524-533. <https://doi.org/10.1080/13504509.2020.1738585>.

Franco, L. C. G., Carvalho, A. F., Souza, H. P. F., Corrêa, K. Q., Agostini, O. D., & Santana, H. C. (2016). Comparativo dos tratamentos de água do rio Doce após o rompimento da barragem da Samarco. XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais Laudo Técnico Preliminar.(2015).Recuperadodehttp://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/laudos/laudo_tecnico_preliminar_ibama.pdf.

Marques, J. A. V., Figueroa, F. E. V., Queiroz, S. C. C., & Catalunha, M. J. (2019). Comparative study of costs with chemicals for water production from two manantials. The case of the city of Palmas/TO, Brazil. REVISTA AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica, 12(1), 81–92.

Oliveira, V. A., & Feroni, R. C. (2022). Avaliação de indicadores de mobilidade urbana sustentável para a cidade de São Mateus, ES. Brazilian Journal of Production Engineering, 8(3), 136-148. <https://doi.org/10.47456/bjpe.v8i3.38208>

ORGANON. Núcleo de estudo, pesquisa e extensão em mobilizações sociais – Ciências Sociais, UFES. Impactos socioambientais no Espírito Santo da ruptura da barragem de rejeitos da SAMARCO. (2015). Recuperado de www.ufes.br/sites/default/files/anexo/relatorio_de_impactos_organon.asd_.pdf.

ServiçoAutônomodeÁguaeEsgotodeBaixoGuandu.(2023).Recuperadode<https://www.saaebgu.es.gov.br>.

Serviço Colatinense de Saneamento Ambiental. (2023). Recuperado de www.sanear.es.gov.br.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. (2022). Recuperado de www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis.

Statistic Canada. Survey of Drinking Water Plants. (2011). Recuperado de www.statcan.gc.ca.

Trennepohl, F. G., Soares, A. S., & Kossatz, B. (2017). Levantamento dos Custos de Operação e Manutenção (O&M) de ETA da Região Metropolitana de Florianópolis/SC. Anais Do Congresso ABES/FENASAN 2017.

Venkatesh, G., Azrague, K., Bell, S., & Eikebrokk, B. (2015). Triple bottom line assessment of raw water treatment:Methodologyand application to a case study in the municipality of Oppegård in south-easternNorway.EnvironmentalTechnology(UnitedKingdom),36(15),19541965.<https://doi.org/10.1080/09593330.2015.1018337>

Vinturini, A. R., Feroni, R. de C., & Galvão, E. S. (2020). Perception of the citizens in the city of São Mateus,Brazil,onwatersupplyandtheimplicationsinitsuse.WaterSupply,19.<https://doi.org/10.2166/ws.2020.357>

Capítulo 2



10.37423/231108440

IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA CIDADE DE ADELÂNDIA - GO

Giovanna Christina Martins Taquari

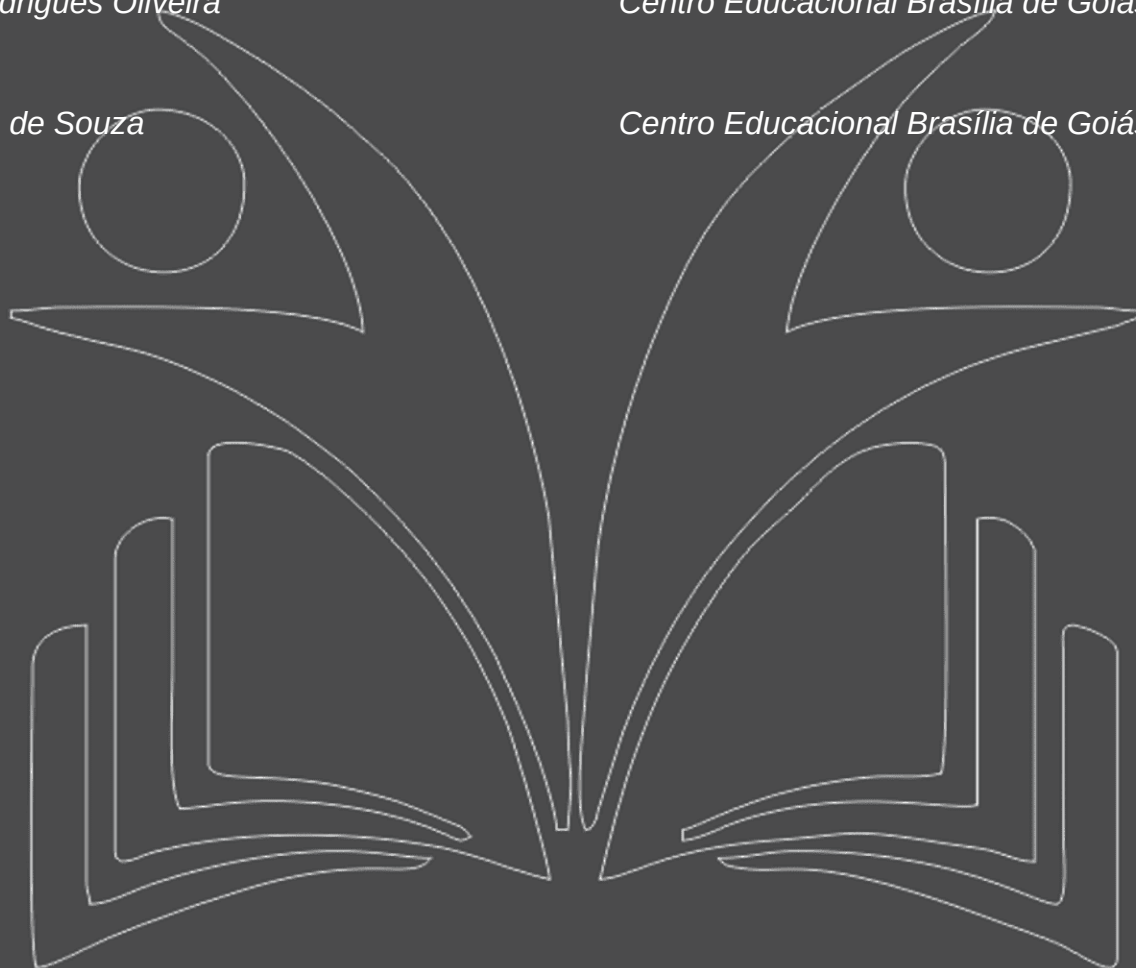
Centro Educacional Brasília de Goiás

Isabella Rodrigues Oliveira

Centro Educacional Brasília de Goiás

Kátia Maria de Souza

Centro Educacional Brasília de Goiás



Resumo: Este artigo analisa o saneamento básico em Adelândia, Goiás que não possui política municipal de saneamento, propondo um sistema de esgotamento sanitário viável evitando a contaminação da água, doenças hídricas, sobrecarga do sistema de saúde e mortalidade infantil. A Cidade é um dos 246 municípios do estado de Goiás, na região Centro-Oeste do país. O município possui 2.515 habitantes, 89,11% localizados em área urbana e 10,89% em área rural. Sua área é de 115,35 km² e a densidade populacional é de 21,80 hab/km², enquanto o estado tem, em média 21,19 hab/km². O tema se justifica devido à importância do tratamento de esgoto para a saúde e qualidade de vida da população, especialmente no Brasil, onde apenas 44,2% têm acesso à coleta de esgoto, afetando cerca de 100 milhões de pessoas. O objetivo é desenvolver uma pesquisa que resulte em analisar e destacar a falta de infraestrutura que o município em questão sofre, sendo possível realizar orientações para implementação de uma ETE- Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário do sistema de esgotamento sanitário, visando melhorar a qualidade de vida da população. A vazão máxima do esgoto da cidade é de 751,10 m³/dia.

Palavras-chave: Estação de tratamento de esgoto; Adelândia-Goiás;

1.INTRODUÇÃO

O saneamento básico é importante para os seres humanos desde a antiguidade uma vez que a água é um elemento básico necessário aos seres vivos. Desde o princípio, o homem montava suas civilizações nas proximidades de locais onde havia água para os variados tipos de uso como para consumo humano e animal, para irrigação, para banho e lavagem de alimentos entre outros.

Entre os principais usos pertinentes à água pode-se citar o abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais, aquicultura, preservação da flora e da fauna, geração de energia elétrica, e diluição de despejos, entre outros. Com vistas a conservação do uso da água, pode-se colocar a grande preocupação na preservação quali-quantitativa deste bem.

Pesquisas realizadas e publicadas pelo Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento - SNIS (2021), apontam que de todo o esgoto gerado no Brasil, 51,2% são tratados. Essa porcentagem inclui o tratamento do esgoto através de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) e o uso de fossas sépticas.

Os serviços de água tratada e de esgoto interferem diretamente na saúde das pessoas e no seu bem-estar. Os serviços de saneamento básico são essenciais à vida, com fortes impactos sobre a saúde da população e o meio ambiente. O saneamento básico é um dos principais indicadores do desenvolvimento de um país, visto que afeta diretamente nos aspectos sociais, ambientais e econômicos de um país.

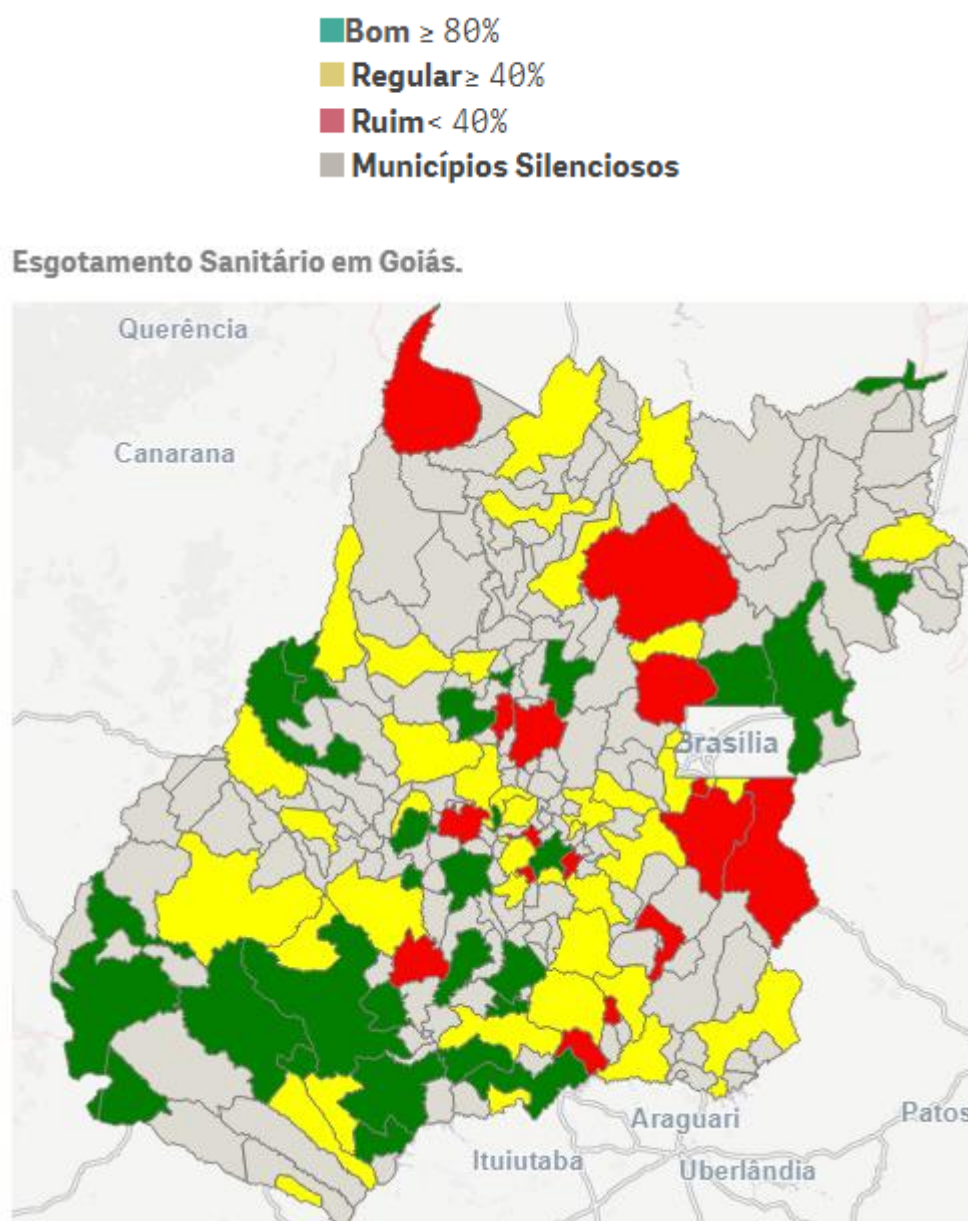
O esgotamento sanitário em pequenas cidades pode ser um desafio significativo para a saúde pública e o meio ambiente. O tratamento sanitário refere-se à coleta, transporte, tratamento e fornecimento final adequado dos resíduos provenientes do uso doméstico, comercial, industrial e agrícola. Quando esse sistema não é eficaz em pequenas cidades, várias questões podem surgir: Impacto na Saúde Pública: A falta de tratamento adequado de esgoto pode levar à contaminação da água potável, resultando em doenças em transmissões pela água, como diarreia, cólera e hepatite.

Poluição Ambiental- O lançamento inadequado de esgoto sem tratamento em corpos d'água pode causar poluição ambiental, prejudicando a fauna e a flora locais. Isso pode afetar a qualidade dos ecossistemas aquáticos e a qualidade geral do ambiente.

É chocante ver as desigualdades entre as regiões brasileiras no que diz respeito ao esgotamento sanitário. De um lado está São Paulo, com 92,2 % da população com cobertura de esgoto, o que ainda não é o ideal, pois a melhor opção seria cobrir toda a população. Na outra ponta está Rondônia, com

apenas 6,1 %; Amapá de 6,9 %; e Bara, onde 8,4 % da população beneficia desta componente dos serviços de saneamento básico.

Ao se destacar o estado de Goiás onde é dividido em cinco mesorregiões: Centro Goiano, Leste Goiano, Noroeste, Norte Goiano, Sul Goiano. Conforme o SNIS- Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento, onde é um sistema que faz coletas anualmente em todos os municípios goianos e nacionais, e com isso é disponibilizado o diagnóstico em um panorama geral. Logo abaixo consta o mapa do estado de Goiás com as demarcações de como é predominante o esgoto sanitário em todas as cidades.



Fonte: MS/DATASUS/SNIS (2021)

A cidade de Adelândia se encontra na região Central do estado, na qual se totaliza cerca de 82 municípios, obtendo a maior população de Goiás, com 51,8%. Sua cor conforme o mapa é cinza, no qual entra no grupo dos municípios silenciosos.

Adelândia é uma cidade do interior goiano, possuindo 2.515 habitantes, encontra-se entre o entroncamento da GO-326 a GO-222, à 109km da capital de Goiás, Goiânia, e à 312,3 km da capital do país, Brasília. Inicialmente, era um distrito da cidade de Mossâmedes e, em 30 de dezembro de 1987, com a Lei N° 10.396, foi emancipado, tornando-se município (GOIÁS, 1987). Sua emancipação se obteve em razão de uma capela a São Sebastião e pela construção de uma escola que atendia os moradores das fazendas da região.

Segundo estudos do perfil e potencialidade dos municípios goianos, realizados pelo Instituto Mauro Borges (2012), a cidade de Adelândia foi classificada como um dos municípios com crescimento intermediário e economia de pequeno porte, ou seja, estava abaixo das economias dos municípios brasileiros.

2. ESGOTO SANITÁRIO

Segundo a definição da norma brasileira NBR 9648 (ABNT, 1986), o esgoto sanitário é entendido como “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”. Toda água que se é utilizada e consumida deverá ser transformada em esgoto sanitário, com isso coletado, tratado e por fim eliminado de forma correta.

Nesse sentido, na Tabela 1, a seguir, são apresentadas algumas características biológicas dos esgotos, importantes para referenciar as necessidades de desinfecção. Embora a legislação seja restrita aos índices de coliformes e a aplicações dos esgotos como, por exemplo, na agricultura, deve-se exigir o controle de outros indicadores.

Característica	Valor Médio
Bactérias Totais (NMP/100mL)	$10^9 - 10^{10}$
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	$10^7 - 10^8$
Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	$10^6 - 10^7$
Estreptococcus Fecais (NMP/100 mL)	$10^5 - 10^6$
Salmonella Typhosa (NMP/100 mL)	$10^1 - 10^4$
Cistos de Protozoários (NMP/100 mL)	$10^2 - 10^5$
Vírus (NMP/100 mL)	$10^3 - 10^4$
Ovos de Helminthos (NMP/100 mL)	$10^1 - 10^3$

Tabela 1 - Concentrações de organismos em esgotos.

Fonte: METCALF & EDDY (1991, apud PIRELI, 2006).

O enquadramento do esgoto sanitário inclui resíduos industriais, dejetos humanos (fezes e urina) e águas servidas. Dessa forma a ação de tratamento dessa água se torna indispensável, pois o esgoto possui uma grande quantidade de micro-organismos, germes patogênicos de várias doenças. Entre tais doenças podem ser citadas a febre tifoide, paratifoide, diarreias infecciosas, amebíase, ancilostomíase, esquistossomose, teníase, ascaridíase etc.

Conforme a Fundação Nacional de Saúde (Funasa), a composição do esgoto é basicamente a matéria orgânica e matéria inorgânica. A matéria orgânica é encontrada nela resíduos cerca de 70% de sólidos, contando com uma combinação de hidrogênio, carbono e oxigênio. Já a matéria inorgânica constituinte no esgoto é resumida em substâncias minerais dissolvidas e areia.

Sobre a importância sanitária, é objetivamente a melhora e qualidade da saúde populacional. Pois influencia diretamente no controle de doenças, evitar poluição no abastecimento de água, propiciar hábitos higiênicos, promover conforto e auxiliar no senso estético.

Segundo Von Sperling (2005), o esgoto sanitário pode ser subdividido em esgoto industrial, esgoto doméstico e águas pluviais. As águas residuais industriais, ou esgotos industriais, são o resultado de processos industriais, água de resfriamento, água proveniente de atividades comerciais de grande porte, industriais têxteis, cervejarias etc. Suas características dependem das matérias primas que a empresa em questão produz, podendo variar, a cor, PH, e entre outros.

Segundo o mesmo autor o esgoto doméstico é caracterizado pela sua utilização para fins domésticos, que provém de residências, edificações comerciais, e públicas. Considerado o efluente de maior vazão, sendo a parcela mais significativa do esgoto total. Suas características são definidas com um maior

grau de precisão, os despejos são constituídos de matérias orgânicas, com uma média de turbidez, e composições químicas.

Por fim as águas pluviais, que são basicamente as chuvas provenientes da chuva. De acordo com a legislação, o conceito de esgoto pluvial ou simplesmente água pluvial surge no Decreto n.º 23/95, de 23 de agosto, como “água resultante da chuva atmosférica que cai diretamente no terreno ou em albufeira vizinhas”.

2.1. SISTEMAS DE COLETA E TRANSPORTE DE ESGOTO SANITÁRIOS

Conforme a NBR 9648- Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário, o sistema de esgoto é definido como “Conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar somente esgoto sanitário a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro”.

Com base nessa definição as redes de esgoto podem ser classificadas em três sistemas, são eles: sistema unitário, sistema separador parcial, sistema separador absoluto.

2.1.1.SISTEMA DE ESGOTAMENTO UNITÁRIO

O sistema unitário pode ser entendido como sendo apenas um coletor, todo o esgoto doméstico, industrial e águas pluviais são coletados juntos por uma única coleta. Como vantagem desse sistema, pode ser citado a facilidade da entrada para manutenção, devido à grande dimensão dos canais. Em contrapartida, as desvantagens podem ser o alto custo para implantação, falhas nas estações de tratamento devido ao grande volume de despejos, e também é afetado pela alta variação em épocas chuvosas, dessa maneira influenciando no dimensionamento com precipitações máximas.

2.1.2.SISTEMA DE ESGOTAMENTO SEPARADOR PARCIAL

O Sistema separador tem como objetivo a captação da água de forma separadamente, onde a rede de água sanitária recebe águas pluviais de terraços e telhados em áreas urbanas, em conjunto com o esgoto doméstico e industriais. Dessa maneira é utilizado ainda apenas uma rede coletora,

2.1.3.SISTEMA DE ESGOTAMENTO SEPARADOR ABSOLUTO

De acordo o Azevedo Netto et al. (1983), atualmente no Brasil o sistema de esgotamento sanitário separador absoluto é predominante. Sendo ele definido como, um conjunto de instalações e condutos com suporte para coletar e transportar o esgoto separadamente para o seu tratamento final. Possui duas redes coletoras, sendo uma exclusivamente para as águas pluviais, recolhidas e encaminhada para os canais, rios mais próximos do ponto de recolha, já a segunda rede para o uso de coletar e transportar os despejos domésticos e efluentes industriais.

2.2.SIMPLIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

2.2.1.LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO E VARIANTES

As lagoas de estabilização, ou lagoas facultativas, são eficientes no tratamento de esgoto sanitário, removendo até 90% da DBO. Não exigem equipamentos eletromecânicos, são eficazes na redução de micro-organismos prejudiciais, não causam odores desagradáveis e só requerem remoção de lodo a cada 20 anos. Além disso, são adequadas para o contexto brasileiro devido à disponibilidade de áreas e ao clima favorável com altas temperaturas e insolação (SANTOS, 2007).

As lagoas de estabilização são sistemas de tratamento biológico em que a destruição da matéria orgânica ocorre devido à ação de bactérias, que pode ser um processo de oxidação aeróbica ou de fermentação anaeróbica, além da redução pela atividade fotossintética das algas. Essas lagoas são definidas com base na maneira principal como ocorre a preservação da matéria orgânica a ser tratada, e podem ser classificadas em (JORDÃO; PESSOA, 2011):

- **anaeróbias:** nas quais predominam processos de fermentação anaeróbia; imediatamente abaixo da superfície não existe oxigênio dissolvido;
- **facultativas:** nas quais ocorrem, simultaneamente, processos de fermentação anaeróbia, oxidação aeróbia e redução fotossintética; uma zona anaeróbia de atividade béntica é sobreposta por uma zona aeróbia de atividade biológica, próxima a superfície; as lagoas facultativas são chamadas primárias, quando recebem o esgoto bruto, e secundárias quando recebem o efluente de outra lagoa, em geral anaeróbia;
- **maturação:** tem como objetivo principal remover organismos patogênicos; reduzir bactérias, vírus, cistos de protozoários e ovos de helminto; a parcela de redução de sólidos em suspensão e da DBO é negligenciável.

Em suma, as lagoas de estabilização são sistemas versáteis que podem ser convencionais com base em processos biológicos predominantes e em propósito de tratamento, seja a remoção de matéria orgânica, a redução de patógenos ou ambos.

2.2.2.PROCESSOS DO LODO ATIVADO

Jordão e Pessoa (2011) define lodo ativado com sendo “o floco produzido num esgoto bruto ou decantado pelo crescimento de bactérias zoogleias ou outros organismos, na presença de oxigênio dissolvido, e acumulado em concentração suficiente graças ao retorno de outros flocos previamente formados”. O processo de tratamento com lodos ativados é de natureza biológica. Envolve a mistura, a eficiência e a geração íntima do esgoto de entrada com o lodo ativado em unidades conhecidas como tanques de aeração. Em seguida, ocorre a separação dos lodos acionados do esgoto, geralmente por sedimentação em decantadores. A maior parte dos lodos ativados separados é reciclada de volta para o processo, enquanto uma pequena parte é retirada para tratamento adicional ou destino final, chamada de lodo em excesso. O esgoto tratado flui pelo canal vertedor do decantador onde ocorreu a separação, constituindo o efluente final.

Os aglomerados de microrganismos (flocos) requerem um fornecimento constante de oxigênio, que é fornecido por meio da absorção forçada de oxigênio da atmosfera ou pela injeção de ar meio líquido. A quantidade de aglomerados naturalmente presentes é relativamente baixa, tornando o processo ineficaz em condições naturais, o que é a razão pela qual é mantida uma concentração elevada de aglomerados nos tanques de aeração. Isso é feito através do retorno contínuo do lodo decantado nos tanques secundários para os tanques de aeração (JORDÃO; PESSOA, 2011).

2.2.3.PROCESSOS ANAERÓBIOS – REATORES UASB

Embora o tratamento anaeróbio para a estabilização de lodo de esgoto doméstico seja uma solução consolidada há muitos anos, recentemente uma biotecnologia anaeróbia foi aplicada ao tratamento de efluentes líquidos. Esta biotecnologia é relativamente nova, tornando o conhecimento sobre a cinética e a modelagem matemática limitado. É bem estabelecido que o aglomerado de microrganismos necessita de condições ideais em termos de ambiente, nutrientes, bem como a geometria e características do reator. Além disso, os conceitos de tempo de retenção de sólidos biológicos (SRT - Solids Retention Time) e tempo de retenção hidráulico (HRT - Hydraulic Retention Time) desempenham um papel fundamental. Para que a construção de um reator seja viável

economicamente, deseja-se um elevado SRT para reduzir a produção de lodo a ser descartado, juntamente com um HRT baixo (JORDÃO; PESSOA, 2011).

Sobre as formas de retenção do lodo nas unidades de tratamento, Jordão e Pessoa (2011) classificam em dois tipos:

- Sistemas em que o lodo se acha aderido a um material inerte de suporte: o mais conhecido é o "Filtro Anaeróbio", preenchido com material inerte, de maneira arrumada ou randômica, onde os organismos formam o biofilme. Os filtros anaeróbios são normalmente de fluxo ascendente, podendo ser também descendente; e
- Sistemas em que o lodo se acha suspenso, agregado na forma de floco ou granulo. Neste caso tem-se o chamado "Reator de Manta de Lodo" ("UASB Upflow Anaerobic Sludge Blanket). As bactérias formam flocos ou grânulos que podem ter muito boa sedimentabilidade e formam um colchão ou manta de lodo no interior do reator. Este, por sua vez, requer dispositivos bem dimensionados, e projetados para se obter uma separação eficiente de gases, sólidos e líquidos.

Atualmente, as fossas sépticas são o método mais comum de tratamento anaeróbico de esgoto, frequentemente utilizado em residências. Para melhorar ainda mais o tratamento dos efluentes provenientes das fossas, têm sido usados com sucesso filtros anaeróbios com enchimento de brita, materiais plásticos ou outros tipos de meios inertes de suporte.

2.3. TRATAMENTO DOS ESGOTOS SANITÁRIOS

Os processos de tratamento de efluentes devem ser levados em consideração diversos fatores que podem influenciar na sua eficiência antes de serem adotados. Como exemplo podemos citar os seguintes fatores: os custos de investimento; a qualidade e a quantidade de resíduo gerado na estação de tratamento de efluente; a qualidade do efluente tratado; a geração de odor; a segurança operacional; a confiabilidade para o atendimento à legislação ambiental, e também a possibilidade de reuso dos efluentes tratados (GIORDANO, 1999).

Um sistema de tratamento de águas residuais consiste em uma série de etapas e processos, usados para remover substâncias indesejadas da água ou convertê-las em outra forma aceitável pela Lei ambiental 4.444. Existem três tipos de tratamento de esgoto: biológico, físico e químico.

2.3.1. TRATAMENTO BIOLÓGICO

Processos biológicos são aqueles que requerem ação microrganismos aeróbios ou anaeróbios na conversão de matéria orgânica, abaixo na forma de sólidos dissolvidos e suspensos em compostos

simples, como sais minerais, dióxido de carbono, água e outros, e este processo é ainda dividido aeróbio e anaeróbio (PROJETO MUNICÍPIO VERDE, 2012).

2.3.2. TRATAMENTO FÍSICO

Em vários processos de tratamento de águas residuais os processos físicos podem ser enfatizados que é caracterizado pelo método de separação de fases. Isto pode ser feito através de gradeamento, peneiramento, sedimentação ou decantação e flotação no caso dos resíduos (CRESPILHO, et al., 2004).

2.3.3. TRATAMENTO QUÍMICO

Processos químicos são aqueles em que são utilizados produtos químicos, necessário para a aumentar a eficácia da eliminação de um elemento ou substância, alterando seu estado e estrutura, ou simplesmente alterando suas propriedades químicas, sendo utilizado diversos fatores para que o processo de tratamento obtenha sucesso.

Os processos químicos visam a eliminação substâncias que não foram removidas na extensão desejada por processos físicos e biológicos, como nutrientes e micro-organismos patogênicos, incluindo coloração, ozonização, processo eletrolítico, radiações ultravioletas, entre outros. (PROJETO MUNICÍPIO VERDE, 2012).

2.4. GRAU DE TRATAMENTO DO ESGOTO

Um sistema de drenagem sanitária só é considerado completo se incluir tratamento. Estação de tratamento de efluentes (ETE), tem como finalidade o tratamento de efluentes domésticos e industriais, a fim de remover os poluentes do esgoto para que haja uma considerável limpeza da água.

Existem muitos processos de tratamento de águas residuais sanitárias. A escolha do processo ideal baseia-se em grande parte no nível de eficiência desejado. Em outras palavras, se a qualidade desejada do efluente final é compatível com as necessidades do organismo receptor. É importante ressaltar que para isso é necessário verificar algumas condições, como a área disponível para implantação, custos envolvidos no processo, condições ambientais, etc.

O percentual de redução dos padrões aprimorados de carga poluente nos processos de tratamento varia em função da qualidade exigida para lançamento do efluente no destinatário, de fatores econômicos e do grau de contaminação dos resíduos, entre outros. O tratamento dos esgotos pode ser classificado em níveis de eficiência: preliminar, primário, secundário ou terciário.

2.4.1.GRAU PRIMÁRIO

Responsável pela remoção de substâncias suspensas por sedimentação, remoção de sólidos flutuantes por flotação e remoção parcial de matéria orgânica por sedimentação e posterior formação de lodo bruto primário.

2.4.2.GRAU SECUNDÁRIO

É capaz de realizar a remoção de matéria orgânica dissolvida e suspensa por atividade biológica, através de tanques de estabilização, lodos ativados e filtração biológica.

2.4.3.GRAU TERCIÁRIO

Tem como finalidade remover os contaminantes específicos ou completar o tratamento secundário caso os resultados do tratamento sejam insatisfatórios. Remove organismos causadores de doenças, nutrientes, compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos residuais em suspensão e sólidos inorgânicos dissolvidos.

3. METODOLOGIA

Este artigo busca compreender e analisar a situação do saneamento em Adelândia-GO, por meio de pesquisa e coleta de dados junto à Companhia de Saneamento e à Prefeitura Municipal, visando fornecer informações e ferramentas para o gestor municipal implementar, manter e expandir a infraestrutura de saneamento com base em dados quantitativos e percentuais.

A elaboração deste artigo tem como objetivo, proporcionar entendimento dos tópicos a serem analisados com propriedade e profundidade. Mediante informações obtidas junto à Companhia de Saneamento de Adelândia – GO, foi possível lograr dados estatísticos que representam o quantitativo e percentual, além da taxa anual de crescimento da população total de residências atendidas com o serviço de esgotamento sanitário. Junto à Prefeitura Municipal de Adelândia – GO, através da Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente, foi possível a coleta de dados estatísticos acerca da situação institucional do setor de saneamento, da infraestrutura do abastecimento de água, do esgoto sanitário, dos resíduos sólidos e da drenagem urbana de manejo de águas pluviais.

Através da obtenção dos indicadores, foram criadas planilhas, com a finalidade de explanar sintética, entregando assim ao gestor ferramentas para a implantação, manutenção e expansão da

infraestrutura. Os dados foram organizados em índices quantitativos e percentuais, demonstrando de forma precisa e técnica a real situação do Saneamento.

4.ANTEPROJETO

Segundo a norma ABNT NBR 9648 (1986), o estudo de concepção do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) ou anteprojeto envolve uma análise de diversos parâmetros de um sistema, organizado de forma a criar uma solução global integrada. Isso requer uma comparação qualitativa e quantitativa dos diferentes elementos para, por fim, escolher a opção mais adequada para o desenvolvimento do projeto.

Para a concepção do anteprojeto, utilizou-se um guia baseado nas diretrizes de Hampe (2015) para o Sistema de Esgotamento Sanitário proposto. O objetivo foi esclarecer os procedimentos necessários para a elaboração de um anteprojeto de SES e ajustá-lo com base na análise das informações técnicas de projetos anteriores.

O objetivo do guia é facilitar a criação de um documento que orienta a elaboração do anteprojeto do Sistema de Esgotamento Sanitário. Isso fornece um melhor entendimento do projeto, pois auxilia na organização e no aprofundamento das informações relacionadas ao mesmo.

As fases descritas na sugestão do guia para a criação de um anteprojeto podem ser categorizadas em:

- a) levantamento de dados e diagnóstico do sistema existente;
- b) definição dos parâmetros de projeto;
- c) pré-dimensionamento de alternativas;
- d) definição da alternativa mais adequada;
- e) estimativa de quantidades de serviço

4.1.LEVANTAMENTO DE DADOS

Inicialmente, é necessário realizar uma coleta de informações sobre o município e fazer uma avaliação preliminar, incluindo uma visita ao local onde o sistema de esgotamento sanitário será implantado. A inspeção no local é importante para obter uma compreensão mais completa das cartas e plantas topográficas, além de identificar os potenciais locais para a construção da estação de tratamento e a escolha do destino final dos resíduos. (LEME, 1977)

A ABNT NBR 9648 (1986) estabelece alguns requisitos exigidos pelos quais é possível realizar essa coleta de informações. Esses requisitos podem ser divididos como:

- a) dados físicos;
- b) infraestrutura;
- c) sistemas existentes;
- d) estudos demográficos e de uso e ocupação do solo;
- e) legislação

Alem Sobrinho, Tsutiya (1999) e a ABNT NBR 9648 (1986) destacam a importância que essa coleta de informações seja realizada através de órgãos governamentais locais, municipais, estaduais e federais, e precisa ser realizada de forma organizada para fins de uso futuro. Com base nessa coleta de dados, o desenvolvimento do projeto deve incorporar considerações sobre parâmetros adicionais e possibilidades, conforme indicado (apud NERVIS, 2019, p. 29-30):

- **Delimitação da área:** define-se a área que será contemplada pelo sistema de esgotamento sanitário planejado;
- **Alcance e início de operação:** período de alcance do projeto em anos; estimativa populacional: estudo da projeção populacional podendo ser obtida por meio de diversos métodos de cálculo. Os principais métodos utilizados os métodos dos componentes demográficos, métodos matemáticos e método de extrapolação gráfica;
- **Bacias de esgotamento:** as bacias de contribuição incorporadas na área de projeto são demarcadas;
- **Características do esgoto:** estudo precedente das características do esgoto sanitário e análise das contribuições industriais quando houver;
- **Corpo receptor:** ponderação sobre os corpos receptores disponíveis para posterior despejo do esgoto sanitário;
- **Vazões:** avaliações ano a ano das vazões contempladas no estudo;
- **Instalações existentes:** verificação das instalações do sistema existente de esgotamento sanitário quanto a possibilidade de aproveitamento.

4.2. NORMAS TÉCNICAS

As normas técnicas têm como finalidade estabelecer regras e um determinado segmento para uma determinada atividade. Com relação aos projetos na construção civil existem diversas normas que estabelece cada construção e atividade, esse item resume as normas técnicas vigentes para a elaboração de um projeto de sistema de esgotamento sanitário, sendo as principais e mais relevantes:

- NBR 9.648: 1986 – Estudo de concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário (ABNT, 1986a).
- NBR 9.649: 1986 – Projeto de Redes coletoras de Esgoto Sanitário (ABNT, 1986b).

- NBR 12.207: 1992 – Projeto de Interceptores de Esgoto Sanitário (ABNT, 1992a).
- NBR 12.208: 1992 – Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário (ABNT, 1992b).
- NBR 12.209: 2011 – Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário (ABNT, 2011)

4.3.PARAMÊTROS DE PROJETO

4.3.1.CONSUMO PER CAPITA

O consumo per capita é a quantidade de água necessária por dia por pessoa, geralmente expressa em L/hab.d. De acordo a (ABNT,1990) o valor do consumo per capita tem que ser adotado para projetos de abastecimento de água para garantir o seguinte:

- a) ao consumo doméstico;
- b) ao consumo comercial;
- c) ao consumo industrial;
- d) ao consumo público;
- e) às perdas

Outras concepções de avaliações sistemática do consumo per capita pode ser destacado o parâmetro de nível socioeconômico da população em destaque, pois desta forma é possível estabelecer o consumo médio de uma determinada localidade.

Conforme Alem Sobrinho e Tsutiya (1999), para determinar o consumo efetivo de água é de suma importância considerar as características dos consumidores, sendo a renda familiar, características culturais, características de habitação, características físicas e a forma que gerenciam o sistema de água.

4.3.2.COEFICIENTE DE RETORNO

O termo coeficiente de retorno tem por definição a relação entre o volume de água que é efetivamente utilizado e o volume da água que volta ao esgoto. Pois levando em consideração que o total da água que se é fornecida, não é totalmente despejada para a rede coletora de esgoto.

De acordo com Alem Sobrinho e Tsutiya (1999, p. 52) e Von Sperling (2005, p. 116), regularmente o valor do coeficiente de retorno é adotado sendo 80%, podendo ter uma variação entre 0,5 e 0,9. Porém conforme a ABNT NBR 9649:1986 o valor deve ser sempre maior que 0,8.

4.3.3. COEFICIENTES DE VAZÕES

As alterações nas águas residuais dos esgotos domésticos dependem do comportamento dos residentes. A vazão de água é calculada com base no consumo médio de água de uma pessoa, dessa forma utiliza-se os coeficientes de vazões para se obter a quantidade de água conforme as variações.

Alem Sobrinho e Tsutiya (1999), menciona a definição de coeficientes que estimam o cálculo da vazão na concepção dos projetos de esgotamento sanitário:

- a) **K1**: coeficiente de máxima vazão diária - é a relação entre a maior vazão diária verificada no ano e a vazão média diária anual;
- b) **K2**: coeficiente de máxima vazão horária - é a relação entre a maior vazão observada num dia e a vazão média horária do mesmo dia;
- c) **K3**: coeficiente de mínima vazão horária - é a relação entre a vazão mínima e a vazão média anual.

4.3.4. INFILTRAÇÕES

Como definição o coeficiente de infiltração é o número de litros que 1m^2 da superfície de solo é capaz de absorver. Para Alem Sobrinho e Tsutiya (1999), as infiltrações estão atreladas as características do solo, material utilizado no sistema, e a conservação da rede.

Levando em consideração que as infiltrações naturais do subsolo influenciam diretamente na vazão geral da rede. Dessa maneira a taxa de infiltração é um dos fatores que deve ser considerada nas concepções de projetos de saneamento.

Pera (1971, p. 12) afirma que a vazão de infiltração é uma parcela de água inevitável:

Nos sistemas separadores há predominância dos esgotos [...] [domésticos] e industriais, mas a inevitável existência de infiltrações, de ligações clandestinas de águas pluviais e outros defeitos da rede, sempre possibilitam admissão de águas que provocam a diluição do esgoto propriamente dito.

4.4 PARÂMETROS PARA PRÉ-DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO.

A ABNT NBR 12.209 (2011, p.3) define parâmetros básicos que devem ser apanhados nas diversas etapas do plano do projeto de dimensionamento das unidades de tratamento:

- Vazão de afluentes máxima: Vazão final de esgoto sanitário destinada à unidade de tratamento, considera-se a variabilidade do fluxo do afluente (K1 e K2);
- Vazão de afluentes média: Vazão final de esgoto sanitário destinada à unidade de tratamento, desprezada a variabilidade do fluxo do afluente (K1 e K2);

- Demanda bioquímica de oxigênio (DBO): Quantidade de oxigênio necessário para estabilizar a matéria orgânica. Na ausência dessa determinação, pode ser usado o valor de 54g de DBO5/hab.d;
- Sólidos em suspensão (SS): Indicativo da quantidade de sólidos em suspensão presente no esgoto. Na ausência dessa determinação, pode ser usado o valor de 60g de SS/hab.d.

5. ELABORAÇÃO DO ANTEPROJETO

O estudo para a elaboração do projeto de um sistema de esgotamento sanitário é de suma importância, pois auxilia na estruturação do sistema. De acordo a NBR 12209 a elaboração do projeto hidráulico-sanitário compreende, no mínimo, as seguintes atividades:

- a) seleção e interpretação das informações disponíveis para projeto;
- b) definição das opções de processo para a fase líquida e para a fase sólida;
- c) seleção dos parâmetros de dimensionamento e fixação de seus valores;
- d) dimensionamento das unidades de tratamento;
- e) elaboração dos arranjos em planta das diversas opções definidas;
- f) elaboração de perfil hidráulico preliminar das diversas opções;
- g) avaliação de custo das diversas opções;
- h) comparação técnico-econômica e escolha da solução;
- i) dimensionamento dos órgãos auxiliares e sistemas de utilidades;
- j) seleção dos equipamentos e acessórios;
- k) locação definitiva das unidades, considerando a circulação de pessoas e

veículos e o tratamento arquitetônico-paisagístico.

Também podemos destacar um guia existente, feito por Hampe (2015), no qual tem como finalidade organizar os processos do anteprojeto para um sistema de esgotamento sanitário, com base nas leis vigentes e normas técnicas. Conforme a Figura o guia é disposto da seguinte maneira:

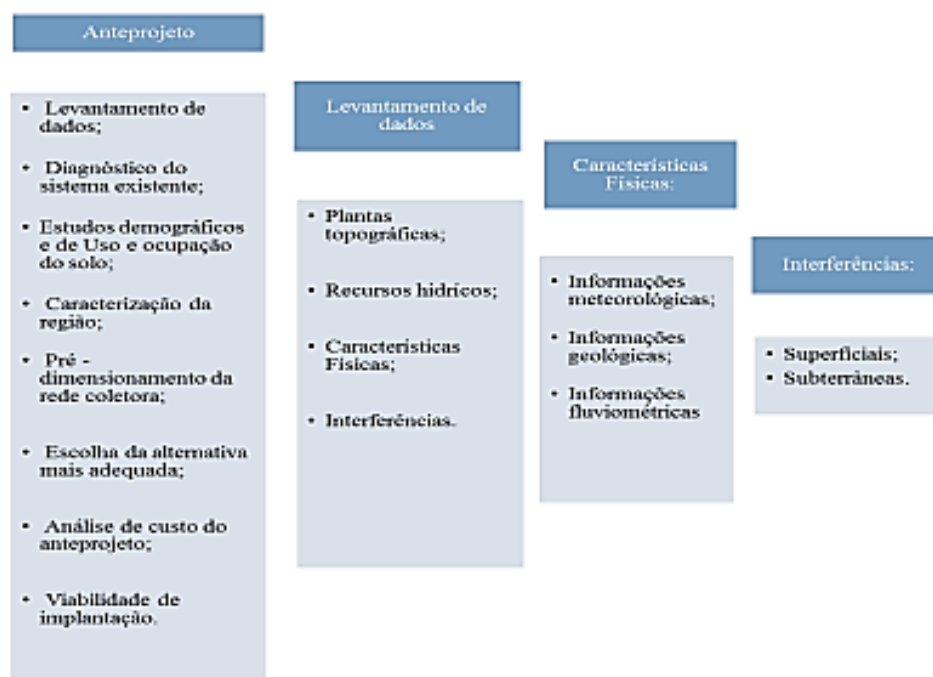


Figura 1 – Processos para a elaboração de um sistema de esgotamento sanitário.

Fonte: Adaptado de HAMPE, 2015

5.1.LEVANTAMENTO DE DADOS

5.1.1.DADOS FÍSICOS

O Estado de Goiás é dividido em cinco mesorregiões: Centro Goiano, Leste Goiano, Noroeste, Norte Goiano, Sul Goiano. O município de Adelândia encontra-se na região Central do estado, na qual se totaliza cerca de 82 municípios, obtendo a maior população de Goiás, com 51,8%. Adelândia é um município do interior goiano, possuindo 2.515 habitantes, situa-se entre o entroncamento da GO-326 a GO-222, à 109km da capital de Goiás, Goiânia, e à 312,3 km da capital do país, Brasília.

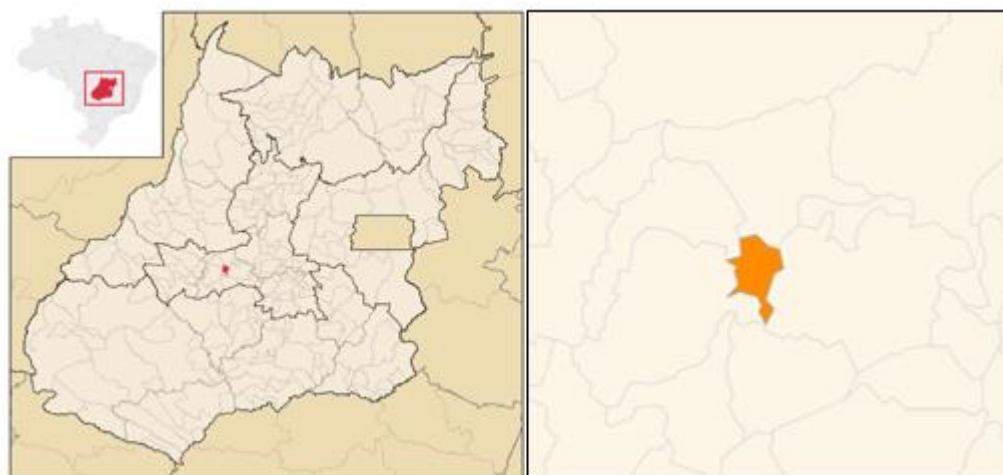


Figura 2 - Localização geográfica do município de Adelândia.

Fonte: WIKIPEDIA, 2023; IBGE, 2023

Sua área territorial, de acordo com dados do IBGE (2021), é de 115,385km², contendo uma densidade demográfica de 21,47hab/km². A Figura 3 mostra a imagem do município Adelândia vista via satélite.



Figura 3 - Imagem via satélite do município de Adelândia – GO

Fonte: GOOGLE MAPS, 2023

Situado a 728 metros de altitude, de Adelândia tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 16° 23' 39" Sul, Longitude: 50° 10' 5" Oeste. Situada no centro goiano sendo cercada de municípios próximos, como a cidade de Anicuns, Americano do Brasil, Firminópolis e entre outros.

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) do município é de 0,70, no qual pode ser considerado alto, pois é na faixa de 0,7 a 1. Esse índice é calculado a partir da média geométrica, sendo as dimensões de renda, longevidade e educação.

A Tabela 2 apresenta as informações características do município de Adelândia.

Dados Físicos	
Município	Adelândia – GO
Região	Centro Goiano
Latitude	16° 23' 39" S
Longitude	50° 10' 5" O
Altitude	728 metros
Extensão territorial	115,385 km²
Região Hidrográfica	Paraná
Bacia Hidrográfica	Tocantins-Araguaia
Precipitação Média Anual	95,5 mm
Clima	Tropical semiúmido
Temperatura Média Anual	25,2°C
Solos predominantes	Cambissolos e Argissolos

Tabela 2 - Dados físicos do município.

Fonte: adaptada pelas autoras, 2023

O município está presente na região hidrográfica Paraná, sendo seu principal manancial de abastecimento. Os rios que encontra na região de Adelândia é o Rio Turvo, rio com pequena extensão e pequeno volume de água, sua precipitação média anual é de 1.662 milímetros. O outro rio que banha a cidade é o Rio São Manoel que possui uma extensão de 36 km e drena uma área de 157 m².

5.1.2. INFRAESTRUTURA

De acordo com dados do IBGE (2010), é possível enumerar e definir as formas do esgotamento sanitário, sendo eles: rede geral de esgoto, fossa séptica, fossa rudimentar, vala, e em rios, lagos e mar. A cidade de Adelândia atualmente ainda não se beneficia com a rede geral de esgoto tratado, ainda prevalecem a utilização de fossas.

No município de Adelândia atualmente o esgotamento sanitário é precário e com uma grande irregularidade, a população não obtém de nenhum sistema existente. Conforme o gráfico a seguir.

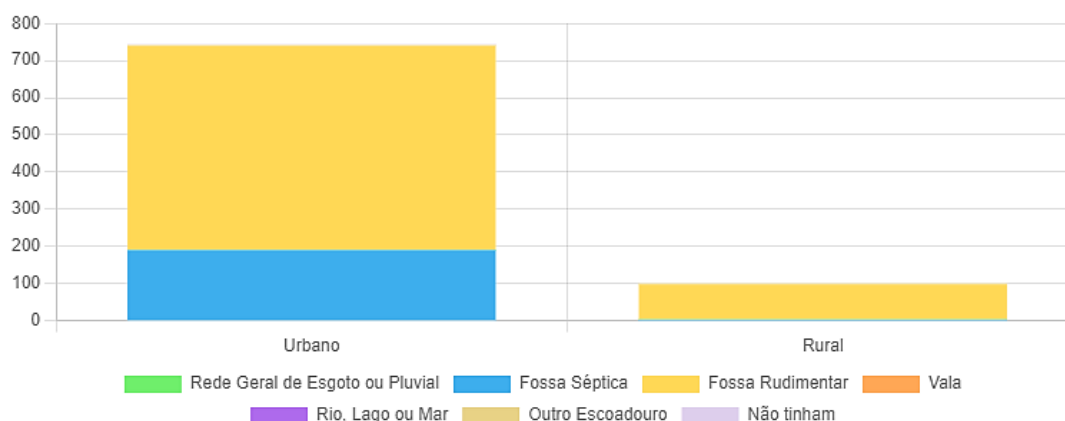


Figura 4 - Formas de esgotamento sanitário em Adelândia - GO

Fonte: IBGE, 2010

5.1.3. ESTUDOS DEMOGRÁFICOS E DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

De acordo com o censo de 2021, a população do município de Adelândia correspondia a 2.515 habitantes (IBGE, 2021).

Estudos demográficos	
População	2.515 habitantes
Densidade demográfica	19,91 hab./km ²
Índice de Desenvolvimento Municipal (IDHM)	0,702
População estimada em 2046	2.608 habitantes

Tabela 3 - Estudos demográficos do município de Adelândia - GO

Fonte: IBGE, 2021

No que se refere a economia, baseia-se, principalmente na agricultura e pecuária. As culturas mais proeminentes incluem milho, arroz e feijão. No entanto, uma atividade peculiar de destaque é a produção de leite, chegando a quase 1 milhão de litros por ano (IBGE, 2021).

5.1.4. LEGISLAÇÃO

No que tange às Políticas Públicas de Saneamento Básico, o município de Adelândia carece de tais políticas. Não possuindo Plano Municipal de Saneamento Básico (INFOSANBAS, 2020).

5.2. PARAMETROS UTILIZADOS NO ANTEPROJETO

Para o dimensionamento de uma ETE, primeiramente, é necessário obter uma estimativa da população para os próximos 25 anos, que, no caso desta pesquisa, será o ano de 2046. Esta estimativa

é obtida através de cálculos que tem como base os dados de anos anteriores. A Tabela 4 mostra, de acordo com censos feitos pelo IBGE, a população do município de Adelândia em seus respectivos anos. Para a execução dos cálculos, este trabalho baseou-se nos censos dos anos de 2011 e 2021.

Área do Projeto	Perímetro urbano do município
Alcance	25 anos
População Urbana Inicial	2.515 habitantes
População Urbana Final	2.608 habitantes
Bacias de Esgotamento	1
Corpo Receptor do Esgoto	Rio Turvo
Ano	População
1989	2.092
2000	2.501
2011	2.478
2021	2.515
2046	2.608

Tabela 4 - População do município de Adelândia em seus respectivos anos.

Fonte: IBGE

Em seguida obtivemos as vazões de cada ano respectivo, conforme a tabela a abaixo.

Ano	População	Vazão m³/dia	Vazão L/dia
1989	2.092	334,72	334.720
2000	2.501	400,16	400.160
Ano	População	Vazão m³/dia	Vazão L/dia
2011	2.478	396,48	396.480
2021	2.515	402,40	402.400
2046	2.608	417,28	417.280

Tabela 5 - Tabela de vazões em seus respectivos anos.

Fonte: adaptada pelas autoras, 2023

Foi calculado as vazões de acordo com a ABNT NBR 9.649/1986 temos a seguinte tabela com o dimensionamento da ETE de Adelândia- GO no ano de 2046 com o total da população de 2608 habitantes:

Vazão	Metros ³ / dia
Média	417,28
Máxima	751,10
Mínima	208,64
Infiltração	280,80

Tabela 6. Dimensionamento das vazões da ETE de Adelândia – GO

Fonte: adaptada pelas autoras, 2023

Após os resultados do esgotamento do município, foi realizado o dimensionamento da Estação de Tratamento, resultados esses que são essenciais para que seja definido a metodologia da estação.

Parâmetros de pré-dimensionamento	
Consumo de água efetivo <i>per capita</i> (q)	200 L/hab.dia
Coeficiente de retorno (Cr)	0,8
Taxa de infiltração (Tinf)	0,5 L/s.km
Alcance do estudo	25 anos
Carga orgânica (DBO)	54g de DBO ₅ /hab.dia
Sólidos suspensos (SS)	60g de SS/hab.dia
Vazão média do afluente	417,60m ³ /dia
Θh- Tempo de detenção hidráulica	30 dias
Volume da Lagoa Anaeróbia	75,11 m ³
Volume da Lagoa Facultativa	12.528 m ³

Tabela 7 - Parâmetros de pré-dimensionamento da ETE

Fonte: adaptada pelas autoras, 2023

Parâmetros	Fórmula	Resultados obtidos
Cálculo populacional aritmético	$Ka = P2 - P1 / (t2 - t1)$	2.608 habitantes
Vazão de efluentes	$Q = P2 * q * Cr$	417.600 L/dia
Infiltração	$Q_{inf} = T_{inf} * L$	3,25 L/s.km
Vazão média de esgoto	$Qd_{méd} = \frac{P * q * Cr}{1000}$	417,60 m³/dia
Vazão máxima de esgoto	$Qd_{máx} = Qd_{méd} * K1 * K2$	751,10 m³/dia
Vazão mínima de esgoto	$Qd_{min} = Qd_{méd} * K3$	208,80 m³/dia
Carga orgânica DBO	$DBO_5 = 54 (g/hab.dia) * P$	140,83 kg/dia
Carga SST	$SST = 60 (g/hab.dia) * P$	156,48 kg/dia
Tempo de Detenção Hidráulica	$30 dias(Q.TDH) = V$	12.528 m³

6. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Com base no que foi apresentado e elaborado nesse artigo, a escolha do sistema de tratamento de esgoto para a cidade de Adelândia foi o tratamento biológico.

Gradeamento grosso nessa etapa do tratamento foram utilizadas grades de ferro e aço, inclinadas com um ângulo de 45°. As grades terão espessura de 12,7 x 38,1 mm, uma altura de 0,70 m e largura total de 0,40 m. A retirada dos materiais será feita manualmente pelos operários, sendo que todo material retirado será disposto em aterro sanitário.

Para o gradeamento fino foram utilizadas grades de ferro e aço com inclinação de 45° com limpeza manual. As grades com espessura de 7,9 x 38,1 mm, altura de 0,70 m e largura total de 0,40 m.

A caixa de areia foi construída em alvenaria e impermeabilizada, a fim de evitar vazamento. Foi construída de seção retangular com comprimento de 15,00 metros, largura de 0,92 m e 0,65 m de profundidade.

Constituído de um tratamento com três lagoas, sendo a lagoa anaeróbica, lagoa facultativa e lagoa de maturação. Vale ressaltar que foram projetados dois módulos para poder dar manutenção. Em relação a medição do fluxo dos líquidos recebidos pela estação de tratamento, foi utilizamos a calha *Parshall*. E por fim outro meio de tratamento que utilizamos foi a implementação de bambus, no qual é feito a última filtração da água para que seja despejada devidamente tratada. Segue abaixo o projeto da ETE de Adelândia.

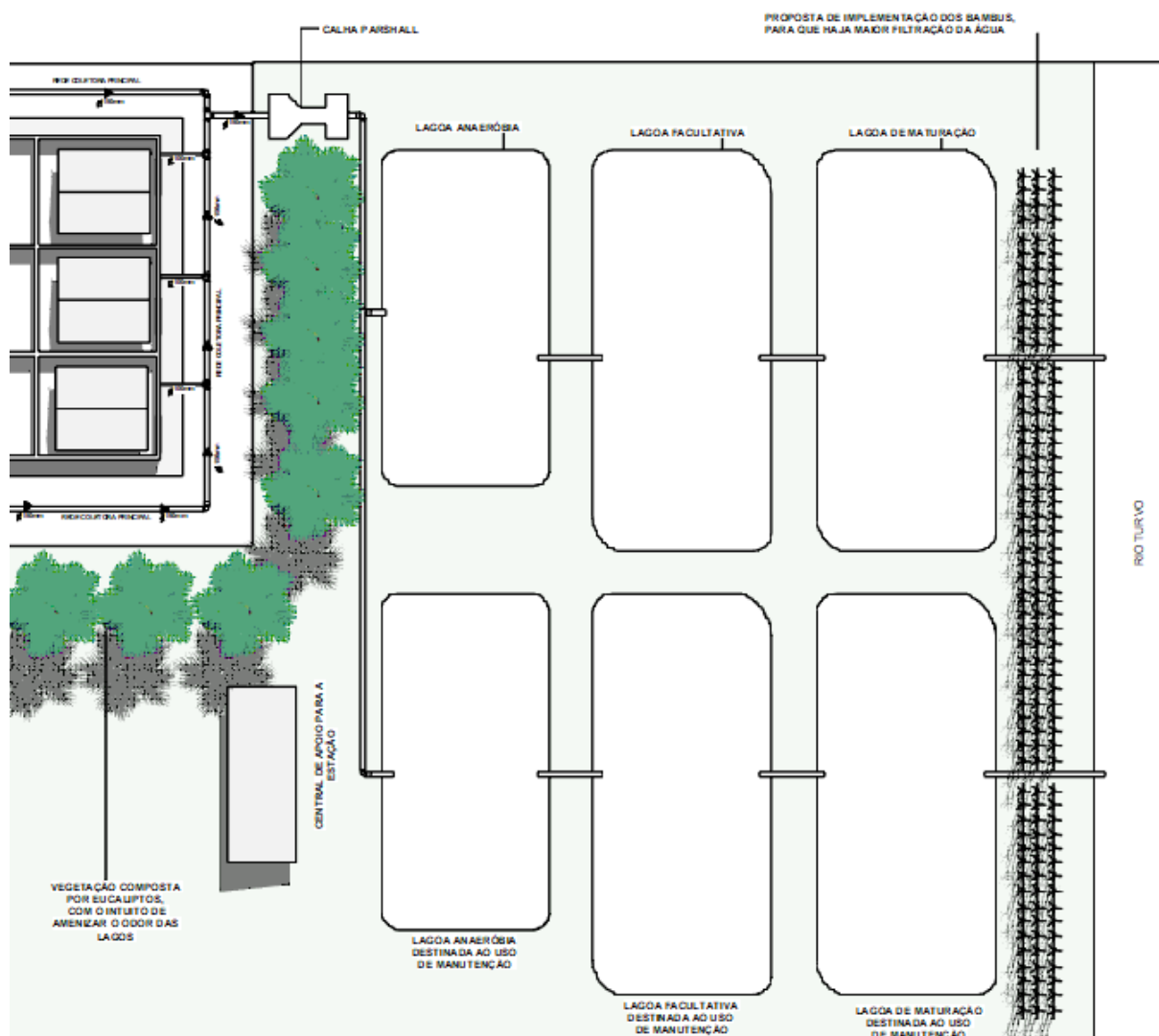


Figura 5 - Projeto da ETE do município de Adelândia.

Fonte: adaptada pelas autoras, 2023

6.1.DELIMITAÇÃO DA ÁREA DA ESTAÇÃO

A seleção de um local para a construção de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) é um processo importante que envolve considerações técnicas, ambientais, sociais e regulatórias. Existem diversos fatores importantes que foram considerados na escolha do local para a ETE de Adelândia, como a proximidade das fontes do esgoto, pois a estação foi estrategicamente localizada para garantir a coleta e o transporte eficientes dos esgotos sanitários até a estação. Com isso reduzindo os custos com o transporte e minimizou a necessidades de longas tubulações.

Outro ponto bastante importante foi a topografia do local, contando com a declividade do terreno, dessa maneira permitiu que haja uma melhor pressão de transporte dos efluentes. E com isso também

vale destacar que não será necessário o uso de bomba, pressurizador de água ou quaisquer outros equipamentos para bombear os despejos do esgoto devido ao nível da estação estar abaixo do nível de coleta.

A geologia do local também foi importante, pois o tipo de solo deve interferir no bom funcionamento da estação. Solos com boa capacidade de suporte são essenciais para garantir a estabilidade das estruturas da ETE, como tanques de tratamento, tubulações e edifícios. No caso do município essa foi uma boa característica pois a os perímetros da cidade é composta por um solo argiloso, e os solos arenosos e argilosos são compactados, dessa forma podem ser adequados. E além do mais a permeabilidade do solo é importante para permitir a drenagem adequada dos efluentes tratados, e com isso uma permeabilidade equilibrada evitando o acúmulo de água na superfície.

Abaixo está uma vista via satélite da localidade do município escolhida estrategicamente para a implantação da Estação de Tratamento do Esgoto.

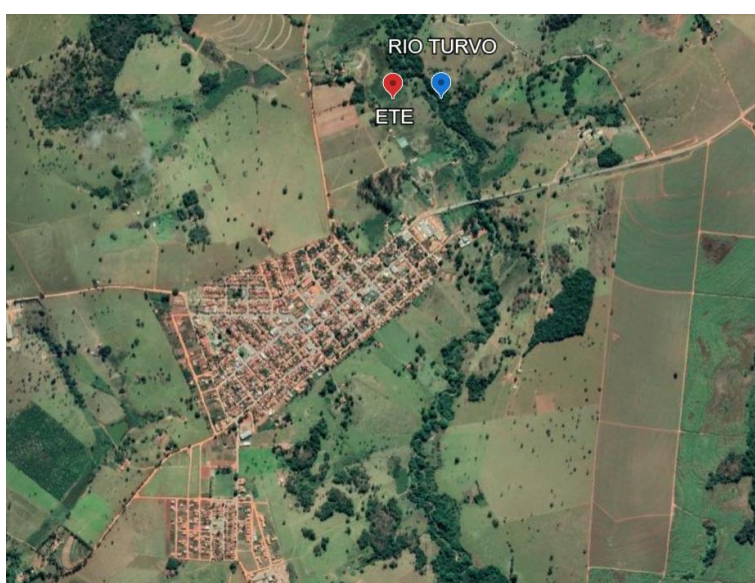


Figura 6 - Indicação da área de implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

Fonte: Google Earth (2023)

6.2.DISSCUSSÕES DE RESULTADOS

Devido as diversas evidências e pesquisas que comprovam que o tratamento biológico do esgoto sanitário de Adelândia será o melhor método para se aplicar na cidade. Tendo como base o tamanho demográfico da cidade, a quantidade de população, os parâmetros existentes, e a vazão necessária, sugerimos um sistema que realizará a captação do esgoto sanitário da cidade de forma separada, dentro do sistema separado absoluto, contando com coletores para águas pluviais, e outro coletor

para o esgoto residencial e industrial. Por conseguinte, a captação adequada de todo o esgoto, será encaminhado separadamente para iniciar o tratamento.

Antes de iniciar o tratamento da água coletada, necessita de medição, dessa forma a calha Parshall será responsável para medir o fluxo de líquidos, ela é uma estrutura simples, mas eficaz, que permite a medição precisa da vazão de água. Consiste em uma seção convergente seguida por uma seção divergente. A seção convergente é projetada para acelerar o fluxo de água, enquanto a seção divergente desacelera o fluxo. Isso cria uma restrição temporária no canal, resultando em um aumento temporário na altura da água na calha. A altura da água é então medida em relação a uma régua graduada na própria calha.

Para o dimensionamento da calha Parshall da estação foi necessário considerar a vazão máxima do esgoto da cidade, sendo a vazão de $751,10 \text{ m}^3/\text{dia}$, dessa forma a dimensão da calha foi de 77,4 cm de comprimento, 45,7 cm de altura, e o centro da calha que é a garganta medindo 2 polegadas.

Após ser feito a medição dos efluente, entra na primeira fase do tratamento anaeróbico, os efluentes residuais são direcionados para uma lagoa de estabilização anaeróbia. Nessa lagoa, a matéria orgânica presente no esgoto é decomposta por microrganismos anaeróbios, como bactérias e arqueias, que são capazes de quebrar as moléculas orgânicas complexas em substâncias mais simples na ausência de oxigênio. As bactérias anaeróbias decompõem e consomem a matéria orgânica presente no efluente, ao passo que liberam gases (principalmente metano e dióxido de carbono) e ácidos orgânicos.

Desta forma optou-se que o tempo de detenção deverá ser de 4 dias, pois trata-se de início de plano. A taxa de aplicação Volumétrica adotou-se $0,3 \text{ kg.DBO}/\text{m}^3$. Resultando em um volume de $75,11 \text{ m}^3$.

Para cálculo da lagoa facultativa, foram atribuídos os valores de DBO de entrada e da taxa de aplicação, citado por Von Spearling (1996), sendo: $\text{DBO} = 54 \text{ g/hab/dia}$ e taxa de aplicação de $180 \text{ Kg/DBO/ha/dia}$. Após adotar estes, calculou-se a carga afluente.

$\text{Carga afluente} = \text{DBO entrada} \times \text{vazão}$. Posteriormente ao cálculo da carga orgânica, calculou-se a área da lagoa. $\text{Área} = \text{Taxa de aplicação} / \text{Carga afluente}$. Com a área da lagoa calculada, foi calculado o volume total da lagoa facultativa, sendo adotada altura (h) de 4,50 metros).

A segunda fase constitui-se na lagoa facultativa. As lagoas facultativas são projetadas para promover uma redução adicional na concentração de matéria orgânica e patogênica. Diferentemente da lagoa anaeróbia, as lagoas facultativas têm algum contato com o oxigênio atmosférico. Isso ocorre porque

as lagoas facultativas são mais rasas e, portanto, permitem que uma pequena quantidade de oxigênio seja distribuída da atmosfera para a água. A exposição ao oxigênio ajuda na redução da concentração de patogênicos, como bactérias causadoras de doenças. Tendo em vista que nessa etapa ainda há uma permanência adicional da matéria orgânica residual que não foi degradada na lagoa anaeróbia, as bactérias presentes nas camadas aeróbias e anaeróbias continuam a quebrar e consumir a matéria orgânica, resultando em uma redução adicional da carga orgânica. É também nessa fase que ocorre a sedimentação de sólidos. Os sólidos mais pesados sedimentam até o fundo da lagoa, enquanto o efluente tratado permanece na superfície.

A terceira fase do tratamento de esgoto é a lagoa de maturação, que sucede a lagoa facultativa. A lagoa de maturação é projetada para melhorar ainda mais a qualidade do efluente tratado antes de sua liberação no meio ambiente. Esta etapa é importante para a remoção adicional de matéria orgânica e patogênica, resultando em um efluente mais limpo e seguro. A principal ênfase é a redução substancial da carga bacteriana. Devido ser uma lagoa mais rasa, permitindo que efluente entre em contato com a luz solar, ocorre o desencadeamento na redução de patogênicos, pois muitos micro-organismos patogênicos são sensíveis à radiação UV e são inativados durante o processo. Devido esse ambiente ter uma pouca concentração de matéria orgânica, que é provocada pela falta de alimento para as bactérias, o que resulta em eliminação das mesmas. Sendo assim, o objetivo da lagoa de maturação é melhorar a aparência estética do efluente, tornando-o mais claro e com menos odores.

Após passar pela lagoa de maturação, o efluente tratado está em um estado mais avançado de purificação e pode ser considerado mais seguro para liberação no meio ambiente. Em sequência do tratamento biológico implementamos os bambus como último sistema de tratamento da água. Pois o uso do bambu no tratamento de esgoto é uma prática que tem ganhado atenção devido suas propriedades naturais.

Os filtros de bambu para o tratamento de esgoto são uma abordagem sustentável e eficaz, utilizando as propriedades naturais do bambu para promover a depuração da água. Dessa forma de início fizemos a escolha adequada do bambu, sendo maduros, e sem nenhum uso de produtos químicos, pois poderia afetar na qualidade da água.

O comprimento dos bambus é de 1 a 2 metros de altura para iniciar o plantio, foi verificado a questão de espaço que essa plantação futuramente ocupará, e a garantia que haja espaço suficiente entre os tocos para permitir a passagem da água, mas não tão largo que os resíduos não sejam retidos. Dessa

maneira o filtro formado pelos bambus realizará o último processo de remoção das impurezas, finalizando o tratamento com uma alta porcentagem de limpeza, podendo chegar a 100%.

A água resultante desses tratamentos, também chamada de efluente tratado, passou por diversos processos de purificação para atender aos padrões de qualidade antes de ser liberada de volta ao meio ambiente. O efluente tratado deve atender a determinados critérios estabelecidos pelas autoridades reguladoras para garantir que não represente riscos à saúde humana ou ao ecossistema. A qualidade da água final de tratamento de esgoto pode variar dependendo do tipo de sistema de tratamento empregado e das características específicas do esgoto tratado. No entanto, o processo que foi utilizado para o tratamento do esgoto incluiu várias etapas para remover sólidos, matéria orgânica, nutrientes e patógenos, sendo um dos mais completos e eficientes.

E por fim é a descarga da água do esgoto tratada no Rio Turvo, esse lançamento é uma prática comum pois faz parte do ciclo natural da água e do gerenciamento de resíduos. O processo de tratamento de esgoto foi devidamente projetado para remover impurezas e poluentes, tornando a água tratada adequada para ser devolvida ao meio ambiente.

As descargas de água do esgoto tratadas em rios são regulamentadas por agências ambientais locais ou nacionais. Essas regulamentações estabelecem padrões específicos para vários parâmetros de qualidade da água, garantindo que a água liberada atenda a critérios ambientais e de saúde pública. Autoridades ambientais monitoram continuamente as descargas para garantir a conformidade com os padrões estabelecidos. Isso pode incluir análises químicas e biológicas da qualidade da água.

No estado de Goiás a AGR- Agência Goiana de Regulação, Controle, e Fiscalização de Serviços Públicos é a responsável em fiscalizar e regular os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, de forma que os municípios cumpram as exigências das leis e os serviços adequados a população. As leis estaduais que atualmente regem sobre esse aspecto são a Lei nº 19.453, de 16 de setembro de 2016 - Institui a Política Estadual de Saneamento Básico, a Resolução Normativa nº 088, de 19 de abril de 2017 - Dispõe sobre a política de religação de água dos serviços de abastecimento de água e/ou de esgotamento sanitário, e a Resolução Normativa nº 009, de 13 de fevereiro de 2014 - Estabelece as condições gerais na prestação e utilização dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Dentro dos requisitos normativos e dos parâmetros ambientais que abrangem o esgotamento sanitário o efluente tratado é destinado ao corpo receptor, que foi o Rio Turvo. Assim contribuindo

para que essa água seja lançada de volta em seu ciclo natural, e então contribuindo para o reuso potável.

7.CONCLUSÕES

Por esse viés, contando com todas as informações e dados apresentados nesse estudo, é possível evidenciar as necessidades que o município de Adelândia tem de colocar em pratica o projeto da implantação de uma Estação de Tratamento de Esgoto, uma vez que a saúde da população é diretamente afetada, a qualidade de vida e sem contar os diversos meios que afetam o meio ambiente do município.

Verificou-se também a deficiência em dados estatísticos e geográficos, bem como levantamentos topográficos, projeto da cidade, e levantamentos planialtimétricos da região. Levando em consideração essa escassez, tal situação poderá ser mais um empecilho como tantos outros que os gestores do município contam para a execução da obra. Outra dificuldade enfrentada pela cidade e por tantos outros municípios com um pequeno número de habitantes e baixa atividade econômica, é a falta de recursos financeiros, e por subsequência a falta de profissionais e empresas capacitadas para a elaboração e a implantação do sistema.

De acordo com (SOUZA, 2010) os diversos Órgãos do Governo Federal destinados a realizar financiamentos, incluindo a FUNASA- Fundação Nacional de Saúde que é o órgão executivo do Ministério da Saúde originado para a inclusão do saneamento básico e responsável por financiamentos de obras de esgotamento sanitários tem como principal empecilho a falta de documentação em pequenas cidades que são exigidas para a sua execução.

O sistema proposto para o município, além de ser de baixo custo na construção, para sua manutenção não necessita de pessoas com mão de obra qualificada.

Por fim, apesar de todas as adversidades de Adelândia, espera-se que o projeto seja colocado em prática e que o município viabilize a implantação do sistema de esgotamento proposto.

BIBLIOGRAFIA

- ALEM SOBRINHO, P.; TSUTIYA, M. T. Coleta e transporte de esgoto sanitário. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9649: Projeto de Redes Coletoras de Esgoto. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 1968.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro. 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro. 2011.
- GOIÁS. Lei N° 10.396, de 30 de dezembro de 1987. Dispõe sobre a criação do Município de Adelândia e dá outras providências, Goiânia, GO, 1987.
- HAMPE, R. F. O desafio de pequenos municípios constituírem projetos de implantação de esgotos sanitários: Estudo de caso do município de Liberato Salzano. Trabalho de conclusão de curso da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Acesso em: 30 mar. 2023.
- INSTITUTO MAURO BORGES - IMB. Índice de Desempenho dos Municípios Goianos, Goiânia, GO, 2012. Disponível em: www.imb.go.gov.br.
- INSTITUTO TRATA BRASIL, 2021.
- JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 6. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.
- NERVIS, I. R. Viabilidade de Implantação de um Sistema de Esgotamento Sanitário no município de Santa Maria do Oeste - PR. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava. 2019.
- NETO, A. C. Avaliação de processo de lodos ativados por batelada seguido de tratamento terciário com ênfase na remoção de matéria orgânica e na sedimentabilidade do lodo. Dissertação: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2016.
- PERA, A. F. Generalidades, Esgotos: classificação e composição dos líquidos a esgotar. Resíduos Industriais. Política de Recebimento. Projetos de Sistemas de Esgotos Sanitários, São Paulo, 1971.
- SANTOS, P. R. Lagoas de estabilização: solução para o tratamento de esgotos domiciliares. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de São Francisco. Itatiba. 2007.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/painel>.
- SOARES, S. P. S. Estudo sobre o tratamento anaeróbico de águas residuais urbanas em reator de leito de lamas de fluxo ascendente em piloto. Dissertação: Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto. 2014.

SPÍNOLA, A. L. G. Biofilmes aeróbicos para remoção de nitrogênio em células de fluxo, submetidos a diferentes velocidades superficiais e taxas de carregamento. Dissertação: Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2009.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Principios do tratamento biológico de águas residuárias, Belo Horizonte, v. 1, 2005.

Capítulo 3



10.37423/231108448

QUALIDADE SANITÁRIA DA ÁGUA DE REÚSO DESTINADA À AGRICULTURA: PARÂMETROS INTERNACIONAIS E NACIONAIS

Natasha Berendonk Handam

*Escola Nacional de Saúde Pública Sergio
Arouca - Fundação Oswaldo Cruz*

Adriana Sotero-Martins

*Escola Nacional de Saúde Pública Sergio
Arouca - Fundação Oswaldo Cruz*

Elvira Carvajal

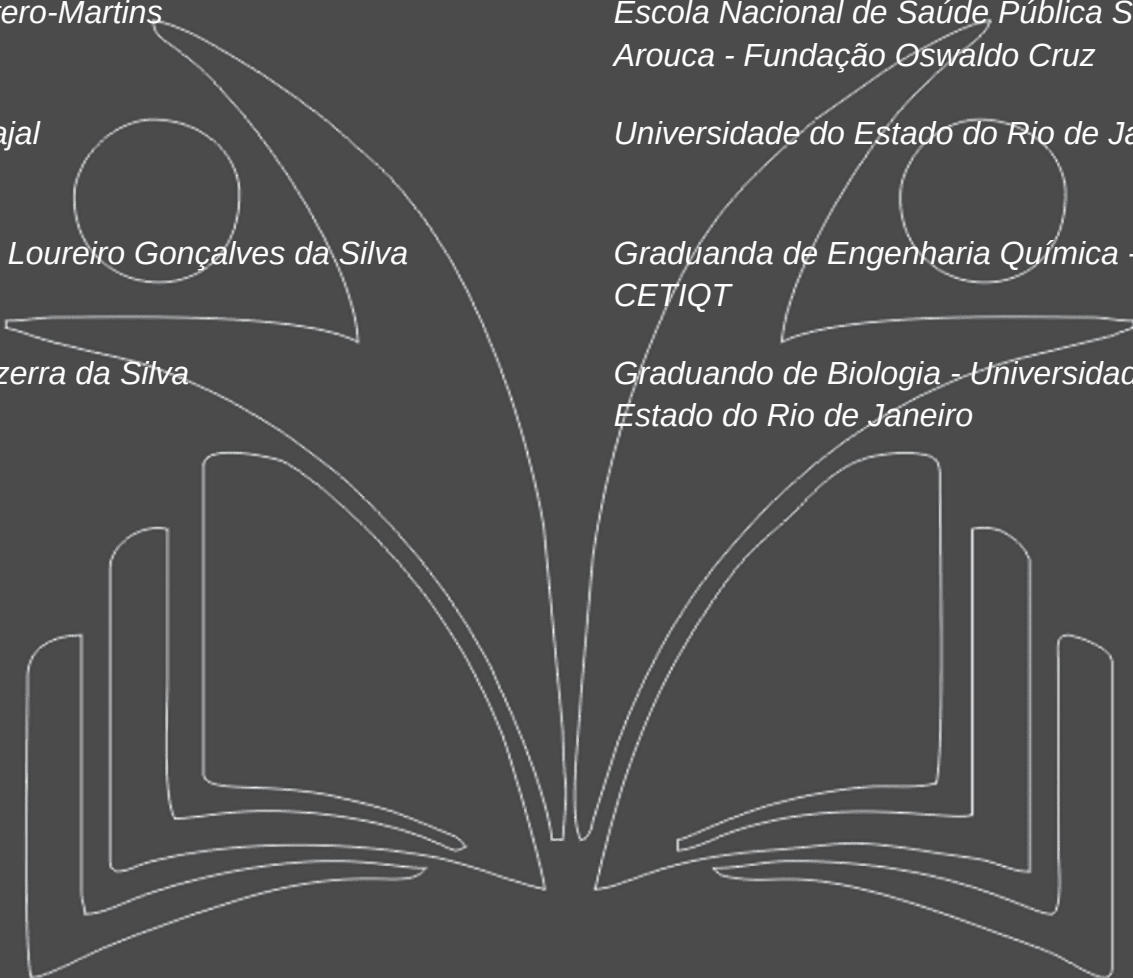
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Ana Beatriz Loureiro Gonçalves da Silva

*Graduanda de Engenharia Química - Senai
CETIQT*

Rodrigo Bezerra da Silva

*Graduando de Biologia - Universidade do
Estado do Rio de Janeiro*



Resumo: A água de reúso é cada vez mais requisitada por agricultores no mundo inteiro, mas não há uma legislação no Brasil que contenha todos os parâmetros para sua avaliação de qualidade. O trabalho teve como objetivo identificar os parâmetros internacionais de qualidade de água de reúso para a agricultura, comparando com os descritos nas normativas brasileiras. Como metodologia foi feita a identificação dos parâmetros de qualidade das principais normativas sobre água de reúso para a agricultura no Mundo que são das instituições *U.S. Environmental Protection Agency* e *World Health Organization* e foram comparadas com os parâmetros estabelecidos nas normativas brasileiras. Além disso foram consultadas as bases de dados Google acadêmico e Scielo para encontrar artigos e documentos sobre o assunto. Os principais resultados mostraram que há uma defasagem entre as normativas do Brasil em relação as legislações internacionais se tratando de parâmetros físico-químicos e biológicos para a avaliação da qualidade do reúso agrícola. O estudo sugere que há uma grande necessidade da criação de legislação a nível nacional para o reúso agrícola no Brasil, tendo em vista que o sistema brasileiro quanto ao controle de poluentes hídricos e aproveitamento de águas residuais ainda encontra-se em estágios iniciais comparado à níveis internacionais.

Palavras-chave: Normativas; Recursos Hídricos; Saúde Ambiental; Reúso Agrícola

INTRODUÇÃO

Em meio à escassez de água doce em diversas regiões no Brasil e no mundo, a água de reúso, esta resultante da reutilização de águas provenientes de efluentes tratados (MOURA et al., 2020; MORAIS et al., 2016), se torna uma fonte alternativa de água, por exemplo, para a agricultura (HANDAM et al., 2022; MANCUSO e SANTOS, 2013). Esta é a atividade que mais consome água doce no mundo, cerca de 70% (WHO, 2013). A utilização de água de reúso na agricultura pode trazer benefícios como nutrientes e água, favorecendo o crescimento de plantas e reduzindo o uso de fertilizantes artificiais (EPA, 2012). No entanto, a água de reúso deve ser bem gerenciada e com qualidade adequada, para que não ofereça riscos à saúde humana e ambiental (HANDAM et al., 2022; WHO, 2006).

No Brasil ainda não há uma legislação federal que estabeleça os critérios e parâmetros para avaliação da qualidade da água de reúso para a agricultura, apenas normativas de alguns estados brasileiros (HANDAM et al., 2021; MOURA et al., 2020). Internacionalmente, existem normatizações como da *U.S. Environmental Protection Agency* (EPA) de 2012, e da *World Health Organization* (WHO) de 2006, que tratam de forma mais completa sobre água de reúso para agricultura com parâmetros físico-químicos e biológicos, de modo que esta água se torne mais segura para aqueles que a utilizam.

Objetiva-se com o trabalho identificar os parâmetros internacionais de qualidade de água de reúso para a agricultura, comparando com os descritos nas normativas brasileiras.

METODOLOGIA

Caracterizou-se como um estudo descritivo, com fonte de dados documentais. Buscando pela coleta de dados mais ampla possível das normativas, optou-se pela pesquisa de informações na base de dados eletrônica Google acadêmico. Utilizou-se descritores da língua portuguesa: “água de reúso AND agricultura” e “reúso agrícola”, tendo como sinônimo “uso de águas residuais”. E os equivalentes na língua inglesa, “Water reuse AND agriculture” e “Greywater reuse”. Para os critérios de elegibilidade utilizados para inclusão de normativas foram adotadas publicações nos últimos 22 anos.

Para realizar esse estudo foram comparados somente os parâmetros que estão estabelecidos nas normativas brasileiras, e assim foi feita a comparação com as internacionais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas e escolhidas para o presente estudo, as normatizações internacionais “*Guidelines for Water Reuse*” (EPA, 2012), e “*Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*”

(WHO, 2006), pois são as principais no mundo que possuem mais parâmetros de qualidade de água de reúso para agricultura. No Brasil foram verificadas as normativas nacionais que possuem parâmetros de qualidade para reúso agrícola, que estão citadas na presente sessão de resultados e discussão.

Quanto aos parâmetros microbiológicos, a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 13969/97 (ABNT, 1997), trata na classe 4 sobre o reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. A norma determina que o limite de coliformes termotolerantes deve ser inferior a 5.000 /100 mL. Outra normativa é a Resolução Estadual do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH) da Bahia nº 75 de 2010 (BAHIA, 2010), que determina um valor limite de coliformes termotolerantes de 1.000/100 mL para categoria A (Irrigação, inclusive hidroponia, de qualquer cultura incluindo produtos alimentícios consumidos crus), e de 10.000/100 mL para irrigação por gotejamento; e de 10.000/100 mL de coliformes termotolerantes para categoria B (Irrigação, inclusive hidroponia, de produtos alimentícios não consumidos crus, produtos não alimentícios, forrageiras, pastagens, árvores, cultivos usados em revegetação e recuperação de áreas degradadas). Existe também no Brasil a Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) do Ceará nº 2 de 02 de fevereiro de 2017 (CEARÁ, 2017). Esta determina que deve ter ausência de coliformes termotolerantes em culturas a serem consumidas cruas cuja parte consumida tenha contato direto com a água de irrigação. Para as demais culturas a água deve conter até 1.000 /100 mL de coliformes totais. A lei também trata de ovos de geohelmintos em culturas a serem consumidas cruas em contato direto com a água de irrigação, devendo ter ausência de ovos, mas as demais formas podem até 1 ovo geohelmintos/L de amostra de água de reúso.

Segundo EPA (2012), a água deve ter concentração de coliformes termotolerantes de até 200/100 mL, e na irrigação de cultivos por aspersão deve ter ausência de coliformes termotolerantes. Em WHO (2006) os parâmetros biológicos de qualidade são: Irrigação de culturas que são ingeridas cruas, campos esportivos e parques públicos devem ter ≤ 1 ovo de nematóide/L e ≤ 1000 Coliformes termotolerantes/100mL; Irrigação de culturas cerealíferas, a serem industrializadas, forragens, pastagens e arbóreas devem ter ≤ 1 ovo de nematóide/L. Foi verificado que os níveis de coliformes termotolerantes das normativas brasileiras citadas estão acima do nível determinado pela EPA (2012). Em relação a normativa de WHO (2006), a lei da Bahia possui os mesmos valores de coliformes, e a lei

do Ceará determina valores mais restritivos. Já a norma da ABNT 13969/97 recomenda valor limite acima do determinado pelas normativas internacionais.

Quanto aos parâmetros físico-químicos, segundo a Resolução Estadual nº 75 de 2010 (BAHIA, 2010), o valor para condutividade elétrica é até 3,0 dS/m e na Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) nº 2 de 02 de fevereiro de 2017 (CEARÁ, 2017) o valor é até 3000 dS/cm. Enquanto que na normativa EPA (2012), bem como WHO (2006) para condutividade elétrica, os valores abaixo de 0,7 dS/m não possuem riscos, de 0,7 dS/m até 3,0 dS/m é moderado e valores >3 dS/m são de alto risco. A Resolução Estadual da Bahia 75/2010, permite um limite de condutividade elétrica considerado moderado para a EPA e WHO, e a Resolução do COEMA 2/2017 possui um limite mais elevado do que o permitido pelas leis internacionais (HANDAM et al, 2021).

Existem outros parâmetros físico-químicos para reúso agrícola no Brasil, que estão estabelecidos na Resolução Estadual nº 75 de 2010 (BAHIA, 2010), que são cloreto com faixa limite de 100 a 350 meq/L; Fluoreto deve ser até 1,00 mg/L; e Chumbo até 5,00 mg/L. De acordo com EPA (2012), o cloreto em irrigação de superfície para valores < 4 meq/L não apresentam riscos, de 4 a 10 meq/l o risco é moderado e >10 meq/l o risco é alto; para irrigação por aspersão valores abaixo de 3 meq/l não apresentam riscos e acima de 3 meq/l o risco é moderado; Fluoreto até 5,00 mg/L; Chumbo até 1,00 mg/L.

Segundo WHO (2006), o cloreto nas irrigações em superfície para valores < 3 meq/l não apresentam riscos, e > 3 meq/l apresentam um risco de leve a moderado; Chumbo apresenta valor limite de 5 mg/l; e Fluoreto de até 1 mg/l.

Verifica-se que os níveis de fluoreto e de chumbo determinados na Resolução Estadual nº 75 de 2010, normativa existente brasileira para reúso agrícola, está similar aos limites permitidos pelas diretrizes de WHO (2006). Enquanto que o parâmetro cloreto da normativa brasileira se encontra mais alto do que o limite recomendado pelas referidas leis internacionais, sendo considerado o valor limite como risco alto para a saúde (HANDAM et al, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A baixa maturidade do sistema brasileiro quanto ao controle de poluentes hídricos e aproveitamento de águas residuais leva a crer na necessidade da criação de legislações a nível nacional para o reúso agrícola contendo a origem da água, padrões de qualidade sanitária, parâmetros físico-químicos e biológicos e formas de tratamento para sua produção, bem como ocorre nas legislações internacionais

que estão mais avançadas no que tange à qualidade dos corpos hídricos evitando danos à saúde humana e ambiental.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ pelo financiamento da bolsa PIBIC; ENSP/FIOCRUZ; e ao IBRAG/UERJ.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.969 de 30 de outubro de 1997. Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Rio de Janeiro, out. 1997. 60p.
- BAHIA (Estado). Resolução CONERH nº 75 de 29 de julho de 2010. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para prática de reúso direto não potável de água. Bahia, Diário oficial, ago. 2010.
- BRASIL. Projeto de Lei do Senado nº 58, de 2016. Disciplina o abastecimento de água por fontes alternativas, altera as Leis nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, nº 10.257, de 10 de julho de 2001, nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e nº 9.433/2016, de 8 de janeiro de 1997. 2016.
- CEARÁ (Estado). Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) nº 2, de 02 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. Ceará, fev. 2017.
- EPA - U.S. Environmental Protection Agency. Guidelines for water reuse. Washington D.C., Estados Unidos. U.S. Agency for International Development. 2012.
- HANDAM, N. B. et al. Sanitary quality of reused water for irrigation in agriculture in Brazil. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 17, n. 3, p. 1–11, 25 maio 2022.
- HANDAM, N. B. et al. Agricultural reuse: comparison between Brazilian and international quality standards. *International Journal of Hydrology*, v. 5, n. 1, p. 28–31, 8 fev. 2021.
- MANCUSO, P. C. S.; SANTOS H. F. Reúso de Água. Barueri, SP: Manole, 2013.
- MORAIS, M. A. et al. Contaminação microbiológica no perfil do solo por águas residuárias. *Holos*, v. 3, p. 76, 23 jun. 2016.
- MOURA, P. G. et al. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 25, n. 6, p. 791–808, dez. 2020.
- WHO - World Health Organization. Water Security & the Global Water. Agenda AUN-Water Analytical Brief. Canada, 2013. (Report of a WHO meeting of experts). Disponível em: <<http://whqlibdoc.who.int/publications/9241545747.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2021, 20:13:32.
- WHO - World Health Organization. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Vol. 2. Geneva, Suíça. 2006.

Capítulo 4



10.37423/231108457

PROBLEMÁTICA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO NO LOBITO(ANGOLA)

Bernardo Hamuyela Luciano

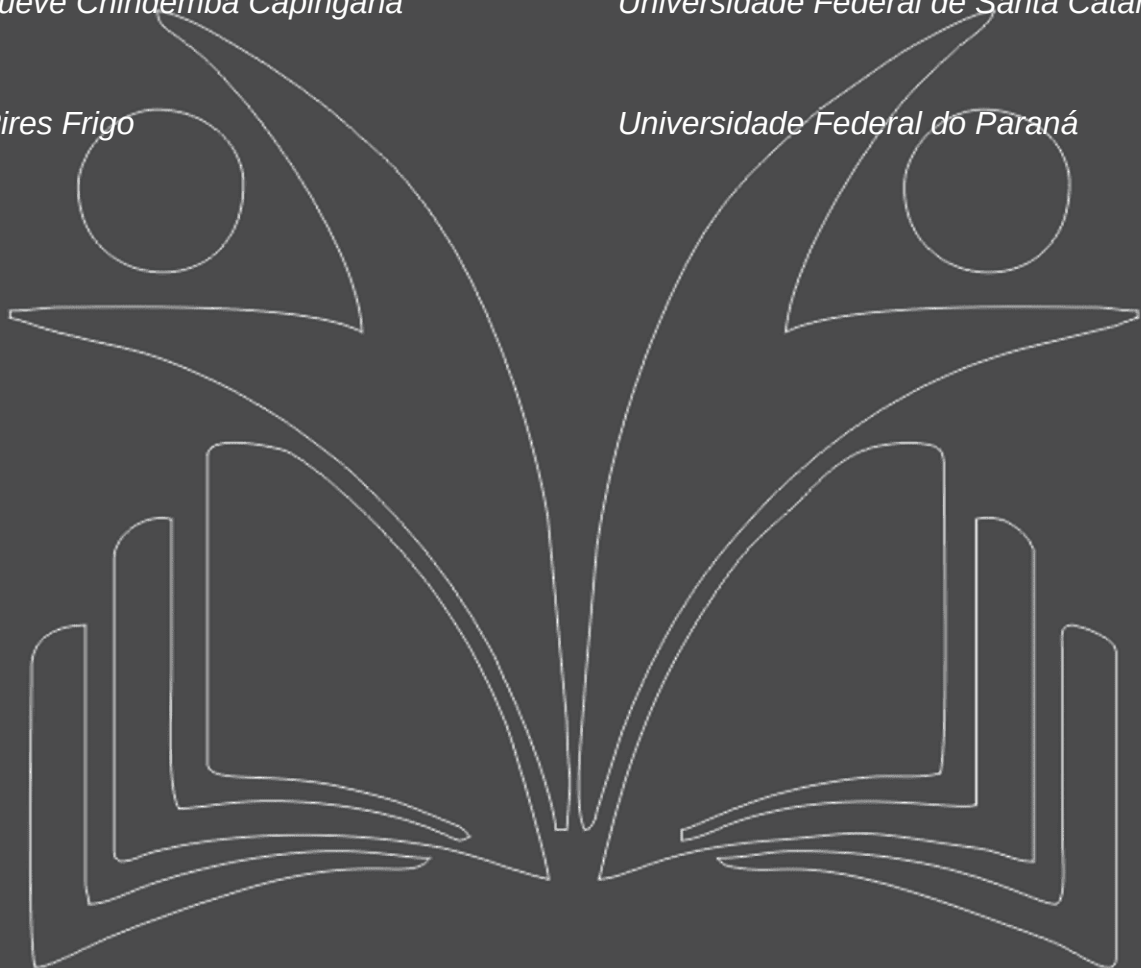
Universidade Federal do Paraná

Isoldina Ngueve Chindemba Capingana

Universidade Federal de Santa Catarina

Elisandro Pires Frigo

Universidade Federal do Paraná



Resumo: Angola possui um enorme potencial hídrico em África, porém, o problema do acesso à água potável é bastante evidente, a água e o saneamento básico constituem dois dos maiores problemas públicos e sociais em Angola. O presente trabalho visa caracterizar os indicadores da qualidade de água abastecida no Município do Lobito. Trata-se de um estudo de natureza exploratória e descritiva com abordagem qualitativa envolvendo revisão bibliográfica, pesquisa de campo e documental. Conforme os dados obtidos durante o período de pesquisa, houve uma variação da qualidade água, apresentando uma alta em alguns parâmetros de qualidade como: turbidez; alcalinidade; concentração de dióxido e concentração de bicarbonato. Apesar disto, a média anual dos parâmetros de qualidade da água distribuída na cidade, encontra-se dentro dos padrões de qualidade recomendados pela Organização Mundial da Saúde. As irregularidades no abastecimento de água na cidade e a falta de acesso à rede pública de abastecimento em alguns bairros, levam a população na procura por outras fontes alternativas e inseguras de abastecimento de água, e às vezes, sem o devido tratamento, o que implica um risco à saúde dos consumidores.

Palavras-chave: Abastecimento de água. Qualidade da água. Lobito. Angola. Água.

O homem sempre se preocupou com a problemática da obtenção da qualidade da água e em quantidade suficiente ao seu consumo desde muito cedo, pois ela impacta diretamente na manutenção da vida no planeta.

A água é um recurso natural essencial para a existência da vida no nosso planeta. Está presente em todos os seres vivos, sendo fundamental para o funcionamento do corpo humano, para a saúde, os alimentos, o desenvolvimento econômico e para o meio ambiente sustentável (ALMEIDA, 2010). É um elemento fundamental e indispensável para a sobrevivência não apenas para os seres humanos, mas de todos os seres vivos em geral. Por isso deve ser obtida por meio de fontes de abastecimentos em que se pode confiar, quando destinada ao consumo humano (LISBOA; SOUSA, et al., 2021). Além disso, a água desempenha um papel importante na manutenção dos ecossistemas, controle do clima e preservação da biodiversidade.

Além de ser um elemento vital, este recurso é um importante componente social, político e econômico para as sociedades e, como recurso utilizável, é um fator estratégico, finito na sua capacidade de uso e aproveitamento e indispensável para áreas rurais e urbanas (TRINDADE; SCHEIBE, 2019; COPPETTI, 2022).

Mesmo diante de tamanha importância, estima-se segundo dados do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) e da Organização Mundial da Saúde (OMS) que existem no mundo, aproximadamente, dois bilhões de pessoas que não dispõem do acesso seguro à água com condições mínimas para o consumo (COSTA, MELLO, 2021).

O crescimento populacional, a urbanização, a poluição e os efeitos das mudanças climáticas estão afetando cada vez mais a disponibilidade e a qualidade da água. Estima-se que até 2050 a demanda de água aumentará 55 % em relação a 2000 (AHMUCH; ROMANO, 2019).

A Assembleia Geral das Nações Unidas reconheceu internacionalmente em julho de 2010, a água como um direito humano, na resolução A/RES/64/292, que dispunha sobre o Direito Humano à Água e ao Esgotamento Sanitário (ONU, 2010; FORTES, 2018). Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a água está no centro dos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), diz respeito à promessa central do Objetivo 6 da Agenda 2030 para o Desenvolvimento, que defende o acesso universal e equitativo à água potável e ao saneamento até 2030.

Para a Organização Mundial da Saúde (OMS), a baixa qualidade da água constitui uma grande ameaça para a saúde humana. O alto índice de internamento nos hospitais por doenças que tem como via de

transmissão a água. O que poderia ser reduzido caso houvesse um adequado saneamento básico e conscientização da população em relação à preservação das águas superficiais e subterrâneas, de forma a disponibilizar água com qualidade a toda população (Macêdo, 2007).

Angola tem um potencial hídrico muito significativo na África Subsaariana. Porém, ainda assim, existem desigualdades no país no que diz respeito ao acesso à água potável. Os níveis de acesso nas áreas rurais continuam muito baixos em relação às áreas urbanas, o desempenho do saneamento e higiene é muito mais fraco do que o abastecimento de água cuja consequência são os casos de doenças e mortes pelo consumo de água contaminada e pela falta de saneamento (TYILIANGA, 2017). Para José (2017), a inadequação do financiamento para investimentos em água, saneamento e instalações, são as principais causas do mal desempenho deste setor.

Segundo dados do Censo de 2014, o acesso à água apropriada para beber em Angola abrange apenas 44% da população, e o acesso ao saneamento apropriado abrange 60% dos mesmos e 70% das famílias angolanas despejam os resíduos sólidos ao ar livre (INE, 2019). Muitas regiões do país enfrentam escassez da água, devido a fatores como mudanças climáticas, desertificação, poluição e falta de infraestrutura para o abastecimento da água potável.

É importante pontuar que nos locais onde não existem sistemas de abastecimento de água (SAA), a população recorre a outras formas de abastecimento, o que têm implicações negativas para a saúde da população que consome a água com qualidade duvidosa (DARONCO, 2021, p. 19).

A água tem fundamental importância para a manutenção da vida no nosso planeta, portanto, falar da relevância dos conhecimentos sobre a água, em suas diversas dimensões, é falar da sobrevivência da espécie humana, da conservação e do equilíbrio da biodiversidade e das relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais (BACCI; PATACA, 2008).

Tratando-se de uma temática que tem um impacto direto na saúde e qualidade de vida, da necessidade de promover o acesso à água potável para a população, gerida de forma segura, visto que a sua falta, pode resultar na busca por soluções alternativas e inseguras de abastecimento de água, e às vezes, sem o devido tratamento, o que implica um risco à saúde dos consumidores.

Além de sua relevância acadêmica, o presente estudo atende a uma necessidade social país, pois as questões de água e saneamento constituem, dos mais graves problemas que Angola enfrenta. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo: Caracterizar os indicadores da qualidade da água abastecida no Municípios do Lobito.

1.1 QUALIDADE DA ÁGUA PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO

O conceito de qualidade da água é muito mais amplo do que simples caracterização da água pela fórmula molecular H_2O . Isto porque a água, devido às suas propriedades de solvente e sua capacidade de transportar partículas, incorpora dentro de si diversas impurezas, que definem a sua qualidade (SPERLING, 2005, p. 15).

A qualidade desejável da água está relacionada com o uso que dela se faz, por exemplo, uma água de qualidade adequada, para geração hidrelétrica ou para navegação pode não ter qualidade adequada para o consumo doméstico. Dentre os variados usos previstos para a água, o abastecimento humano é apontado como o uso mais nobre (FORTES, 2018). A partir da descoberta de John Snow em 1855, sobre a relação existente entre consumo de água contaminada e a incidência de cólera em Londres, as ações de manutenção da potabilidade da água se tornaram prioritárias no contexto da Saúde Pública. O uso da água para abastecimento é feito desde então, por intermédio de um tratamento prévio para atendimento de requisitos mínimos de qualidade e segurança para o consumo (FORTES, 2018).

A água para o abastecimento público de ser isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde; isenta de organismos prejudiciais à saúde; baixa agressividade e dureza; esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor) e adequada para serviços domésticos (SPERLING, 2005, p. 46).

A potabilidade da água é avaliada por intermédio de certas análises laboratoriais. Essas análises correspondem a características (Quadro 1) físico-químicos (cor, turbidez, condutividade elétrica, temperatura, pH, alcalinidade, dureza total etc.) e métodos microbiológicos, como coliformes totais e termotolerantes, e bactérias mesófilas aeróbias (XAVIER; QUADROS; et al., 2022). Essas características permitem a avaliação da qualidade da água e são designadas como parâmetros nos padrões de potabilidade estabelecidos por órgãos governamentais (LISBOA; SOUSA, et al., 2021).

As formas de determinar a segurança da água potável são comumente definidas por normas nacionais ou locais. As orientações da Organização Mundial da Saúde (OMS) para a qualidade da água potável servem como base para o desenvolvimento de normas que, se forem corretamente implementadas, permitirão a segurança da água potável (ONU, 2010 apud JOSÉ, 2017).

QUADRO 1: CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE DA ÁGUA

Físicas	Químicas	Biológicas
Turbidez	pH	Bactérias coliformes
Cor	Alcalinidade	Comunidades hidrobiológicas
Sabor e odor	Dureza	Microrganismos de importância sanitária
Temperatura	Acidez	
Sólidos	Oxigênio dissolvido	
Condutividade elétrica	Demandas química (DQO) e bioquímica de oxigênio (DBO)	
	Série nitrogenada	
	Fósforo	
	Ferro e manganês	
	Micropoluentes	

FONTE: O autor adaptado de Funasa, (2014), Xavier Quadros; et al., (2022).

A noção de potabilidade é considerada como um conceito universal, entretanto, as normas e os padrões de potabilidade variam entre os países (FORTES, 2018). Entre 1950 e 1970, a OMS divulgou as “Normas Internacionais para Água Potável”, que estabeleceram padrões mínimos de qualidade para a água potável, e determinaram os métodos adequados para a sua análise. Que serviram como base para o monitoramento da qualidade da água produzida e distribuída nos sistemas de abastecimento de água, em todo o mundo (MORENO, 2009, p. 2). Esta estratégia foi adotada pela OMS para estimular os países a melhorarem a qualidade da água distribuída para o consumo.

Os limites recomendados pela OMS nas normas, não eram valores obrigatórios para estabelecer limites dos padrões de todo mundo, cada país teria que considerar esses valores, dentro do contexto das condições locais ou nacionais além dos aspectos ambiental, social, cultural econômicos e tecnológicos, que juntos podem refletir na viabilidade de aplicação das normas (PINTO, 2006; MORENO, 2009).

Muitas normas vêm sendo criadas com o objetivo de garantir às futuras gerações a disponibilidade de água em padrões adequados aos diferentes usos e à manutenção de uma boa qualidade de vida. (FLECK; TAVARES; EYNG, 2013; FREITAS; FREITAS, 2005; FORTES, 2018). As últimas Diretrizes para a Qualidade da Água Potável da OMS, foi publicado em 2011 e reeditado em 2017, ela estabelece, os padrões microbiológicos, químicos, radioativos, organolépticos e indica também metas de proteção à saúde das populações.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O processo metodológico da pesquisa é um conjunto de etapas organizadas para chegar à determinada conclusão, utilizando métodos em forma de passos para facilitar a realização do estudo e permitir que ele alcance o objetivo da pesquisa. (ARAGÃO; NETA, 2017).

Trata-se de uma pesquisa de natureza exploratória e descritiva com abordagem qualitativa envolvendo revisão bibliográfica, pesquisa de campo e documental.

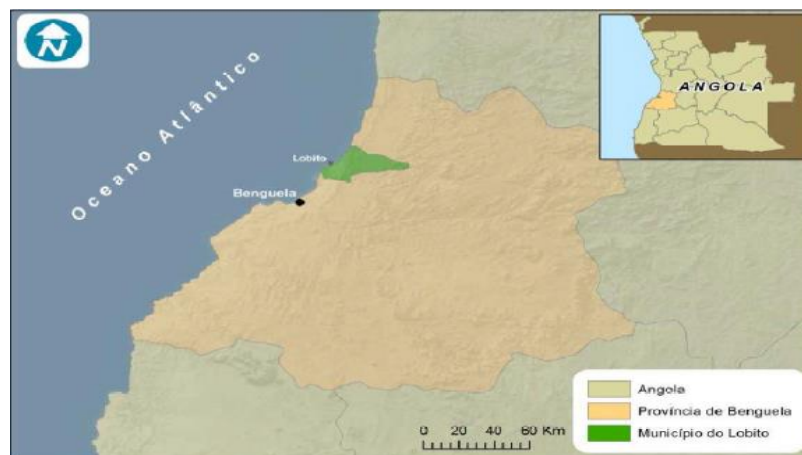
Primeiramente fez-se uma revisão bibliográfica por meio da literatura científica, periódicos, livros, artigos, dissertações e teses que relataram dados relacionados ao tema da pesquisa. Bem como busca por documentos administrativos, legislativos, publicações institucionais de organizações internacionais e nacionais, governamentais e não governamentais relacionados ao objeto de pesquisa, a fim de conhecer e caracterizar o Sistema de Abastecimento de Água em Angola, sobretudo sobre a qualidade da água para o abastecimento público no Município do Lobito.

Fez-se, também, uma busca documental local, que considerou as principais instituições, nacionais, envolvidas com o setor dos recursos hídricos da cidade do Lobito.

Em seguida, foram feitas visitas para pesquisa de campo na estação de tratamento de água da Empresa Provincial de Água e Saneamento de Benguela (EPASB), durante o mês de dezembro de 2022, a fim de observar e constatar a realidade do tratamento e monitoramento da qualidade de água, bem como a recolha de dados sobre os parâmetros de qualidade da água para o abastecimento do Lobito.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DO LOBITO

O Município do Lobito é uma cidade localizada na província de Benguela, na região litorânea centro do território Angolano (Figura 6), com uma distância de cerca de 540 km da capital do país (Luanda), e 30 km de Benguela, a sede da província. É a segunda maior cidade e o segundo município mais populoso da província de Benguela, de acordo com as projeções do Instituto Nacional de Estatística (INE) com base nos dados do censo de 2014, com cerca de 496 835 habitantes e com uma população maioritariamente jovem, com uma densidade demográfica de 221 hab./km² e uma área territorial de 3 648 Km². Faz fronteira ao norte com o município do Sumbe, ao leste com o município do Bocoio, ao sul com o município de Catumbela e ao oeste com o oceano Atlântico.

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DO LOBITO**FONTE:** Cavita, 2011

A cidade do Lobito foi fundada em 1843 como um entreposto comercial, que foi rapidamente desenvolvido como porto exportador de produtos, como o café, algodão e minério de cobre de Katanga, na atual República Democrática do Congo. Em 1905, foi inaugurada a Companhia dos Caminhos de Ferro de Benguela, que conectou o Lobito a Katanga e ao centro de Angola, tornando-se em uma rota importante de transporte para mercadorias e pessoas. A origem do seu nome deriva da palavra Olupitu que na língua local (Umbundu), significa a “porta, a passagem que as caravanas dos comerciantes, ao descer dos morros vindos do interior, percorriam antes de atingirem a praça comercial da Catumbela”. Assim como outras palavras e nomes em Umbundu, a expressão foi adaptada para a Língua Portuguesa perdendo a sua originalidade, e hoje é conhecida como Lobito.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da qualidade da água para o abastecimento público do município do Lobito, é feita por meio metodologias de análises físico-químicas e microbiológicas, desenvolvidas no laboratório da Estação de Tratamento de Água (ETA-Luongo) da Empresa Provincial de Água e Saneamento de Benguela. Com objetivo de monitorar e garantir a qualidade da água distribuída à população.

FIGURA 12: ETA-LUONGO**FONTE: EPASB 2020**

As amostras de água são coletadas nas redes de distribuição do município e nos bairros, para avaliar a sua qualidade, por meio de análises, usando como indicadores de qualidade conforme a tabela 1. Os resultados obtidos são de cada parâmetro analisados estão apresentados a seguir. Esses resultados são comparados com os parâmetros das normas recomendadas pela Organização Mundial da Saúde (OMS), para avaliar a portabilidade da água. Para este estudo considerou-se as análises das amostras de água coletada na rede de distribuição de água do município do Lobito (CD Lobito) entre 03 a 31 de dezembro de 2022.

TABELA 1: INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA O ABASTECIMENTO NO LOBITO

Parâmetros	
Físico-químicos	Microbiológicos
Cor	Coliformes Totais
Cheiro	Coliformes Fecais
Salinidade	
Turbidez	
pH	
Condutividade elétrica	
Sólidos dissolvidos totais (TDS)	
Dureza	
Cálcio	
Magnésio	
Alcalinidade	
CO ₂	
Bicarbonato	
Cloro residual livre	
Temperatura	

FONTE: O Autor com dados da pesquisa, 2022.

3.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

CHEIRO

O cheiro resulta de causas naturais (algas; vegetação em decomposição; bactérias; fungos; compostos orgânicos, tais como gás sulfídrico, sulfatos) e pelas ações antrópicas, (esgotos domésticos e industriais). O padrão de potabilidade da água recomendada pela OMS que seja inodora (Nulo). Dados dos resultados da análise apresentou-se dentro dos padrões da OMS (Tabela 2).

TABELA 2: RESULTADO DA ANÁLISE DO CHEIRO

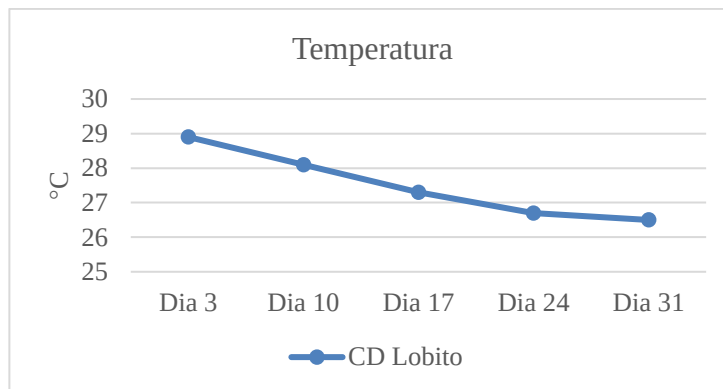
Data da Análise	CD Lobito	V.Max.A (OMS)
03 de dezembro de 2022	Nulo	Nulo
10 de dezembro de 2022	Nulo	Nulo
17 de dezembro de 2022	Nulo	Nulo
24 de dezembro de 2022	Nulo	Nulo
31 de dezembro de 2022	Nulo	Nulo

FONTE: O autor com dados da pesquisa

TEMPERATURA

A temperatura é a medida da intensidade de calor, é um parâmetro importante, pois, influencia em algumas propriedades da água como a densidade, viscosidade e oxigênio dissolvido. O gráfico 1, apresenta os valores referente as temperaturas obtidas nas análises, as temperaturas variaram entre 26,5 °C a 28,9 °C.

GRÁFICO 1: TEMPERATURAS OBTIDAS

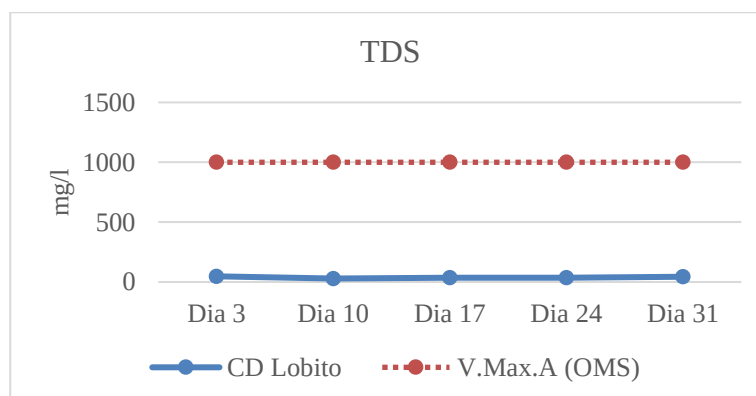


FONTE: O autor com dados da pesquisa

SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS (TDS)

Sólidos dissolvidos totais representam a matéria em solução ou em estado coloidal presente na amostra na água. Valores recomendado pela OMS como valor máximo admissível (V.Max.A) para este parâmetro é de 1000 mg/l. Todas as análises realizadas apresentaram valores de sólidos dissolvidos totais dentro do padrão de potabilidade conforme o gráfico 2.

GRÁFICO 2: CONCENTRAÇÕES OBTIDAS PARA OS SOLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS

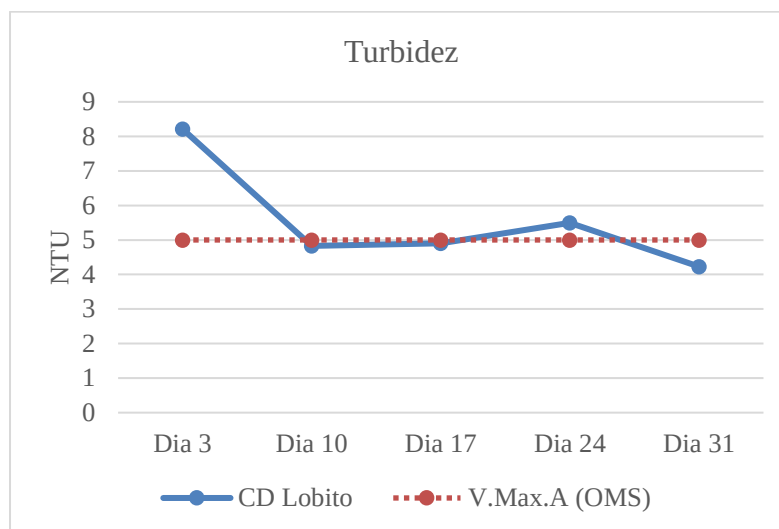


FONTE: O autor com dados da pesquisa

TURBIDEZ

A turbidez indica a transparência da água, suas medidas são feitas baseando-se na intensidade luminosa que atravessa a água. Este parâmetro está relacionado a presença de matéria em suspensão ou coloidais na água, como argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas e organismos microscópicos. A OMS estabelece o valor máximo admissível para a turbidez é de 5,0 unidades nefelometrias (NTU) para água potável. Os resultados obtidos e apresentados no gráfico 3, demonstram alta no dia 3 de dezembro (8,21 NTU) e uma pequena alta, mais tolerável no dia 24 (5,5 NTU).

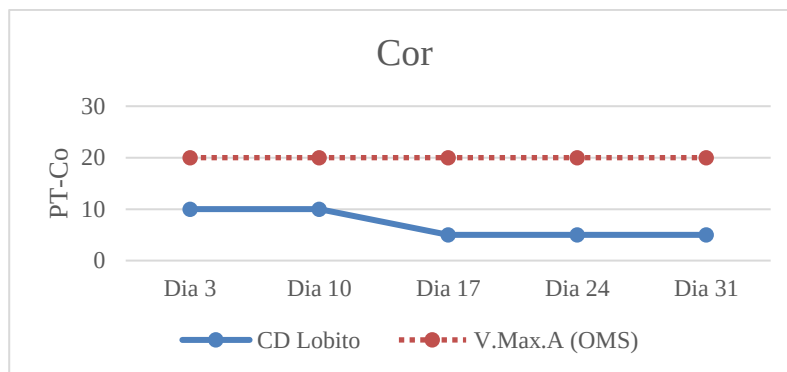
GRÁFICO 3: VALORES DE TURBIDEZ OBTIDOS



FONTE: O autor com dados da pesquisa

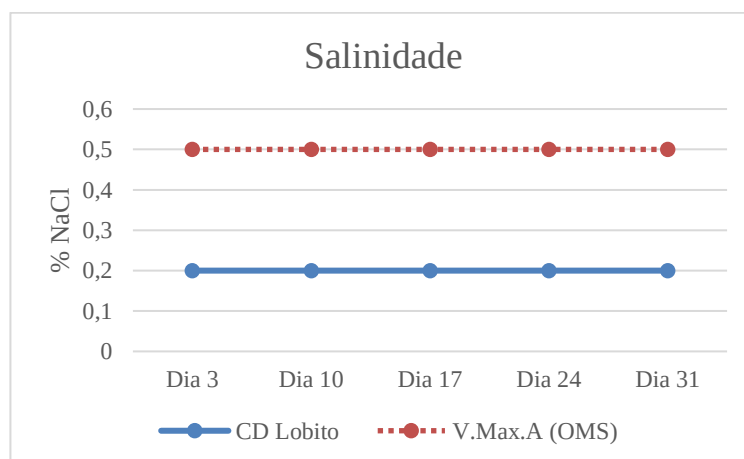
COR

A cor resulta da existência de substâncias em solução, que pode ser causada pelo ferro ou manganês na decomposição da matéria orgânica da água ou pela contaminação na introdução de esgotos industriais e domésticos. A cor é também um parâmetro de aspecto estético de rejeição ou aceitação do produto, a água apropriada para o consumo deve ser visualmente incolor. Padrão de potabilidade recomendado pela OMS, é que a intensidade de cor seja inferior a 20 PT-Co (Escala platina-cobalto, ou escala APHA-Hazen). Dados dos resultados indicam valores deste parâmetro que estavam dentro dos padrões recomendados (Gráfico 4).

GRÁFICO 4: DIAGRAMA DE LINHAS DA COR (PT-CO)**FONTE:** O autor com dados da pesquisa

SALINIDADE

A Salinidade (% NaCl), representado pela porcentagem de Cloretos na água, é a concentração de sais dissolvidos na água, provenientes da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar, pode também, advir dos esgotos industriais ou domésticos. Em altas concentrações, provocam sabor salgado à água ou propriedades laxativas. Valores do resultado de análise deste parâmetro, apresentaram-se abaixo do valor máximo dos padrões da OMS, encontram-se dentro dos padrões de potabilidade recomendados pela OMS, conforme a gráfico 5.

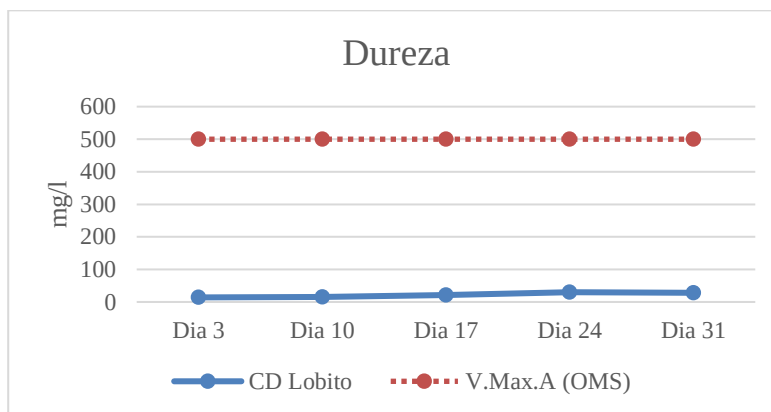
GRÁFICO 5: PORCENTAGEM DE SALINIDADE (NaCl)**FONTE:** O autor com dados da pesquisa

DUREZA

A dureza indica da presença de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), ou de outros metais bivalentes, em menor intensidade e teores elevados na água, causa sabor desagradável e efeitos

laxativos, reduz a formação da espuma do sabão e provoca incrustações nas tubulações e caldeiras. Concentração máxima admissível deste parâmetro, para água de consumo humano é de 500 mg/L CaCO_3 , segundo a OMS. Os resultados das análises encontram-se dentro dos padrões recomendados (Gráfico 6), as águas foram consideradas como moles (Menor que 50 mg/1 CaCO_3).

GRÁFICO 6: VALORES OBTIDOS DA DUREZA

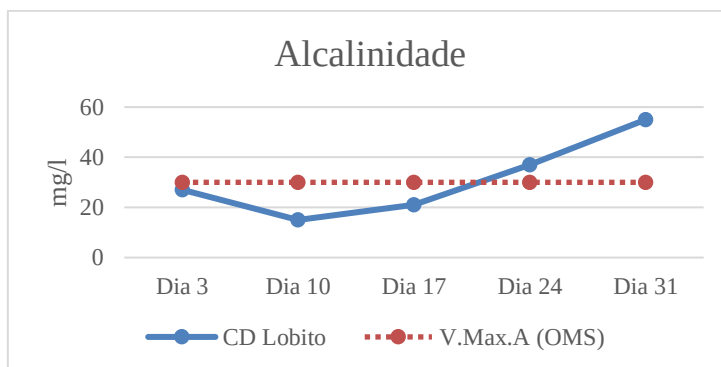


FONTE: O autor com dados da pesquisa

ALCALINIDADE

A alcalinidade mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos; em teores elevados. Esta capacidade é decorrente da presença de bases fortes, fracas e de sais de ácidos fracos. Pode provocar sabor desagradável à água e tem influência nos processos de tratamento da água. Os compostos que são responsáveis pela alcalinidade são os carbonatos CO_3 . O teor de alcalinidade deve estar inferior a 30 mg/L CaCO_3 para água potável, de acordo com as normas recomendadas pela OMS. Houve uma alta nas análises do dia 24 de dezembro (37 mg/L CaCO_3) e no 31 de dezembro (55 mg/L CaCO_3), o que condiciona a sua qualidade.

GRÁFICO 7: TEOR DE ALCALINIDADE OBTIDAS

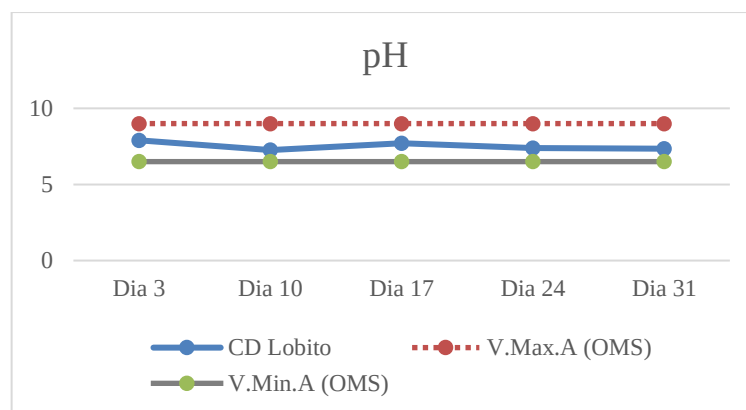


FONTE: O autor com dados da pesquisa

PH (POTENCIAL HIDROGENIÔNICO)

O pH representa o equilíbrio entre íons H^+ e íons OH^- , seu teor varia de 7 a 14, onde quando o pH for inferior a 7, indica uma água é ácida, neutra quando o pH for igual a 7 ou alcalina se o pH maior que 7. O pH baixo torna a água corrosiva e águas com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações, sendo recomendável pelo padrão de portabilidade da água pela OMS a faixa mínima de 6,5 e 9 como faixa máxima. Os valores obtidos para o pH estão dentro dos padrões recomendado conforme o gráfico 8.

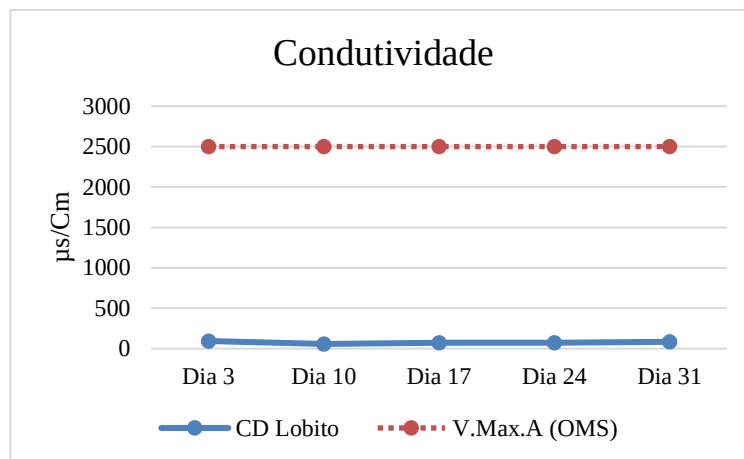
GRÁFICO 8: VALORES DE pH



FONTE: O autor com dados da pesquisa

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

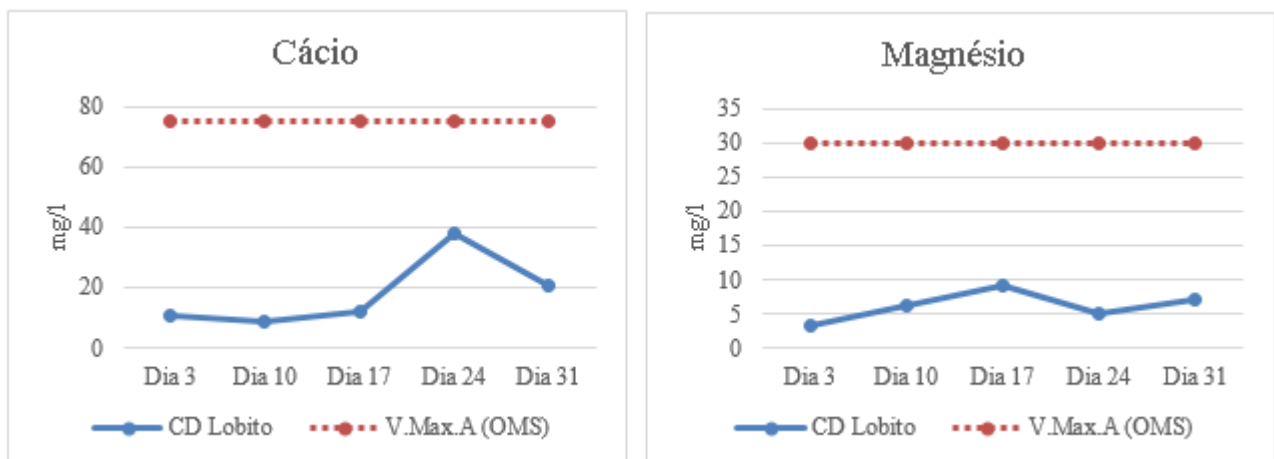
A condutividade elétrica da água é a medida da capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica, estando ele relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica na água. A OMS estabelece para a condutividade elétrica um valor máximo admissível de 2500 $\mu S/Cm$ (Micro - siemenes por centímetro) para água potável. Os resultados obtidos para este parâmetro demonstram que os valores da condutividade elétrica se mostraram dentro dos limites permitidos em todas as análises (Gráfico 9).

GRÁFICO 9: VALORES DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

FONTE: O autor com dados da pesquisa

CÁLCIO E MAGNÉSIO

Em relação à dureza de cálcio e magnésio, as amostras apresentaram valores dentro dos parâmetros recomendados pela OMS (80 mg/L para o cálcio e 30 mg/L para o magnésio). Estudos indicam, que quando a água fornecida para população possui concentrações de cálcio e magnésio muito alta, há um baixo nível de aceitação devido à mudança significativa nas características organolépticas da água.

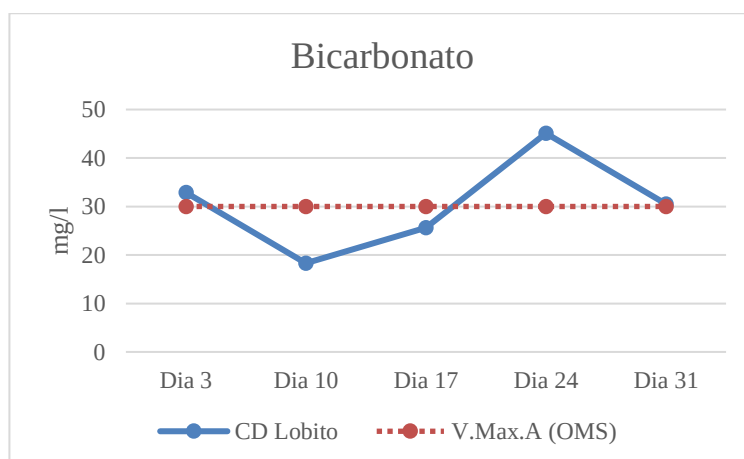
GRÁFICO 10: DIAGRAMA DE LINHAS DA CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO

FONTE: O autor com dados da pesquisa

BICARBONATO

Com relação a este parâmetro, as análises das amostras apresentaram valor acima do valor máximo admissível no dia 3 (32,9 mg/L) e no dia 24 (45,1 mg/L). O valor recomendado para determinação da qualidade da água para o consumo humano, para este parâmetro é de 30 mg/L.

GRÁFICO 10: CONCENTRAÇÃO DE BICARBONATO

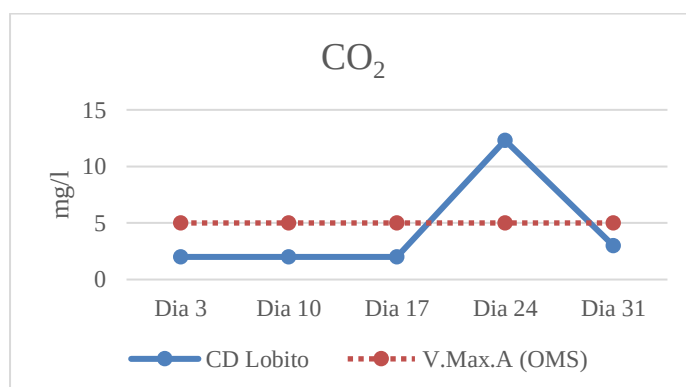


FONTE: O autor com dados da pesquisa

DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

O dióxido de carbono dissolvido é geralmente encontrado como resultado de decomposição de matéria orgânica e decomposição de certos minerais na água. Um certo teor de CO₂ é desejável por ajudar a manter um equilíbrio de carbonatos evitando, assim, a formação de incrustação de cálcio em superfícies expostas. Como consta no gráfico abaixo, a amostra do dia 24 apresentou concentração acima (12,3 mg/L) do recomendado pela OMS, para água potável (5 mg/L).

GRÁFICO 11: CONCENTRAÇÃO DE CO₂

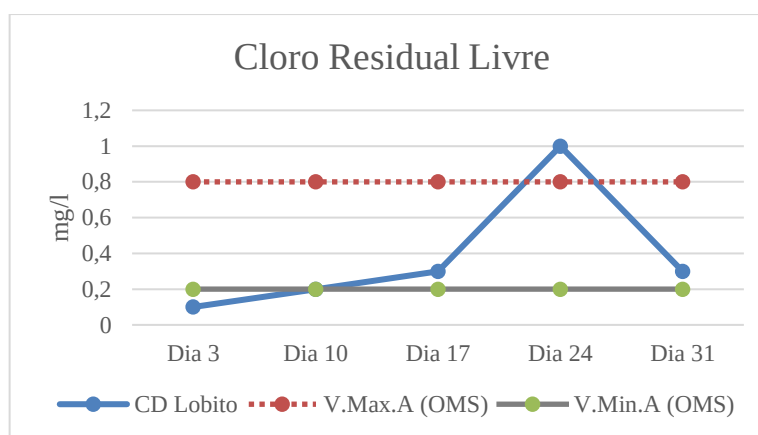


FONTE: O autor com dados da pesquisa

CORO RESIDUAL LIVRE

O cloro residual livre normalmente é utilizado para a desinfecção da água, com destruir os microrganismos existentes. A análise do dia 3 demonstrou um valor abaixo (0,1 mg/L) da faixa admissível (0,2 – 0,8 mg/L), já no dia 24 o resultado da análise apresentou valor acima (1 mg/L) da faixa recomendada. A diminuição do cloro residual livre pode ser causada pela má conservação das condutas de água e pelas condições de armazenamento de água sanitariamente precárias o que pode favorecer o surgimento de coliformes.

GRÁFICO 12: CONCENTRAÇÃO DE CLORO RESIDUAL LIVRE



FONTE: O autor com dados da pesquisa

3.1 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

COLIFORMES TOTAIS E COLIFORMES FECAIS

Os coliformes totais são encontrados naturalmente na água e nos dejetos humanos ou de animais. A presença de coliformes totais, pode indicar a presença de bactérias patogênicas.

Os coliformes fecais, também conhecidas como termotolerantes, é um grupo de coliformes totais, presentes especificamente no intestino e nas fezes de animais de sangue quente e são considerados uma indicação mais precisa de contaminação fecal de animais e humanos. A bactéria *Escherichia coli* (*E. coli*) é a principal espécie do grupo dos coliformes fecais. Resultados das análises microbiológicas não apresentaram contaminações de coliformes totais nem de coliformes fecais (Tabela 3).

TABELA 3: ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Análise Microbiológica		
Data	Coliformes totais	Coliformes fecais
06/12/2022	Sem contaminação	Sem contaminação
08/12/2022	Sem contaminação	Sem contaminação
13/12/2022	Sem contaminação	Sem contaminação
15/12/2022	Sem contaminação	Sem contaminação
20/12/2022	Sem contaminação	Sem contaminação
22/12/2022	Sem contaminação	Sem contaminação
27/12/2022	Sem contaminação	Sem contaminação
29/12/2022	Sem contaminação	Sem contaminação

FONTE: O autor com dados da pesquisa

O parâmetro mais afetado terá sido a turbidez com 14 amostras fora dos valores recomendados, que de acordo com SABESP (2010), pode ser causada por uma variedade de materiais como argila, lodo, areia, silte, descarga de esgoto domésticos e industriais ou ainda por detritos orgânicos com algas, bactérias e plâncton. A turbidez é também um importante indicador de caráter estético para uma água desejada.

Outros parâmetros que tiveram maior incidência foram a alcalinidade e bicarbonatos, com teores altos em várias amostras. Para Santos (2000), a alcalinidade é a medida da capacidade de um corpo de água para resistir à acidificação, que corresponde à presença do íon bicarbonato, carbonato e hidróxido. Valores altos destes parâmetros, resultaram da dissolução das rochas carbonadas, que ocorrem na região por conta das chuvas durante o período do estudo. Estas rochas são essencialmente calcárias, calcários margosos e calcários dolomíticos possuindo ainda magnésio na sua constituição (Sassoma, 2013).

Os principais problemas que afetam a qualidade da água abastecida no município do Lobito, identificados com este estudo são: as fracas condições do sistema de captação, tratamento e distribuição da água; pouco monitoramento da poluição do rio, pouco monitoramento da qualidade da água abastecida na cidade, falta de profissionais no laboratório para o controle da qualidade da água, fraca capacidade da ETA no tratamento da água com a turbidez muito elevada, frequentes roturas nas condutas e sub-condutas da água, falta de limpeza nas condutas, e falta de fiscalização dos serviços prestados.

Angola tem um potencial hídrico muito significativo na África Subsaariana. Porém, ainda assim, existem desigualdades no país no que diz respeito ao acesso à água potável. Os níveis de acesso nas áreas rurais continuam muito baixos em relação às áreas urbanas, o desempenho do saneamento e higiene é muito mais fraco do que o abastecimento de água cuja consequência são os casos de doenças e mortes pelo consumo de água contaminada e pela falta de saneamento (TYILIANGA, 2017). Para José (2017), a inadequação do financiamento para investimentos em água, saneamento e instalações, são as principais causas do mal desempenho deste setor.

Segundo dados do Censo de 2014, o acesso à água apropriada para beber em Angola abrange apenas 44% da população, e o acesso ao saneamento apropriado abrange 60% dos mesmos e 70% das famílias angolanas despejam os resíduos sólidos ao ar livre (INE, 2019). Muitas regiões do país enfrentam escassez da água, devido a fatores como mudanças climáticas, desertificação, poluição e falta de infraestrutura para o abastecimento da água potável.

É importante pontuar que nos locais onde não existem sistemas de abastecimento de água (SAA), a população recorre a outras formas de abastecimento, o que têm implicações negativas para a saúde da população que consome a água com qualidade duvidosa (DARONCO, 2021, p. 19).

4. COSIDERAÇÃO FINAIS

De maneira geral pode-se afirmar de acordo com os dados da pesquisa de campo que água abastecida no município do Lobito durante o período de pesquisa, não se terá apresentado em conformidade com as diretrizes recomendadas pela OMS, para água potável, pois teria havido concentrações acima do limite permitido na maioria das amostras coletadas na central de distribuição e distintos bairros da cidade.

Como contributo para a melhoria da qualidade da água, propôs-se: Melhoria no monitoramento de qualidade, com adoção de metodologias para analisar mais parâmetros, principalmente de agrotóxicos, pois há hipótese de que água esteja a sofrer contaminação por agrotóxicos visto que há ocorrência de atividades agrícolas nas proximidades dos pontos de captação.

5. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, O. A. D. Qualidade da água de irrigação. 1. ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 234 p.
- AMCOW - African Ministers Council on Water. relatório de síntese regional da África para o oitavo fórum mundial da água. Abuja, Nigéria: AMCOW, 2018. Disponível em: <http://8.worldwaterforum.org/en/file/2850/download?token=9blltura>. Acesso em: 09 fev. 2022.
- ANGOLA. Decreto presidencial n.º 261/11 de 6 de outubro. Diário Da República. Luanda, 2011. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/496143600/Decreto-Presidencial-n-%C2%BA-261-11#>. Acesso em: 15 fev. 2022.
- ANGOLA. Plano nacional da água. Ministério Da Energia E Águas. Luanda, 2015. Disponível em: <https://minea.gov.ao/index.php/projectos/category/48-aguas?download=335:planonacionaldaagua>. Acesso em: 25 fev. 2022.
- ANGOLA. Constituição da República de Angola 2010. Governo de Angola. Luanda, 2010. Disponível em: https://acjr.org.za/resource-centre/Constituicao_da_Republica_de_Angola.pdf. Acesso em: 03 mar. 2022.
- ANGOLA. Estatuto do instituto regulador dos serviços de eletricidade e de água. Decreto Presidencial 59/16. Luanda, 2016. Disponível em: <https://www.minea.gov.ao/index.php/projectos-3/category/14-irise-instituto-regulador-do-sector-electrico?download=659:decprirsea>. Acesso em: 16 mar 2022.
- ANGOLA. Plano de desenvolvimento nacional 2018-2022. Governo de Angola. Vol. 1. Luanda, 2018. Disponível em: <https://www.ucm.minfin.gov.ao/cs/groups/public/documents/document/zmlu/njax/~edisp/minfin601408.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2022
- BACCI, D. L. C.; PATACA, E. M. Educação para a água. Rev. Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 211-226, 2008. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001717659>. Acesso em: 23 abr. 2022.
- BETTENCOURT, A. C. DE A. Qualificação e reabilitação de áreas urbanas críticas: os musseques de Luanda. 2011. 73 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa 2011.
- BRASIL. Caminho das Águas: Conhecimento. Uso. Gestão: Caderno do Professor. 1. ed. Rio de Janeiro: Fundação Roberto Marinho, 2006. Disponível em: https://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/20070315111835_Caminho%20das%20%C3%A1guas%20caderno%20do%20professor%20. Acesso em 8 fev. 2022.
- CABRAL, A. C. Indicador de salubridade ambiental relacionada ao consumo de energia e água em municípios limieiros ao lago de Itaipu da bacia hidrográfica do Paraná. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Do Oeste do Paraná, Cascavel 2025. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/766>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- CALUEIO, F. T. Formação e inserção internacional do estado angolano: soberania, capital e territórios. O caso da região litorânea de Benguela. 2022. 85 p. Dissertação (Mestrado em desenvolvimento Regional) - Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2022.

COPPETTI, L. A. Metodologia para avaliação da prestação de serviços de água e esgoto no estado do paraná. 2022. 74 p. Dissertação (Engenharia e Tecnologia Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2022. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/81073>. Acesso em: 24 jun. 2022.

COSTA J. Atlas de Angola, Lobito-Angola: Escolar Editora, ISBN 978-989-669-036-6. 2013.

DI BERNARDO, L. Métodos e técnicas de tratamento de água. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Abes, 1993. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000854392>. Acesso em: 27 jul. 2022.

Faria, F. P. A política de água em angola: algumas notas sobre os abastecimentos de água em Luanda e Benguela. Rev. Mulemba, v.6, n.11, p.5783, Luanda. 2016. Disponível em: <http://journals.openedition.org/mulemba/1314>. Acesso em 17 abr. 2022.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. G.; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do estado do rio de janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 651-660, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2001000300019>. Acesso em: 24 mar. 2022.

FREIRE, A. L. Saneamento básico: conceito jurídico e serviços públicos. 1. ed. São Paulo: enciclopédia jurídica da PUC-SP, 2017. Disponível em: <https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/325/edicao-1/saneamento-basico:-conceito-juridico-e-servicos-publicos>. Acesso em: 12 jul. 2022.

FUNASA. Manual de saneamento. 4. ed. Brasília: Funasa, 2015. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/541>. Acesso em: 15 mai. 2022.

FUNASA. Manual de saneamento. 3. ed. Brasília: Funasa, 2004. p.18. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/541>. Acesso em: 13 jun. 2022.

FUNASA. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em Etas. 1. ed. Brasília: Funasa, 2014. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/491>. Acesso em: 27 mai. 2022.

IGCA. Bacia Hidrográfica do Rio Catumbela. Angola, 2001. Disponível em: <https://www.igca.gov.ao/produtos-e-servicos>. Acesso: 20 out. 2022.

INRH. Mapa hidrográfico de Angola e hierarquização dos rios. Projeto de desenvolvimento institucional do sector de  guas (PDISA2). Luanda: Ministério da energia e  gua. 2020.

JOSE, B. M. Abastecimento de água público em Lubango, Angola. 2017. 151 p. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) - Escola Superior Agrária, Politécnico de Coimbra, Coimbra, 2017. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/20894?locale=en>. Acesso em: 24 jun. 2022.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. DE A. Fundamentos de metodologia científica. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LUCRÉCIO, C.; KATIA R. Abastecimento de água e saneamento de águas residuais-experiência de Angola, 2000-20015. Porto: Ministério da energia e  gua, 2015. Disponível em: <http://www.ppa.pt/wp-content/uploads/2015/05/1.2.-LCostaPORTO2015.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2022.

OLIVEIRA, Edson Carlos Machado de. Desinfecção de efluentes sanitários tratados através da radiação ultravioleta. 2003. 110. p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/84539>. Acesso em: 13 jul. 2022.

PHILLIP Jr. A. Água de abastecimento. Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. 1 ed. São Paulo: Arlindo Phillip Jr. Editor, 2005 apud CABRAL. (2015).

PNUD. Objetivo 6: água limpa e saneamento. ONU. 2015. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>. Acesso em 13 fev. 2022.

RAMOS, N.; NETO, A.; FERREIRA, M. J. Desafios e Oportunidades da Gestão das Cidades: o Caso de Angola. Geolnova, Lisboa, v.10, p.203219, 2004. Disponível em: <http://geoinova.fcsh.unl.pt/revistas/files/n10-13.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2022.

RIBEIRO, W. C. Geografia Política da Água. 162 p. São Paulo: Annablume, 2008.

REBOUÇAS, A. C. Uso inteligente da água. 1 ed. São Paulo: Escrituras, 2004.

ROMANO, O.; AKHMOUCH, A. Water Governance in Cities: Current Trends and Future Challenges. Water, Paris, v. 11, n. 3, p. 1-9, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/3/500>. Acesso em: 18 abr. 2022.

SETTI, A. A. Necessidade de uso sustentável dos recursos hídricos. Brasília: IBAMA, 1994. p 344.

SPERLING. M. V. Princípios básicos do tratamento de esgotos. 2 ed. Belo Horizonte: UFMG. 2016.

TRINDADE, L. L.; SCHEIBE, L. F. gestão das águas: limitações e contribuições na atuação dos comitês de bacias hidrográficas brasileiros. Ambiente e Sociedade, São Paulo, v. 22, e02672, p. 1-20, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20160267r2vu2019L2AO>. Acesso em: 12 ago. 2022.

TYILIANGA, J. F. Problemática do abastecimento de água e saneamento de águas residuais no município do Lubango/Angola. 2017. 127 p. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2017.

TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2004. Disponível em: https://repositorio.usp.br/single.php?_id=001438563&locale=pt_BR. Acesso em: 13 ago. 2022.

UNICEF. Água e Saneamento no OGE 2017. UNICEF Angola, 2017. Disponível em: <https://www.unicef.org/angola/reports/agua-e-saneamento-no-oge-2017>. Acesso em: 10 mai. 2022.

VASCONCELOS, M. B. Poços Para Captação De Águas Subterrâneas: Revisão de Conceitos e Proposta de Nomenclatura. Águas Subterrâneas, Fortaleza, v.18, p.112, 2015. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28288>. Acesso em: 16 jun. 2023.

VIANNA, M. R. Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água. 6 ed. Belo Horizonte: 3i Editora Ltda. 2019.

Capítulo 5



10.37423/231208572

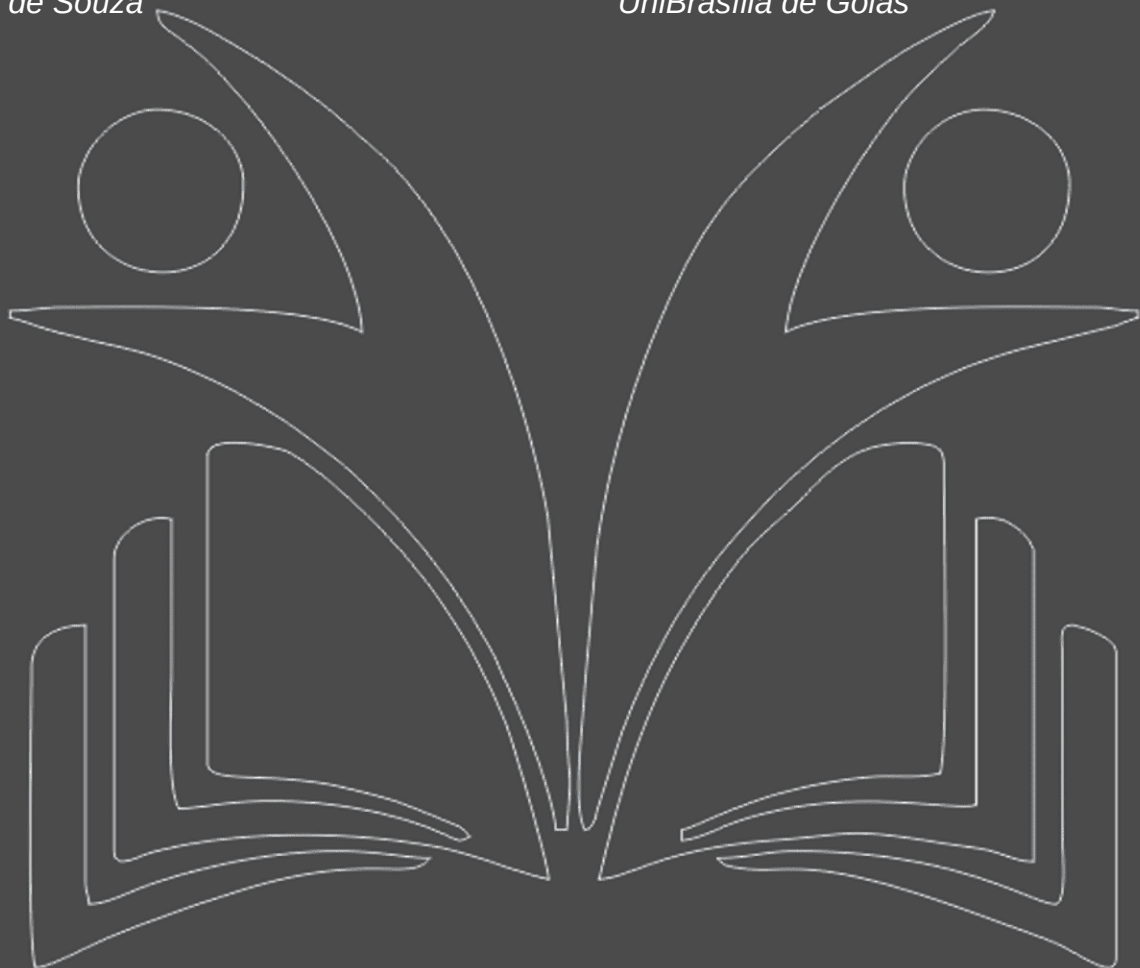
INFLUÊNCIA DAS CHUVAS INTENSA NA RESISTÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS IMPACTOS E PREVENÇÕES EM SÃO LUÍS DE MONTES BELOS

Murilo Ramoniele de Silva

UniBrasília de Goiás

Kátia Maria de Souza

UniBrasília de Goiás



Resumo: Este artigo destaca a importância crucial de estudar e aplicar inovações tecnológicas no campo da pavimentação de vias. A ausência de conhecimento e especialização nesse domínio pode resultar em problemas significativos, especialmente quando se trata de planejamento deficiente e falta de investimento em sistemas de drenagem eficazes para lidar com as águas pluviais. Essa lacuna pode levar à concepção e execução inadequadas de pavimentos, resultando em inundações e outros dilemas. O estudo propõe uma abordagem abrangente, incluindo a análise dos índices pluviométricos para compreender as condições climáticas locais. Isso é crucial para o desenvolvimento de sistemas de drenagem eficientes que possam lidar com as condições específicas de cada região.

Palavras-chave: Pavimentação inovadora; Sustentabilidade urbana; Tecnologias na drenagem; Resiliência climática.

1.INTRODUÇÃO

Diante da projeção e execução inadequadas do pavimento, desprovidas dos estudos e conhecimentos necessários para sua correta realização, pode desencadear consequências significativas que afetaram negativamente o local. A falta de planejamento adequado, aliada à ausência de expertise técnica, resulta em um pavimento mal concebido e mal executado, gerando uma série de problemas. Considerando os altos custos envolvidos na aquisição de equipamentos para execução de obras de pavimentação, torna-se ainda mais crucial evitar problemas decorrentes da falta de conhecimento e expertise no assunto. Dito isso, os pavimentos devem conter uma serie de especificações para cada caso, essencialmente para a questão de umidade juntamente ao desgaste gerado ao atrito pelos que se locomovem ali. Sendo assim o autor Frossard (2021), conduziu uma pesquisa para substituir parte dos agregados naturais por outros tipos de ligantes asfálticos.

O dano causado pela umidade pode se diversificar, podendo ser agindo na diminuição da resistência mecânica do pavimento, formando trincas e conforme a força da água ali presente, podendo até lavar o próprio pavimento. Esses danos podem ser providos das infiltrações pelo próprio sistema de vazios presente no pavimento, como também podem ser causados pela liberação de vapor das águas subterrâneas. Sendo assim alagamentos ou fortes correntes de água pluvial podem gerar ainda mais estragos. De acordo com Henrique, Oliveira e Silva (2015), a falta de investimentos em drenagem das águas pluviais tem resultado no grande aumento das inundações. Os autores destacam a possibilidade de utilização de novas tecnologias dentro da área da pavimentação, para inibir problemas como as recorrentes inundações.

Com base nos estudos dos autores citados anteriormente, é visível que a falta de conhecimento em relação a materiais mais tecnológicos representa um grande desafio a ser superado. Nesse sentido, é possível realizar estudos voltados para a utilização desses materiais, como mencionado por eles, explorando a aplicação de pavimentos drenantes e até mesmo a recriação de projetos de drenagem que sejam capazes de lidar efetivamente com a grande quantidade de chuva acumulada. Essas abordagens inovadoras podem oferecer soluções mais eficientes e sustentáveis, reduzindo os problemas de inundação e erosões, contribuindo para a preservação do ambiente urbano. Além disso, a adoção de tecnologias mais avançadas no campo da pavimentação também pode resultar em melhorias significativas na durabilidade e no desempenho dos pavimentos, proporcionando um ambiente mais seguro e de maior qualidade para os usuários. Portanto, é essencial investir em

pesquisa e desenvolvimento para aproveitar o potencial dessas novas tecnologias e enfrentar os desafios relacionados à pavimentação de forma mais eficaz.

Esse estudo em específico busca demonstrar o significativo aumento nos índices pluviométricos nas proximidades da área estudada e propor soluções eficientes com custos acessíveis para lidar com os problemas relacionados a temporais. Além disso, o objetivo é incentivar a pesquisa e o desenvolvimento de novos métodos de pavimentação asfáltica, incorporando tecnologias inovadoras, a fim de fornecer um pavimento útil, durável e seguro para a população. Através da análise dos índices pluviométricos, o estudo busca compreender a magnitude das chuvas e seus impactos no sistema de drenagem, bem como identificar áreas suscetíveis a inundações. Com base nesses dados, são propostas soluções que visam minimizar os problemas decorrentes dos temporais, como a implementação de sistemas de drenagem eficientes e a adoção de materiais pavimentares mais permeáveis, como o pavimento drenante mencionado anteriormente. Além disso, a pesquisa incentiva a busca por novas tecnologias e métodos de pavimentação que possam melhorar a qualidade e a durabilidade dos pavimentos asfálticos. Isso envolve explorar materiais mais resistentes e sustentáveis, bem como técnicas de construção mais avançadas, que virão para garantir um pavimento seguro e capaz de suportar as condições climáticas adversas.

1.1 METODOLOGIA

Foi realizado uma serie de pesquisas sobre a perca de resistência e os problemas provenientes relacionados ao excesso de umidade em ação aos pavimentos asfálticos, foi utilizados dados já testados e coletados por outros autores para utilização de provas para identificar e comparar os dados. Também foi pesquisado em outros trabalhos, meios eficientes para diminuir o desgaste causado pela umidade, visando uma melhor maneira de resolve-la.

O estudo busca contribuir para a mitigação dos problemas relacionados aos temporais, promovendo a implementação de soluções eficientes e aprimorando a qualidade dos pavimentos, proporcionando um ambiente urbano mais resiliente e seguro para as pessoas. Através da união entre pesquisas acadêmicas, expertise técnica e conscientização pública, é possível enfrentar os desafios atuais e futuros da pavimentação, criando infraestruturas mais sustentáveis e adaptáveis às mudanças climáticas.

Dito isso, a presente pesquisa, foi realizada encima de dados pluviométricos retirados da INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, na estação de coleta automática de Goiânia – GO (A014), normas

e recomendações práticas das NBR 1011 e NBR 9781, além da utilização de outras pesquisas relacionadas aos meios de prevenções para os problemas citados mais à frente. Foi utilizado também como fonte principal de coleta de dados de testes de resistências e comparativos dos dados, o trabalho do autor Frossard (2021) – Influencia da adesividade ligante-agregado nas propriedades de fratura de mistura asfálticas sujeitas ao dano por umidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como já se sabe, atualmente todas as obras civis direcionam parte da área de construção para ser utilizada como área permeável para auxiliar na vazão das águas pluviais, como falado por Maus, Righes e Buriol (2007), a degradação das estruturas e a constante impermeabilização do solo, gera grandes picos de vazão (enxurradas) e por causa disso, é também gerado em uma frequência cada vez maior, as inundações. Os autores também mencionam uma afirmação vinda de Tucci (2000), que segundo ele, apenas 7% de um lote sendo impermeabilizado pode duplicar o escoamento superficial e quando a impermeabilização do lote chega a 80%, é capaz de fazer com que o escoamento superficial seja oito vezes maior. Com isso é mostrado que a utilização dos pavimentos corretos, juntamente com sistemas de captação adequadas seja imprescindível, já que a falta da união entre os dois recursos, podem gerar acarretar impactos gigantescos nas regiões urbanas.

Segundo Mota (1999), a infiltração das águas pluviais no solo é de extrema importância, dito que essa infiltração fará a recarga dos mananciais hídricos presentes no subsolo, além disso, é notável que essa infiltração auxilia na vazão do acúmulo de água, diminuindo assim a velocidade de escoamento e diminuindo o risco de inundações. Como já é de se esperar, a utilização de novas tecnologias principalmente na área da construção civil ainda é um tabu, poucos profissionais se a riscam a pesquisar e utilizar meios não convencionais em suas obras. Na parte de pavimentos não seria diferente, as tecnologias de pavimentos drenantes ou mecanismos para auxiliar na coleta da água são pouco conhecidos e quase nunca utilizados.

Como mencionado na NBR 9781/2013, a é há uma série de normas a serem seguidas na construção de um pavimento, dentre essas normas, estão a espessura máxima, inclinação, resistência a compressão e muitos outros, então torna-se de fato, difícil incluir novos meios de construção para auxiliar no escoamento das águas pluviais. O pavimento drenante é constituído quase inteiramente de material poroso, para facilitar a infiltração da água, por esse mesmo motivo, o material não oferece a mesma resistência do material convencional diz estudos. Para que o material drenante chegue a

uma resistência a compressão de tráfego próxima ao do material convencional, é preciso que ele tenha uma espessura maior e por causa disso, fazê-lo demanda mais matéria prima.

Na Figura 1 observa-se que no decorrer das regiões urbanas, devido à uma projeção inadequada e má execução do pavimento, desprovidas dos estudos e conhecimentos necessários para sua correta realização, pode desencadear consequências significativas que afetaram negativamente o local.



Figura 1-Alagamento urbano

Fonte: Autor, 2023

A falta de planejamento adequado, aliada à ausência de expertise técnica, resulta em um pavimento mal concebido e mal executado, gerando uma série de problemas. Considerando os altos custos envolvidos na aquisição de equipamentos para execução de obras de pavimentação, torna-se ainda mais crucial evitar problemas decorrentes da falta de conhecimento e expertise no assunto. Sendo assim, de acordo com Henrique, Oliveira e Silva (2015), a falta de investimentos em drenagem das águas pluviais tem resultado no grande aumento das inundações. Os autores destacam a possibilidade de utilização de novas tecnologias dentro da área da pavimentação, para inibir problemas como as recorrentes inundações.

3. ESTUDO DE CASO

São Luís de Montes Belos é um município brasileiro do Estado de Goiás Figura 2. Localiza-se a 120 quilômetros de Goiânia. A população estimada, segundo dados estatísticos do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020) são de 33.852 pessoas, com o Índice de Desenvolvimento Humano-IDH de 0,731 (IBGE – 2022).



Figura 2-Região imediata de São Luís de Montes Belos

Fonte: Prefeitura de São Luís de Montes Belos, 2023

O clima local é do tipo: quente e semi-úmido, com a temperatura média oscilando entre a média mínima 20° e média máxima de 30° centígrados Figura 2. A média de precipitação pluviométrica foi de 120 mm/ano.

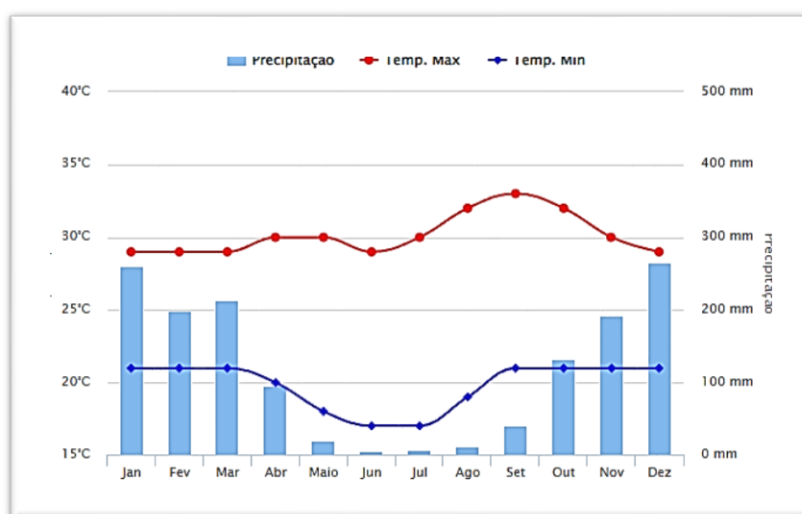


Gráfico 1- Climatologia e histórico de previsão do tempo em São Luís de Montes Belos

Fonte: Climatempo, 2023

Em janeiro do ano de 2022 foi lançado o novo loteamento na cidade de São Luís de Montes Belos, em Goiás, iniciou-se a pavimentação das vias que percorreriam a região do loteamento nomeado como Jardim Amendoeiras -16.523001, -50.392395, próximo ao Residencial Brisas Figura 3. A região se

localiza em torno de uma colina, a qual realizou uma inclinação tênue nas vias da região. Com os períodos de chuva aumentaram ocorreram alguns problemas na localidade, em especial na Rua JA 5.

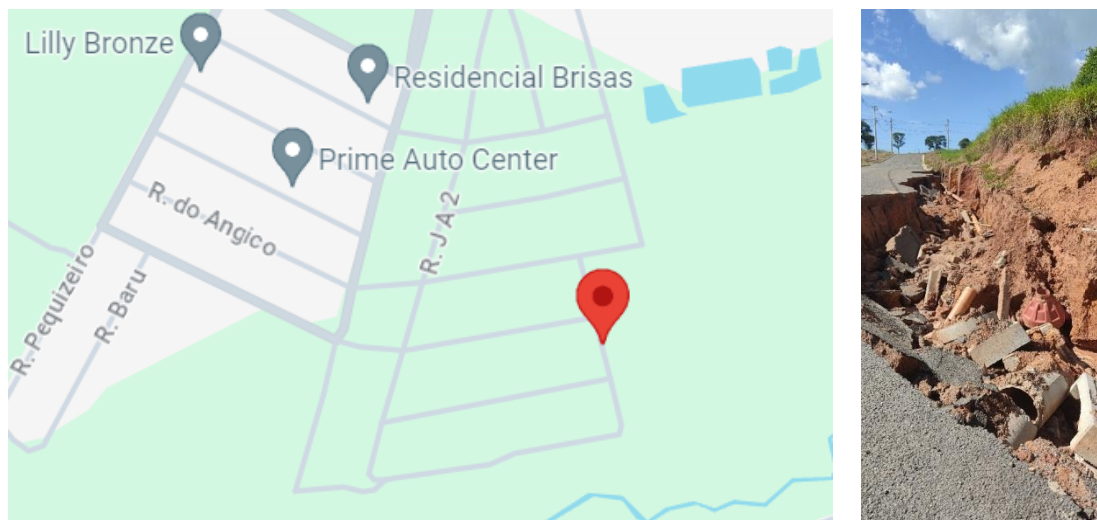


Figura 3 – Acidente causado devido uma forte chuva

Fonte: Autor, 2022.

Poucos dias antes do registro fotográfico do local, ocorreu uma chuva intensa, o que gerou por si só, uma grande quantidade de água, como percebe-se na imagem anterior, o declive do local ajudou na formação de enxurradas volumosas e com uma velocidade alta, com isso parte da sarjeta do pavimento acabou cedendo, em meio a essa abertura, o volume de água e a intensidade da enxurrada, penetraram por debaixo do pavimento, levando-o junto do fluxo de água. Após o acontecimento, um grupo de engenheiros da parte da prefeitura da cidade e da Companhia de Saneamento de Goiás (SANEAGO), foram ao local estudar o porquê de isso ter acontecido em um pavimento já estabilizado. Após analisar o local, foi descoberto erros de projeção da rede coletora de água pluvial, as famosas bocas de lobo, o dimensionamento estava minorado, ou seja, a quantidade de bueiros para a capitação estava pouca, além disso, descobriu-se que havia erros na própria entrada dos bueiros, não havia declividade para a água ser direcionada para dentro dos bueiros, o que fazia eles serem praticamente inúteis devido a intensa velocidade em que a água passava.

Pouco tempo após a validação dos fatos ali estudados, foi pedido ao dono do loteamento para que organizasse a rede coletora, enquanto isso a própria prefeitura entrou para reformar a via danificada e restaurar parte da rede de captação que também tinha sido deteriorada.



Figura 4-Início da reconstrução da via

Fonte: Autor, 2022.

3.1 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para se iniciar, é necessário definir um período de estudo, o período dito como o mais chuvoso pelo METEOBLEE foram dados coletados de janeiro a dezembro de 2020. Na Figura 5 consta os dados da temperatura no ano de 2020. Na Figura 6 a precipitação em milímetros do ano de 2020, já a Figura 7 explicita a velocidade dos ventos para o mesmo ano.

Após isso deve-se entender que 1mm de chuva é o equivalente à 1 litro de água encima de 1m², com isso pode-se ver a quantidade de água provinda da chuva, além de compreender a magnitude dos problemas futuros referentes ao acumulo dessa água em um curto período de tempo. Sendo assim o cálculo utilizado para esses dados foi a soma total do volume de água pluvial que ocorreu durante os meses em estudo, formando um volume mensal de água. Com base nos estudos torna-se possível evidenciar o acumulo de chuvas em um curto período de tempo, o que torna ainda mais preocupante as questões destacadas anteriormente.

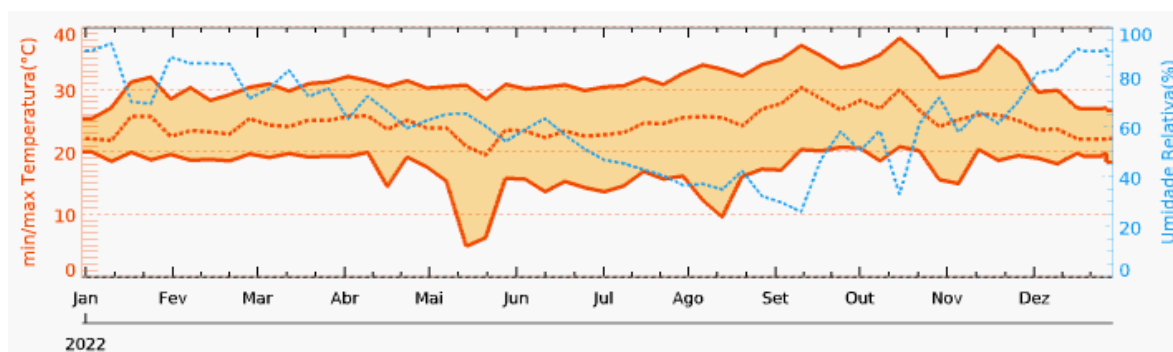


Figura 5- Temperatura mínima e máxima de São Luís de Montes Belos

Fonte: Meteoblue, 2022.

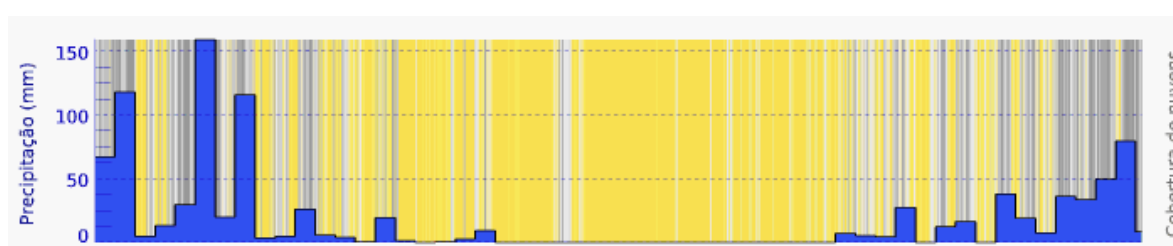


Figura 6- Precipitação em mm de São Luís de Montes Belos

Fonte: Meteoblue, 2022.

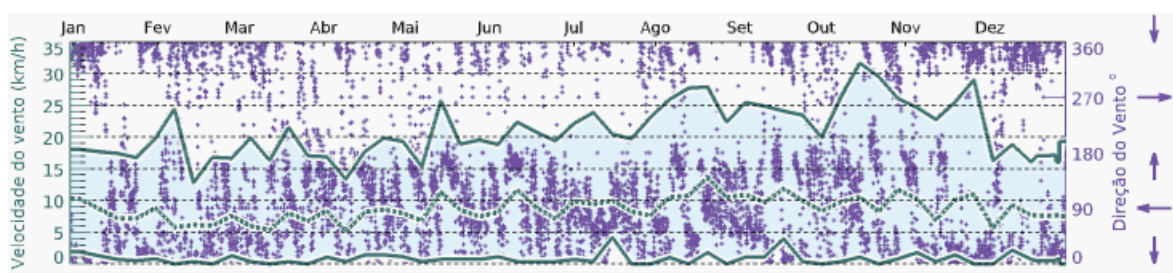


Figura 7- Velocidade do Vento em km/h de São Luís de Montes Belos

Fonte: Meteoblue, 2022.

Desde a década de 1980, cientistas já previam as possibilidades de mudanças climáticas como o aumento do volume de águas pluviais e a diminuição do período em que se despejavam-se. Em 1988, foi criado o IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas), fundado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), juntamente da Organização Meteorológica Mundial (OMM), com intuito de apoiar pesquisas sobre avaliações do clima e as possíveis mudanças climáticas no futuro. De acordo com o 4º Relatório da IPCC AR4 (Trenberth et al., 2007; Meehl et al., 2007), as mudanças climáticas podem vir a afetar significativamente o planeta, principalmente em regiões com climas extremos e países com clima

tropical. Sabendo disso, é possível definir que as chuvas no nosso país ficarão cada vez mais intensas, então como dito no início da pesquisa, é necessário descobrir alguma forma de aumentar a resistência do pavimento asfáltico presente na maioria das cidades brasileiras e de melhorar a permeação do mesmo, além de criar novos meios de captação.



Figura 8-Exemplo de situação da falta de drenagem

Fonte: (CNN, 2021)

3.2 MEIOS DE SOLUÇÃO

A grande quantidade de chuvas acumuladas, a falta estruturação dos meios de captação, a constante impermeabilização do solo urbano, o crescente desenvolvimento urbano e outras muitas questões, estão trazendo os problemas de diminuição de resistência do asfalto, além de causar inundações e enchentes severas no país (JUSTINO et al., 2011). Com isso proponho os seguintes meios de solução:

3.3 PAVIMENTOS DRENANTES

O pavimento drenante pode auxiliar a resolver o problema. O pavimento drenante leva esse nome por permitir a infiltração da água em seu meio, permitindo então que ela vá direto para o solo.

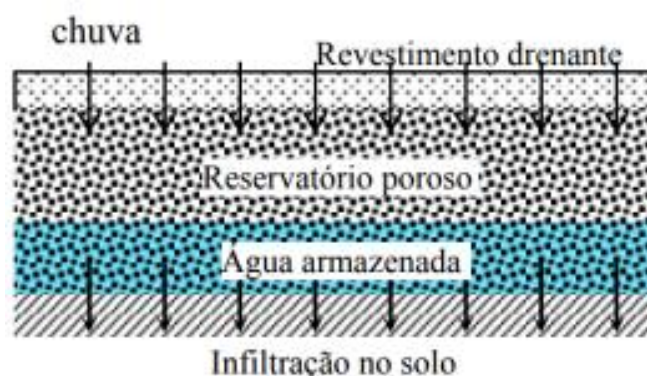


Figura 9-Exemplificação da atuação do pavimento drenante

Fonte: Acioli (2005)

O autor SCHUELER (1987), afirma que a utilização desse tipo de pavimento promove uma melhor recarga dos lençóis freáticos, entretanto ele também diz, que esse tipo de pavimento deve ser utilizado apenas em locais com tráfego leve, ou seja, dentro de condomínios e praças, que por ser um material volumoso e como dito anteriormente, de alto gasto de matéria prima, ao ser colocado a prova de altos valores de compressão acaba por quebrar ou apresentar outras patologias, tornando seu reparo um custo elevado.

Os pavimentos drenantes não precisam de um sistema projetado para a coleta da água, tais pavimentos são feitos com material que permitam que sua estrutura se torne mais porosa que os demais pavimentos, esse aspecto poroso diminui parte da resistência substancial em troca do próprio permitir a passagem da água para o solo, sem necessidade de sistemas altamente elaborados com pensamentos em declividades e outros aspectos necessários para a projeção de uma captação normal. O único requisito de projeto para a aplicação desse tipo de pavimento é a formato (design) que será melhor aceito pelo cliente, além de fazer o cálculo de área e a quantidade que será propriamente instalada no local desejado.

As normas dizem que tal pavimento pode ser usado em vias de automóveis com pouco trânsito ou melhor dizendo com trânsito leve, ou seja, nada de passagem de veículos com carga como ônibus ou caminhões. As vias onde se pode utilizar esse tipo de pavimento são vias particulares, ou seja, vias de condomínios residências fechadas, outro meio de aplicação desse pavimento dentro da norma, é utiliza-lo no lugar das sarjetas convencionais, contudo, nesse tipo de aplicação o cuidado deve ser redobrado, já que os reparos deverão ser constantes com a aplicação de areia ou pó de brita.



Figura 10-Via de condomínio em piso drenante.

Acesso em 23 de novembro de 2023.

3.4 READAPTAÇÃO DO SISTEMA DE COLETA

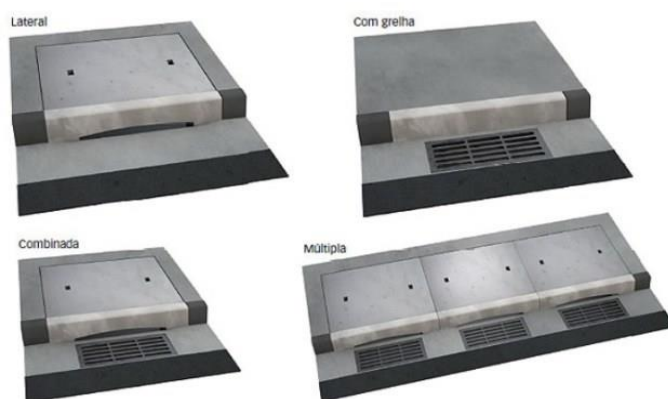
No Brasil é comumente visualizar bocas de lobo e caixas de areias em avenidas movimentadas, já que tal método é considerado o principal meio de captação das águas pluviais no país. O maior problema é a sociedade no geral, a utilização desse meio de coleta, é rápido e prático, já que ele não costuma a falhar ou causar problemas para serem reparados. O real problema é o lixo que é jogado nas ruas de forma indevida, gerando amontoados de entulhos no geral, entulhos esses, que quando ocorre uma chuva forte, o carregam para as bocas de lobo ou para o fundo das caixas de areia. O amontoado de lixo vem então por entupir a passagem de água naquele local, gerando assim inundações frequentes no local.



Figura 11-Exemplo de boca de lobo combinada

Fonte: site <https://portaldoprojetista.com.br/dimensionamento-de-boca-de-lobo-para-drenagem-urbana/>. Acessado em 05 de outubro de 2023.

Tais instrumentos de coleta devem seguir um parâmetro específico pelo DNIT, 2006 e deve ter a capacidade de engolir conforme a FHWA, 1996. Dito isso, torna-se uma excelente escolha no combate de escoamento, porém necessita de mão de obra especializada para adequá-las.



Fonte: site <https://portaldoprojetista.com.br/dimensionamento-de-boca-de-lobo-para-drenagem-urbana/>. Acessado em 05 de outubro de 2023.

Esse estilo de rede de captação é o mais comum no país, dito isso, para instalar ou projetar uma obra de rede coletora de água pluvial, é necessário acima de tudo, tempo. A parte de projeção do sistema deve ser minucioso, já que uma vez instalado e concluído, para repara-lo será necessária muita mão de obra. Dito isso, o projeto inicia-se verificando a área total do local e se há ou não declividade, isso tudo, para definir pontos estratégicos para a instalação das bocas de lobo. Após isso é feita a projeção da rede central, que será construída com manilhas de concreto, sendo seu diâmetro o definido pelo projeto, e escavada a uma profundidade maior do que um 1,50 metros, sendo definida pelas normas de cada região, após a projeção da rede central, é feita a ligação das bocas de lobo na rede, a qual deve ter inclinação suficiente para desaguar a água em algum reservatório com bomba, caso a empresa de saneamento queira utilizar da água, ou em um leito apropriado para a captação.

3.5 INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE VALETAS

Não é algo muito comum, mas os sistemas de valetas para a coleta da água pluvial são muito eficazes, já que diminui o escoamento da água sobre o pavimento asfáltico (tornando-o menos propício a rupturas e outras patologias), como também serve para guiar a água para um local de “descarte” seguro e adequado, sendo uma caixa coletora ou caixa de areia.

A utilização das valetas pode vir de várias formas, uma delas é a combinação das valetas à uma boca de lobo, ou galeria pluvial caso a região tenha. As valetas também podem ser instaladas de inúmeras maneiras. A utilização desse método, requer que o pavimento tenha uma angulação maior, para que a água realmente escoe para a direção das valetas.

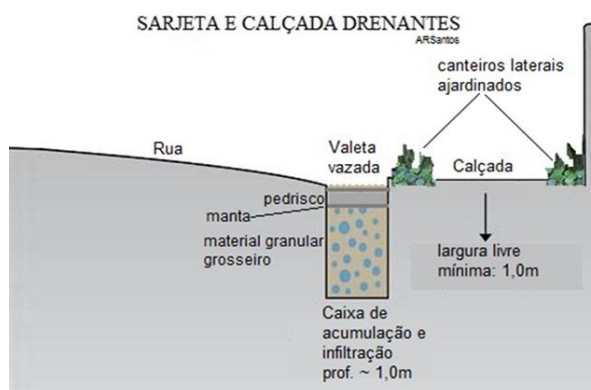


Figura 13-Croqui de combinação de valetas drenantes e calçadas com canteiros laterais

Fonte: site http://www.arsgeologia.com.br/artigo_enchentes_urbanas.html. Acesso em 30 setembro 2023.

4 CONCLUSÃO

De acordo com o estudado, as chances de que as chuvas se tornem cada vez mais fortes e mais prolongadas, exige uma medida preventiva para os desastres de inundações. Dito isso foram apresentadas algumas ideias, dentre elas, o pavimento drenante se sobre sai, em questão de agilidade de solução. O material não precisa necessariamente de um projeto complexo para ser instalado, obviamente ele exige mão de obra qualificada e o preço do material é elevado, mas o próprio acaba sendo útil em curto prazo, caso seja analisado para questão financeira.

Já as instalações de bocas de lobos e valetas são necessárias uma projeção de uma rede de captação adequada, já que caso não sejam coletadas de forma adequada, a velocidade da vazão das enxurradas que os dois equipados podem gerar, seriam capazes de provocar lavagem de terreno, danos estruturais em pavimentos e até mesmo erosões nos próprios equipamentos. Com isso o valor gasto se estenderia e a curto prazo, uma obra dessa magnitude levaria tempo até ser completamente instada.

Como apresentado, o piso drenante não seria muito resistente ao tráfego da cidade, mas utilizados em calçadas, já seria o suficiente para diminuir drasticamente o volume de vazão superficial das águas pluviais, o que impactaria positivamente a drenagem da mesma, além disso, auxiliaria diminuindo a drenagem necessária de uma boca de lobo por exemplo.

REFERÊNCIAS

ACIOLI, L. A. Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) -Universidade Federal do Rio GrandedoSul,2005.Disponívelem:<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5843/000521171.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 30 setembro de 2022.

AGÊNCIABRASÍLIA.OBRASDEDRENAGEMNOLAGOSULSERÃO RETOMADAS.Disponível em:<<https://agenciabrasilia.df.gov.br/2022/11/22/apos-ajustes-obras-de-drenagemnolagosulseraoretomadas/>>.Acesso dia 23 de novembro de 2023.

CNN BRASIL. Inmet e Inpe preveem chuvas intensas no Sudeste e Centro-Oeste até domingo. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/inmet-e-inpe-preveem-chuvas-intensas-no-sudeste-e-centro-oeste-ate-domingo-2/>>. Acesso dia 27 de setembro de 2023.

FROSSARD, R. M. Influência da adesividade ligante-agregado nas propriedades de fratura de mistura asfáltica sujeira ao dano por umidade. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória 2021.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Índice pluviométrico de 2010. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>. Acessado em 20 de março de 2023.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Dados disponíveis em tempo real. <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001> - Acesso 20 de setembro 2023.

Maus, V. W., Righes, A. A., & Buriol, G. A. (2007). Pavimentos permeáveis e escoamento superficial da água em áreas urbanas. I Simpósio De Recursos Hídricos Do Norte E Centro-oeste, 1.

JUSTINO, Eliane Aparecida; PAULA, Heber Martins; PAIVA, Ed Carlo Rosa. Análise do efeito da impermeabilização dos solos urbanos na drenagem de água pluvial do município de Uberlândia-MG. Espaço em revista, v. 13, n. 2, 2011.

MOSÁICOAMAZÔNAS.PISOINTERTRAVADOPERMEÁVEL.Disponívelem:<<https://www.mosaicosamazonas.com.br/dica/piso-intertravado-permeavel>>. Acesso em 23 de novembro de 2023.

SCHUELER, T. R. Controlling urban runoff: a practical manual for planning and designing urban BMPs. Washington: Washington Metropolitan Water Resources Planning Board, 1987.

Capítulo 6



10.37423/231208574

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO ITAJAÍ DO NORTE EM IBIRAMA/SC, BRASIL

Luciano André Deitos Koslowski

*Universidade do Estado de Santa Catarina -
UDESC*

Álvaro Haas de Souza

*Universidade do Estado de Santa Catarina -
UDESC*

Rodrigo Henrique Grahl Peres

*Universidade do Estado de Santa Catarina -
UDESC*

Jardel Belarmino

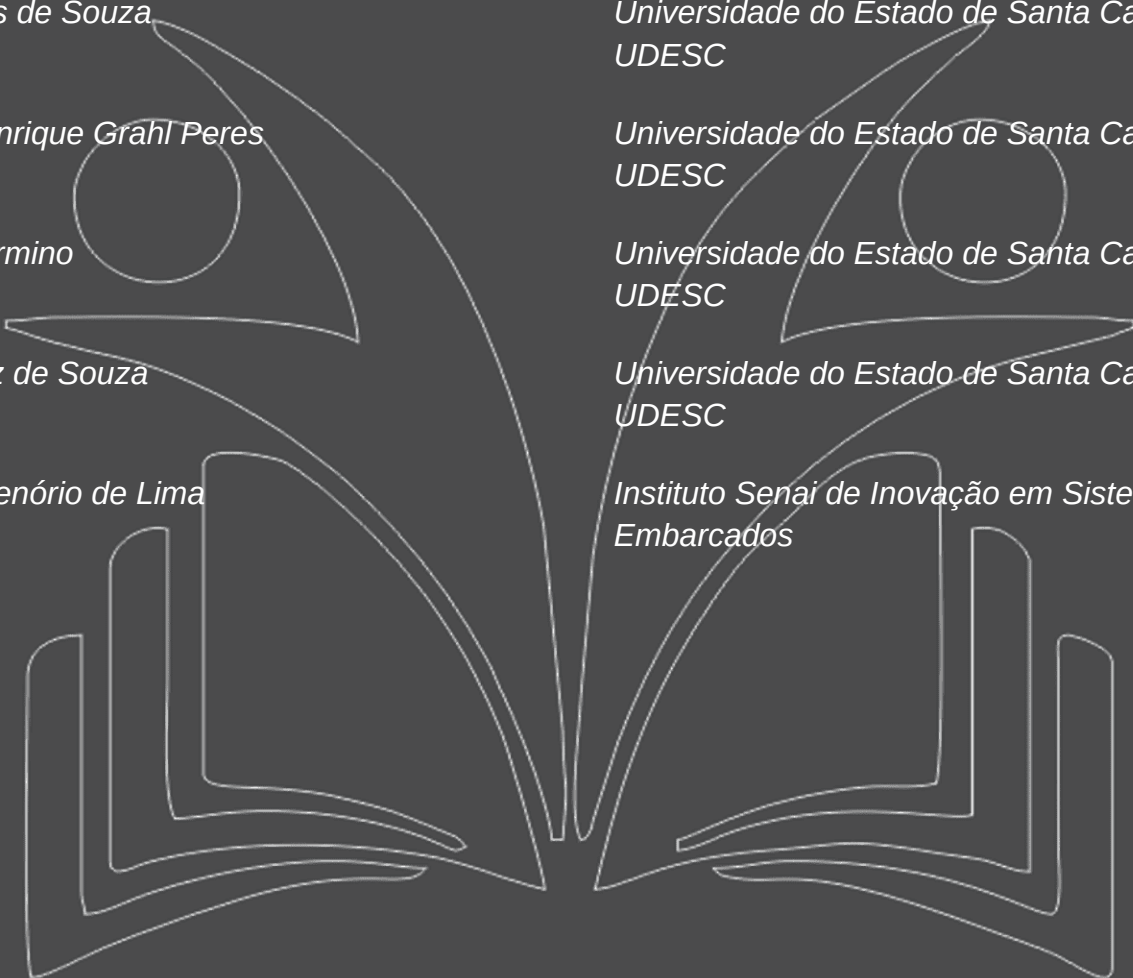
*Universidade do Estado de Santa Catarina -
UDESC*

Gabriel Luiz de Souza

*Universidade do Estado de Santa Catarina -
UDESC*

Jonathan Tenório de Lima

*Instituto Senai de Inovação em Sistemas
Embarcados*



Resumo: A preservação do meio ambiente tem sido um tema discutido na atual sociedade devido a elevada geração de contaminantes e resíduos. O presente estudo avaliou a qualidade da água do rio Itajaí do Norte na cidade de Ibirama/SC visando observar os efeitos antrópicos na qualidade da água por meio de análise dos seguintes parâmetros analíticos: pH, turbidez, temperatura, nitrogênio total, sulfato, oxigênio dissolvido, metais (ferro total, zinco, manganês e alumínio) e *Escherichia coli*. Os resultados apontam que os seguintes parâmetros avaliados (pH, turbidez, temperatura, nitrogênio total, sulfato, oxigênio dissolvido, ferro dissolvido, zinco, manganês) apresentam concordância com os valores máximos estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005. Contudo, deve-se salientar que os resultados indicam que os seguintes parâmetros e seus respectivos valores médios exigem atenção: fósforo (0,136-0,158 mg L⁻¹), *Escherichia coli* (432,07– 2.419,60 NMP por 100 mL) e coliformes totais (432,07 – 2.419,60 NMP por 100 mL). Diante do exposto, os resultados obtidos apontam a necessidade de um monitoramento contínuo em relação à qualidade da água do Rio Itajaí do Norte.

Palavras-chave: Contaminação de corpos hídricos, Efluente doméstico, Rio Itajaí do Norte.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural intimamente ligado a todo progresso da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial há questões de valores culturais e religiosos enraizados nas sociedades. Da mesma forma, a água está diretamente associada à existência da vida e é indispensável, visto que tem um grande valor socioeconômico e biológico. Os recursos hídricos são extremamente necessários para uma larga gama de atividades humanas como o abastecimento público e industrial, a produção de energia em hidrelétricas e principalmente a agricultura (cuja falta de água pode destruir lavouras ou até mesmo ecossistemas já devidamente instaurados). Não obstante, os ecossistemas aquáticos sofrem impactos resultantes das atividades humanas e, produzem alterações consideráveis em estuários e águas costeiras, redução de vegetação natural e alteração das características naturais de drenagem (Lach et al., 2020).

Mesmo com a vasta área de aplicabilidade, apenas 0,02% dos 2,4% da água doce do planeta está disponível para o uso mundial, portanto, é crucial o uso prudente e racional da mesma, evitando o desperdício e a poluição de rios e lagos. Neste íterim, as alterações de sua qualidade a torna imprópria para o consumo e prejudicial aos organismos vivos que dela dependem. As influências antrópicas sobre a qualidade da água estão fortemente associadas ao crescimento da urbanização, da expansão das atividades agropecuárias e industriais (MITRÓVIC et al., 2018). A água é um recurso renovável e o seu uso pode ser comprometido decorrente do grande aporte de resíduos e rejeitos oriundos das atividades antrópicas, sendo muito difundida a ideia de que os efluentes industriais são os grandes responsáveis pela degradação dos recursos hídricos (RODRIGUES et al., 2021).

A qualidade da água pode ser comprometida por fatores de origem inorgânica, complexos inorgânicos ou por influente orgânico como coliformes e diversos complexos derivados de esgotos domésticos e industriais. Diversas ferramentas foram apresentadas com base nas características físicas, químicas e bacteriológicas da água, sendo necessários ajustes nos parâmetros e pesos para adequação à realidade do corpo hídrico (GLORIA et al., 2017).

Portanto, a falta de água observada em algumas localidades ocorre por meio do elevado crescimento populacional, ou ainda, pela demanda crescente de consumo de água promovido por diversos setores produtivos como por exemplo as indústrias, agricultura e recreação (KLAMT et al., 2019). Atualmente é reconhecido que por grande parte das alterações químicas e físicas aplicadas à água provém de ações antrópicas. Essas variações acabam por alterar o equilíbrio natural culminando em prejuízos não só à região circunvizinha que é abastecida pelo recurso, mas também pelo próprio homem.

OBJETIVOS

- Avaliar os parâmetros físico-químicos da qualidade da água do Rio Itajaí do Norte na cidade de Ibirama/SC;
- Comparar os valores obtidos dos parâmetros estudados com a Resolução Conama 357/2005.

METODOLOGIA

A área de estudo está situada no Vale do Itajaí, localizada no Rio Hercílio, em Ibirama– Santa Catarina que é um dos afluentes do Rio Itajaí-Açú. Conta com uma extensão de 275 km² e faz limite com as cidades de Ascurra, Benedito Novo, José Boiteux, Apiúna, Lontras, Presidente Getúlio e Rio do Sul.

A cidade está localizada a uma altitude de 150 m acima do nível do mar, em clima subtropical com invernos frios, queda de geada e chuvas fortes com trovoadas e verões quentes e com ventos com temperatura média anual de 20 °C. A área em questão possui uma população estimada de 18.950 habitantes (IBGE, 2019). Seus principais fatores econômicos são a agricultura, o turismo, a indústria têxtil e a indústria metal mecânica. O município de Ibirama localiza-se à latitude 27°03'25''S e à longitude 49°31'04''O na microrregião do Alto Vale do Itajaí. Apresenta uma população de 18.412 mil habitantes, possui uma área total de 247,348 km² e é conhecido por suas belezas naturais e potencial turístico para prática de esportes ecológicos como rafting e rapel. Em relação à economia, sua base é a extração vegetal e a agropecuária de subsistência. (GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2015).

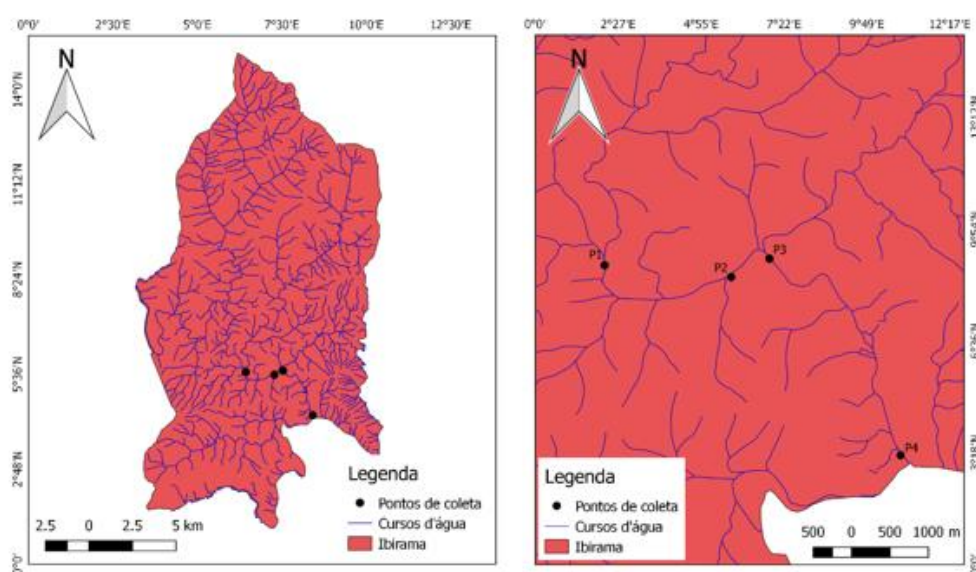


Figura 1: Localização dos pontos amostrais via sistema de coordenadas geográficas.

Fonte: EPAGRI/CIRAM, 2019

O trecho analisado encontra-se sumarizado na tabela 1.

Tabela 1. Metodologia utilizada nas análises físico-químicas

Ponto	Latitude	Longitude
P1	27° 3' 21,3" S	49° 32' 11,7" W
P2	27° 3' 27,7" S	49° 31' 11,8" W
P3	27° 3' 17,8" S	49° 30' 53,8" W
P4	27° 4' 40,1" S	49° 29' 50,8" W

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA

As técnicas de coleta, armazenamento e preservação das amostras seguiram o disposto na NBR 9898 de 1987, em frascos de polycarbonato de 1000 mL. Os procedimentos foram realizados com quatro amostras de água por ponto estudado coletadas no Rio Hercílio, durante dois meses. Os parâmetros físico-químicos realizados conforme procedimento da American Public Health Association (APHA, 2012). Os ensaios físico-químicos foram realizados por meio da determinação de OD-oxigênio dissolvido pelo método eletrométrico (Logen Scietific) pH por método eletrométrico (Hanna HI 3221), turbidez (Hanna HI 93703) e a quantificação de nitrogênio total, sulfato, fósforo, ferro total, manganês e alumínio pelo método colorimétrico (Merck Spectroquant Multy) no Laboratório de Qualidade das Águas de Abastecimento da Universidade do Estado de Santa Catarina, Campus CEA VI, conforme sumarizado na Tabela 1.

Tabela 2. Metodologia utilizada nas análises físico-químicas

Parâmetro Analítico	Referência do Procedimento
Alumínio dissolvido (mg L ⁻¹)	APHA 3500-Al-B
Oxigênio dissolvido	SMEEWW 4500-O G
Sulfato	APHA 4500-SO ₄ ⁻² E
Fósforo	APHA 4500-P E
Ferro total	APHA 3500-Fe B
Manganês	DIN 38406-2
pH	SMEWW-4500H+.B
Turbidez (UNT)	SMEEWW 2130B
Nitrogênio Total (mg L ⁻¹)	DIN EN (3)ISO 11905-1

Fonte: os autores (2023).

2.2 COLIFORMES TOTAIS E ESCHERICHIA COLI

A classificação do grupo de coliformes totais (CT) incluem as bactérias na forma de bastonetes Gram-negativos, não esporogênicos, aeróbios ou aeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35°C. Por ser uma bactéria de fácil isolamento e identificação em água e por seu período de sobrevivência ser semelhante ao dos patógenos mais comuns, a *E. coli* sendo considerada indicadora de contaminação fecal (MARQUEZI; GALLO; DIAS, 2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 3 apresenta os valores médios encontrados nas análises da água do Rio Itajaí do Norte indicando os valores qualitativos dos parâmetros físico-químicos da água e microbiológicos e, comparativamente os valores preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 3 – Resultados da caracterização física, química e microbiológica da água com respectivo valor médio dos pontos amostrais analisados.

Parâmetro	P1	P2	P3	P4	VMP ⁽¹⁾
pH (mg L ⁻¹)	6,60	6,61	6,68	6,51	6,0 a 9,0
Turbidez (mg L ⁻¹)	44,07	42,78	43,34	44,37	100 UNT
Temperatura (°C)	20,17	20,50	20,83	19,83	ND*
N-Total (mg L ⁻¹)	2,37	1,20	0,90	1,83	3,7 mg L ⁻¹
Sulfato (mg L ⁻¹)	11,00	13,33	13,67	12,67	250 mg L ⁻¹
Fósforo (mg L ⁻¹)	0,15**	0,14**	0,14**	0,14**	0,030 mg L ⁻¹
OD (mg L ⁻¹)	8,96	9,04	9,01	8,92	>5 mg L ⁻¹
E Coli (NMP/100ml)	105,8**	182,83**	179,60**	94,13**	Ausente
Coliformes (NMP)	>2419,6**	>2419,6**	>2419,6**	>2419,6**	1000

(1) Valor máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/2005

*ND: Não disponível **Valores não atendem a Resolução CONAMA 357/2005

Fonte: os autores (2023)

OXIGÊNIO DISSOLVIDO, TURBIDEZ, NITROGÊNIO TOTAL, SULFATO, FÓSFORO E PH

Os dados obtidos neste estudo evidenciam que os parâmetros de OD, turbidez, N-total e Sulfato atendem aos valores estabelecidos pela resolução do CONAMA 357/2005, para um rio de classe II. Entretanto, ressalta-se durante o período de 48 h antes da coleta aumento da turbidez devido a condição pluviométrica no período estudado.

Neste aspecto, a concentração de fósforo constitui como único parâmetro que não atende a Resolução Conama 357/2005. A origem do fósforo está associada a utilização de fertilizantes da agricultura que

lixiviam do solo para o corpo hídrico bem como no uso de produtos de limpeza utilizados na indústria e nas residências. O fósforo em excesso pode acarretar problemas como a eutrofização dos corpos hídricos, alterando todo o seu funcionamento original (PAULA FILHO, MOURA, MARTINS, 2012). Alguns estudos realizados (DANELON et al., 2012; LUNELLI et al., 2019) reportam a presença de fósforo em córregos e rios devido a atividades agrícolas em áreas de urbanização e, em sua totalidade não atendem ao disposto na Resolução Conama 357/2005. Da mesma forma, destaca-se o fato do município de Ibirama não apresentar rede de coleta e de tratamento de esgoto, constituindo uma das prováveis causas da elevada concentração de fósforo na água analisada.

ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS: COLIFORMES FECAIS E ESCHERICHIA COLI

No presente estudo foram observados valores acima da Resolução do CONAMA 357/2005 para todo o trecho do rio analisado, tendo valores de 94,13 a 179,60 NMP a cada 100ml para Coliformes Fecais e acima de 2419,6 NMP para Coliformes Totais.

Para avaliação deste indicador levou-se em consideração a bactéria *Escherichia coli* por ser um indicador de contaminação fecal na água, sendo um microrganismo presente na microbiota intestinal de humanos, mamíferos e aves (MESCHÉDE et al., 2018). Nesta condição, o aumento da matéria orgânica decorrente da urbanização e pela falta de saneamento básico constituem um agravante em relação à qualidade microbiológica da água do Rio Itajaí do Norte. Portanto, o lançamento de esgotos domésticos e de efluentes industriais ao longo da extensão do corpo hídrico do Rio Itajaí do Norte constituem fator importante na degradação microbiológica da água.

ANÁLISES DE METAIS: FERRO TOTAL, ZINCO, MANGANÊS E ALUMÍNIO

A Figura 2 sumariza os valores médios de leitura em relação aos parâmetros ferro total, manganês e alumínio comparativamente a Resolução Conama 357/2005.

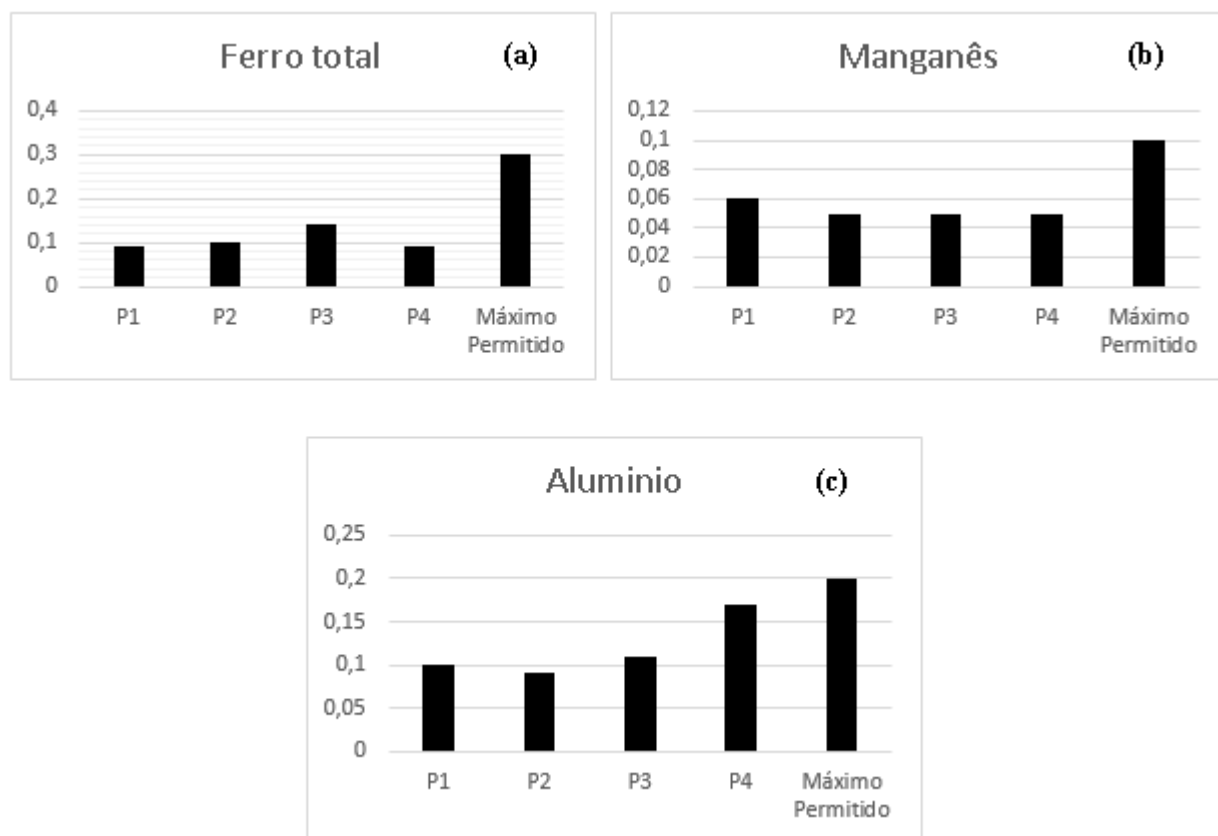


Figura 2: Gráfico comparativo para os valores médios da concentração de metais e comparados com a Resolução CONAMA 357/2005; (a) ferro total; (b) manganês; (c) alumínio.

Fonte: os autores (2023)

De acordo com os dados apresentados na Figura 2, todos os valores referentes aos ensaios dos metais ferro, manganês e alumínio atendem ao disposto Resolução CONAMA 357/2005 para rios de classe II. Não obstante, a presença de alumínio dissolvido no ponto P4 (0,018 mg L⁻¹) apresenta valores muito próximos ao permitido pela Resolução Conama 357/2005 (0,20 mg L⁻¹), constituindo especial atenção pelo fato deste metal ser responsável pela doença de Alzheimer e de doenças neurodegenerativas (FERREIRA et al., 2008).

A respeito da análise da concentração de zinco, foram constatados valores abaixo do limite de quantificação (0,20 mg L⁻¹), cujo valor máximo permitido pelo disposto na Resolução CONAMA 357/2005 para rios de classe II é de 0,18 mg L⁻¹.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, pode-se afirmar que o Rio Itajaí do Norte não atende a legislação vigente em todos os parâmetros para Rios de Classe II, como por exemplos o

parâmetro físico químico fósforo e parâmetros microbiológicos (E.coli e coliformes totais), provenientes do lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento adequado.

A partir das análises realizadas, sugere-se realizar estudos contínuos de monitoramento da qualidade da água na região estudada do Rio Itajaí do Norte e avaliar a influência do armazenamento e disposição de rejeitos do processo industrial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9898: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987.
- APHA, American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater, 22a. ed., Washington: American Public Health Association, 2012.
- BRASIL. IBGE. Censo Demográfico, 2019. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 nov. 2019.
- Brasil, C. Resolução. 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, 357, 2005.
- DANELON, Jean Roger Bombonato et al. Análise do nível de fósforo total, nitrogênio amoniacal e cloretos nas águas do córrego Terra Branca no município de Uberlândia (MG). Revista Geonorte, v. 1, n. 4, p. 412-421, 2012.
- FERREIRA, Pricilla Costa et al. Alumínio como fator de risco para a doença de Alzheimer. Revista Latino-Americana de Enfermagem, v. 16, n. 1, p. 151-157, 2008.
- GLORIA, Lucivania Pereira; HORN, Bruna Carolina; HILGEMANN, Maurício. Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água-iqa. Revista Caderno Pedagógico, v. 14, n. 1, p. 103-119, 2017.
- GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. Município de Ibirama. 2015. Disponível em: <<http://www.sc.gov.br/index.php/conhecasc/municipios-de-sc/ibirama>>. Acesso em: 14 nov. 2023.
- LACH, C. E.; COSTA, S. I. O.; MISTURINI, M.; UDA, Y. F.; PAULI, C. S.; KOSLOWSKI, L. A. D. Avaliação da qualidade da água do rio Hercílio, município de Ibirama, SC. Revista de Ciências Ambientais, v. 14, n. 1, p. 07-16, 2020.
- LUNELLI, Karina et al. Qualidade da água do Rio dos Índios sob influência de atividades agroindustriais e de urbanização. Revista Virtual de Química, v. 11, n. 4, 2019.
- MARQUEZI, Marina Chiarelli; GALLO, Cláudio Rosa; DIAS, Carlos Tadeu dos Santos. Comparação entre métodos para a análise de coliformes totais e E. coli em amostras de água. Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso), v. 69, n. 3, p. 291-296, 2010.
- MESCHEDE, Marina Smidt Celere et al. Drinking water quality in schools of the Santarém region, Amazon, Brazil, and health implications for school children. Revista Ambiente & Água, v. 13, n. 6, p. 1-19, 2018.
- MITROVIĆ, Tatjana et al. Virtual water quality monitoring at inactive monitoring sites using Monte Carlo optimized artificial neural networks: A case study of Danube River (Serbia). Science of The Total Environment, v. 654, p. 1000-1009, 2019.
- KLAMT, Rodrigo Augusto et al. Evaluation of water resource preservation areas in the Hydrographical Basin of Andreas Stream, RS, Brazil, using environmental monitoring programs. Revista Ambiente & Água, v. 14, 2019.

PAULA FILHO, F. J., DE MOURA, M. C. S., MARTINS, R. V., Fracionamento Geoquímico do Fósforo em Água e Sedimento do rio Corrente, Bacia hidrográfica do Parnaíba/PI, Revista Virtual de Química, v. 4, no. 4, p. 624 a 640, 2012.

RODRIGUES, Eduardo Bello et al. Avaliação de um Sistema Wetlands construído em uma propriedade rural no município de Ibirama (SC). Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 12, n. 10, p. 305-313, 2021.

Capítulo 7



10.37423/231208575

QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO DOS ÍNDIOS, PRESIDENTE GETÚLIO/SC, BRASIL

Luciano André Deitos Koslowski

*Universidade do Estado de Santa Catarina -
UDESC*

Eduardo Elias Engesser

*Universidade do Estado de Santa Catarina -
UDESC*

Karina Lunelli

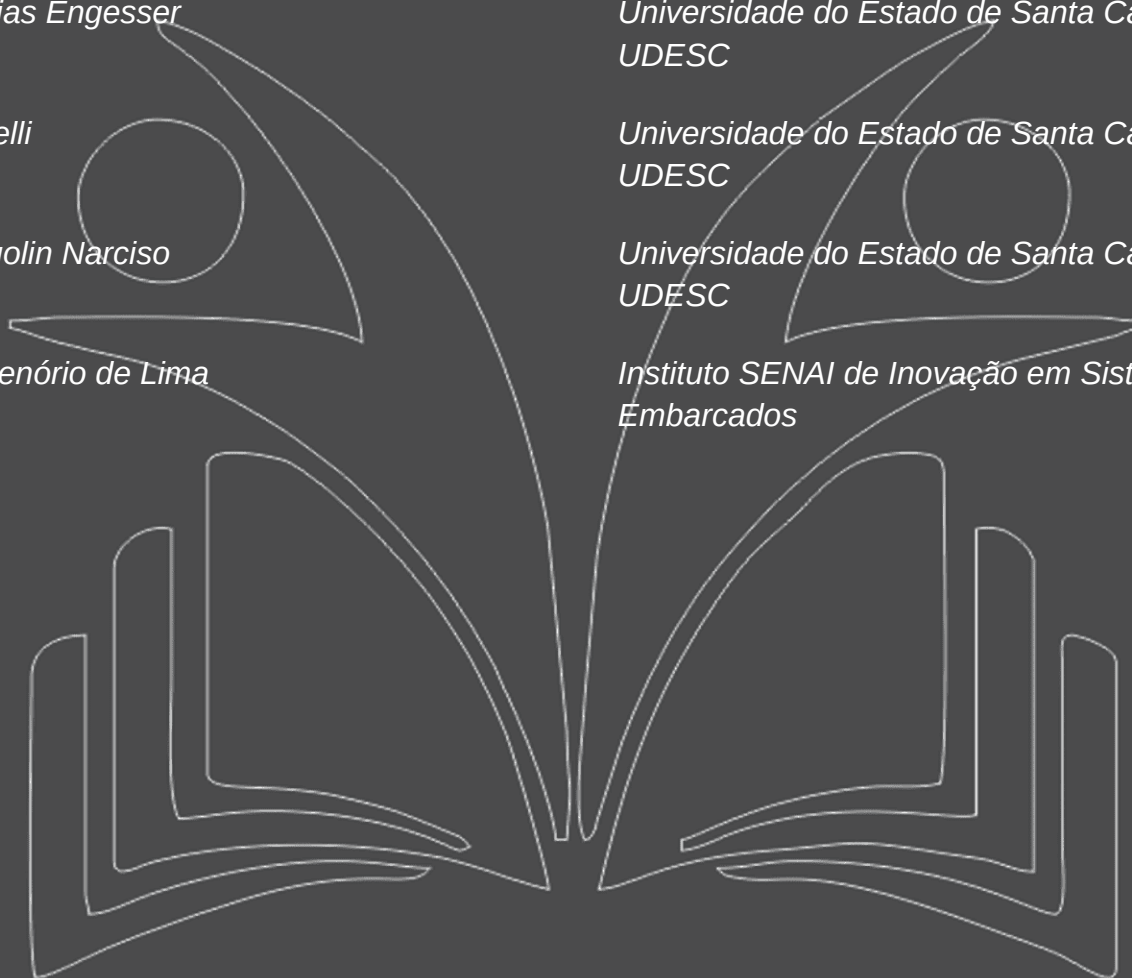
*Universidade do Estado de Santa Catarina -
UDESC*

Natânie Bigolin Narciso

*Universidade do Estado de Santa Catarina -
UDESC*

Jonathan Tenório de Lima

*Instituto SENAI de Inovação em Sistemas
Embarcados*



Resumo: A presença de cursos d'água junto às zonas urbanas sempre constitui um desafio, já que a qualidade do recurso hídrico varia de acordo com o ambiente de gênese, o percurso, geologia e a interferência humana. O presente estudo apresenta como objetivo principal, avaliar a qualidade das águas do Rio dos Índios, na cidade de Presidente Getúlio/SC. Para a realização do estudo, foram selecionados 5 pontos de amostragem e realizadas 4 coletas durante o período de 4 meses (agosto a novembro de 2019) ao longo da extensão do Rio dos Índios, sendo avaliado na água parâmetros físicos (temperatura da água), químicos (oxigênio dissolvido, pH e turbidez) e biológicos (*Escherichia coli*). Os valores obtidos foram comparados com a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Os resultados obtidos evidenciam que os seguintes parâmetros e respectivos valores médios atenderam a Resolução 357/2005 do CONAMA: pH (6,64-6,83), temperatura da água (16,25-18,00 °C), oxigênio dissolvido (7,77-8,86 mg L⁻¹) e turbidez (10,45-23,67 UNT). Os resultados denotam que os seguintes parâmetros e seus respectivos valores médios exigiram atenção: concentração *Escherichia coli* (> 2419,00 NMP 100 mL⁻¹).

Palavras-chave: contaminação de corpos hídricos, efluente doméstico, poluição.

INTRODUÇÃO

No contexto atual, diversas atividades industriais e urbanas tem comprometido os padrões qualitativos e quantitativos dos recursos hídricos, comprovando a necessidade do desenvolvimento de pesquisas capazes de determinar os principais contaminantes existentes em cada bacia hidrográfica a fim de investir em políticas públicas capazes de diminuir o impacto negativo provocado por tais contaminações. A alteração na qualidade da água dos corpos hídricos pode ocorrer, principalmente, devido à disposição final inadequada de efluentes domésticos, efluentes industriais, efluentes provenientes da agricultura e disposição incorreta de resíduos sólidos, essas alterações provocam um desequilíbrio no ecossistema devido a introdução de compostos orgânicos e inorgânicos nos corpos hídricos, alterando a sua potabilidade (ALVES et al., 2008).

O município de Presidente Getúlio está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí, na Sub Bacia do Rio Itajaí do Norte/Hercílio, a vazão média é de 39.214,65 L/s. No município de Presidente Getúlio são distribuídas vazões médias entre 500 L s⁻¹ e 3000 L s⁻¹, sendo que as maiores vazões estão concentradas na região leste do município (COMITÊ DO ITAJAÍ, 2010).

A classificação e enquadramento dos corpos d'água é realizada por meio da Resolução nº 357/2005. De acordo com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí, os corpos d'água do município são enquadrados como classe 2, atualmente a classificação da maior parte dos corpos hídricos está em Classe 3, águas que podem ser direcionadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado (COMITÊ DO ITAJAÍ, 2010). Essa alteração na qualidade da água compromete os seus possíveis usos bem como aumenta os custos relacionados ao tratamento necessário à sua utilização.

O monitoramento da qualidade da água considera um modelo de sustentação, planejamento e gestão de recursos hídricos, sendo, portanto, um modelo efetivo no acompanhamento do processo de uso dos corpos hídricos (FRANCO e HERNANDEZ, 2009). A temperatura é um parâmetro natural do corpo hídrico, sendo que esse apresenta variações sazonais devido ao regime climático normal (OLIVEIRA et al., 2008), aos fatores geográficos e a altura de lâmina de água, a qual afeta diretamente a influência da temperatura ambiente na temperatura da água. Da mesma forma, outro fator que pode influenciar na temperatura da água é a supressão de vegetação ciliar (FIA et. al, 2015) além do descarte de efluentes.

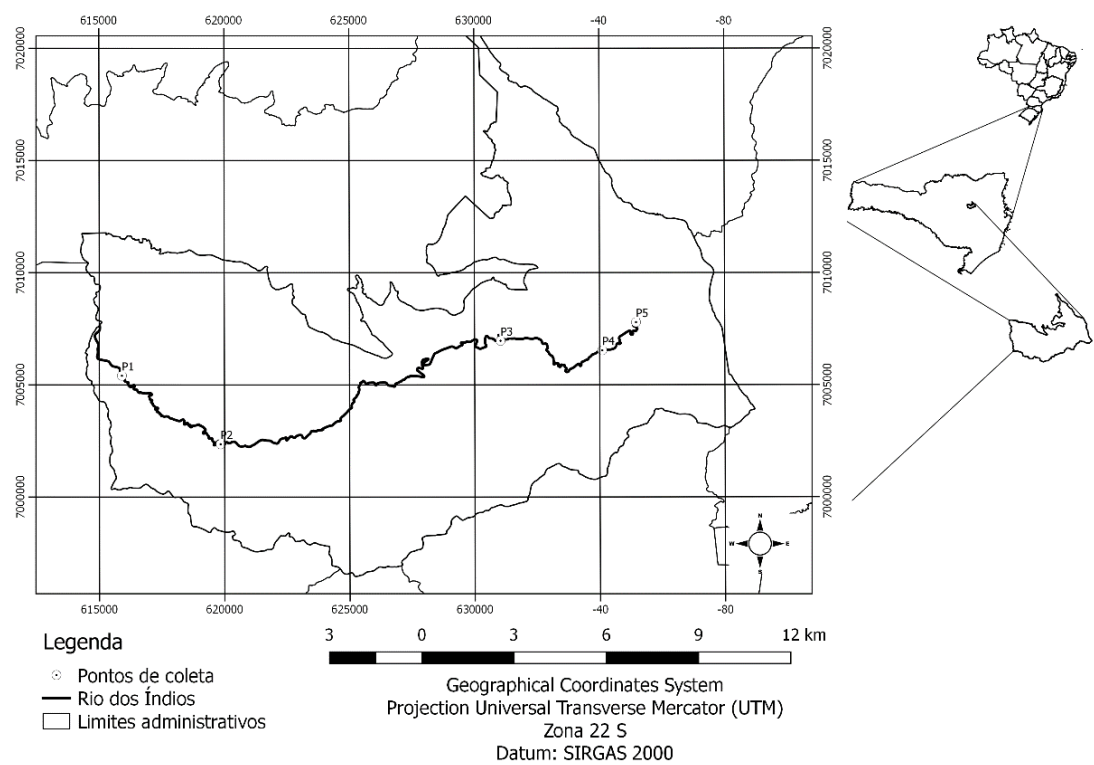
O oxigênio dissolvido é elemento fundamental para a manutenção do ecossistema aquático. O descarte de efluente no corpo hídrico provoca uma queda no teor de OD, uma vez que, os microrganismos começam o processo de degradação da matéria orgânica, sendo assim, a presença de efluentes, principalmente doméstico, no curso d'água provoca diminuição na biodiversidade aquática (VON SPERLING, 1996).

O aumento na turbidez da água ocorre, principalmente, devido a presença de sólidos em suspensão, algas, plâncton, matéria orgânica e algumas substâncias inorgânicas resultantes do processo natural de erosão ou resíduos domésticos e industriais (BUENO et. al, 2018). A presença de bactérias no meio aquático está estreitamente relacionada a lançamentos de esgoto doméstico in natura nos corpos dos cursos d'água ou ao carreamento de partículas de solos expostos a fezes de animais (DRUMOND, 2018). A *E. coli* é uma bactéria considerada indicador universal de contaminação por fezes de animais de sangue quente, o que denota a importância de sua avaliação em estudos relacionados a qualidade da água de rios. Para tanto, no presente trabalho, foram avaliados parâmetros físico-químicos e microbiológicos com a finalidade de avaliar a qualidade da água do Rio dos Índios, além das suas principais fontes de contaminação.

METODOLOGIA

O período experimental ocorreu entre os meses de agosto a novembro de 2019, sendo as coletas efetuadas no início da manhã de cada dia de coleta e as condições de armazenamento dos frascos ocorreram conforme a NBR 9898 de junho de 1987, que estabelece a Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores. Foram escolhidos cinco pontos de amostragem ao longo do Rio dos Índios, em Presidente Getúlio – SC, obtidos pelo software QGIS (sistema de informação geográfica-SIG) conforme ilustrado na Figura 1 e as coordenadas geográficas expressas na Tabela 1.

Figura 1 – Localização dos pontos de amostragem



Fonte: Autores, 2023.

Tabela 1 – Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem.

Pontos	Latitude	Longitude	Altitude (m)
P1	27°04'07.65" S	49°49'52.12" O	494
P2	27°05'45.69" S	49°47'28.16" O	461
P3	27°03'12.28" S	49°40'43.33" O	272
P4	27°03'24.71" S	49°38'15.54" O	259
P5	27°02'43.53" S	49°37'27.13" O	261

Fonte: Autores, 2023.

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA

Os parâmetros de qualidade da água foram definidos de acordo com a disponibilidade dos equipamentos e reagentes do Laboratório de Qualidade das Águas da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, campus Alto Vale, localizado no município de Ibirama/SC, consistindo das seguintes análises: temperatura da água, oxigênio dissolvido (OD), turbidez, pH. As análises de temperatura foram extraídas no local da amostragem por meio de um termômetro digital (Incoterm), determinação do oxigênio dissolvido através do oxímetro (YSI, modelo ProODO), a turbidez com o turbidímetro

(Hanna HI 93703) e a determinação do pH com o phmetro (Thermo Scientific Orion, Modelo STAR A 121).

ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Diante das atividades desenvolvidas na microbacia hidrográfica do Rio dos Índios e de toda a região do Alto Vale do Itajaí em que ela se encontra, as concentrações de coliformes nos corpos hídricos da região são altas, diante disso, efetuou-se a análise microbiológica de *Escherichia coli*. As análises foram realizadas pela técnica do Colilert em cartela – método de substrato cromogênio no Laboratório de Microbiologia da universidade. A técnica de análise empregada identifica a presença de indicadores biológicos de contaminação fecal e possíveis patogênicos. A presença desses microrganismos em água é evidência de que ela está poluída com material fecal de origem humana ou de outros animais de sangue quente (PELCZAR, 1997). Expressou-se os resultados com base na tabela NMP (Número Mais Provável em 100mL de água).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com o enquadramento do Rio dos Índios em classe II conforme preconizado pelo CONAMA 357/2005, os corpos hídricos enquadrados nessa classe são considerados, não menosprezando as demais classes de corpos hídricos, de grande importância para o abastecimento humano, visto que a potabilidade dessa água é possível através do emprego de tratamento convencional.

No Quadro 1 encontra-se sumarizado os resultados obtidos nas quatro coletas realizadas nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro de 2019 em todos os cinco pontos amostrais da bacia hidrográfica do Rio dos Índios. Salienta-se que os pontos P1, P2 e P3 estão localizados na zona rural do município de Presidente Getúlio/SC, com os pontos P4 e P5 localizados na zona urbana do município citado.

Quadro 1 – Resultados das análises físico-químicas.

Parâmetros	Resultados da coleta 1 (agosto/2019)				
	P1	P2	P3	P4	P5
OD (mg O ₂ L ⁻¹)	9,35	8,72	9,82	8,13	9,09
Turbidez (UNT)	4,62	10,51	6,35	5,81	7,39
pH	7,15	7,11	7,36	7,40	7,28
Temperatura	14,00	15,00	14,00	15,00	15,00
Parâmetros	Resultados da coleta 2 (setembro/2019)				
	P1	P2	P3	P4	P5
OD (mg O ₂ L ⁻¹)	9,38	8,93	9,26	9,38	8,19
Turbidez (UNT)	4,74	13,15	12,01	13,30	15,28
pH	6,59	6,71	6,57	6,50	6,74
Temperatura	16,00	16,00	17,00	17,00	17,00
Parâmetros	Resultados da coleta 3 (outubro/2019)				
	P1	P2	P3	P4	P5
OD (mg O ₂ L ⁻¹)	8,39	6,16	6,73	6,66	5,60
Turbidez (UNT)	8,39	29,09	28,36	26,48	30,61
pH	6,38	6,47	6,22	6,46	6,75
Temperatura	18,00	19,00	20,00	20,00	20,00
Parâmetros	Resultados da coleta 4 (novembro/2019)				
	P1	P2	P3	P4	P5
OD (mg O ₂ L ⁻¹)	8,33	9,1	9,48	8,36	8,2
Turbidez (UNT)	24,05	41,51	28,63	28,27	31,78
pH	6,43	6,57	6,49	6,59	6,53
Temperatura	17,00	17,00	18,00	19,00	20,00

Fonte: Autores, 2023..

A análise de dados do Quadro 1 demonstra a grande variação da turbidez na coleta 4, decorrente da precipitação pluviométrica que ocorreu horas antes da coleta. O aumento da turbidez impacta negativamente a preservação dos organismos aquáticos na água bem como o seu uso para atividades de recreação e industrial. Neste aspecto, o aumento da turbidez pode ser ocasionado por atividades antrópicas como as originadas das atividades de mineração, lançamento de esgotos e de efluentes industriais (ANA, 2009).

Apesar desse aumento de turbidez, os valores encontrados se enquadram conforme a legislação do CONAMA 357/2005, que estabelece o valor de até 100 UNT. A turbidez no ponto 1 (P1), sempre se encontraram ligeiramente abaixo em relação aos demais pontos, isso se justifica pela proximidade do ponto à nascente. O ponto 2 (P2), é caracterizado pela presença mais intensa de vegetação à beira do corpo hídrico, entretanto, essa vegetação não é nativa na sua maioria e a área de mata ciliar não é apropriada tanto nesse ponto quanto na extensão de todo o corpo hídrico do Rio dos Índios.

A mesma característica foi observada por Zonta et al., (2008) em épocas chuvosas, em que houve aumento na turbidez do rio estudado devido a retirada de mata ciliar, que acaba diminuindo a

proteção do solo, resultando em um aumento do escoamento superficial e por consequência o arraste do material particulado para o corpo hídrico.

Em relação ao oxigênio dissolvido (OD), a análise desse parâmetro não fora realizada *in loco*, assim, a confiabilidade desse resultado não se torna expressiva. Porém, mesmo com a análise em laboratório após o tempo de 3 horas após a coleta, os resultados satisfazem o que preconiza a legislação, sendo seu valor superior a 5 mgO₂ L⁻¹.

A respeito dos parâmetros pH e a temperatura, em todas as coletas apresentou-se uma leve alteração em seus resultados, entretanto a mudança não fora expressiva e está adequado à legislação, que estabelece a faixa de 6,0 a 9,0 para o pH e não há definição de faixa de temperatura.

O principal parâmetro analisado que não se adequa a legislação é o de coliforme fecal, que nos estudos considerou-se a bactéria *Escherichia coli* por ser um indicador de contaminação fecal na água, sendo um microrganismo presente na microbiota intestinal de humanos, mamíferos e aves (VON SPERLING, 1996). Em todas as coletas e análises realizadas, somente o ponto 1 na coleta 2, em que esse parâmetro se encontrou adequado à legislação onde o Número Máximo Provável (NMP) em 100mL de água foi de 613,10 visto que a legislação estabelece um valor abaixo de 1000 NMP. Lunelli et al., (2019) reportaram sobre a qualidade microbiológica do Rio dos Índios no perímetro urbano no ano de 2018, coletando amostras em períodos secos e chuvosos. Não obstante, foi evidenciada a presença substancial de coliformes na área urbanizada do curso hídrico do Rio dos Índios, corroborando com os resultados obtidos neste estudo (>2419,60 NMP 100 mL⁻¹).

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas análises demonstram que os pontos de coleta mais próximos à nascente, essencialmente o ponto P1, apresentam características melhores em relação aos pontos mais distantes, à exemplo dos pontos P4 e P5 localizados na zona urbana. Salienta-se que na zona urbana a área demográfica é maior e os índices de coleta e tratamento de esgoto são precários, concentrando assim, maior quantidade de dejetos, tanto domiciliar quanto industrial, despejado no corpo hídrico.

O valor de *E. coli* é superior ao permitido pela CONAMA 357/05, confirmando mais uma vez a falta de saneamento na área de estudo. Outro fator de interferência nas análises, foram as precipitações que carregam poluentes e sedimentos para os corpos hídricos, aumentando principalmente os coliformes e a turbidez, além da variação do pH do corpo hídrico.

O município de Presidente Getúlio apresenta várias cachoeiras, das quais são importantes pontos de recreação e atraem turistas, diante disso, torna-se importante o bom manejo das águas doces e de toda área em torno dos corpos hídricos para que tenham uma boa qualidade, e principalmente, serem livres de coliformes fecais. Entretanto, por meio das análises efetuadas, esse bom manejo não ocorre na prática. Além disso, salienta-se que durante uma das coletas, no ponto 1 foi observado a presença de animais provenientes da agropecuária dentro do corpo hídrico, o que torna preocupante a preservação da qualidade da água do corpo hídrico.

Por ser uma região que apresentam características geográficas e topográficas que incentivam a recreação nas águas doces, deveriam receber maior atenção tanto do poder público e da comunidade em geral para incentivar a preservação destas áreas. Consequentemente, atenderia de melhor maneira as condições preconizadas na legislação e os gastos com tratamento de água para potabilidade seriam menores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9898: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987. Disponível em: < <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.898-Coleta-de-Amostras.pdf> >. Acesso em: 10 dez. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA). 2009. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 14 dez. 2019.

ALVES, E. C.; SILVA, C. F.; COSSICH, E. S.; TAVARES, C. R. G., FILHO, E. E. de S., CARNIEL, A. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó-Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.

BUENO, G.H.; MELO, C. P. O. F.; MADEIRA, A. P. C.; DE SOUZA, A. G.; GARCIA, E. M.; TAROCO, H. A.; MELO, J. O. F. Seasonal water evaluation of main lagoons in the city of Sete Lagoas-MG. *Revista Virtual de Química* 2018, 10, 863.

COMITÊ, DO ITAJAÍ. Plano de recursos hídricos da Bacia do Itajaí: Cenário tendencial das demandas hídricas, 2010.

CONAMA, Resolução. 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, v. 357, 2005.

DRUMOND, S. N.; SANTIAGO, A. da F.; MOREIRA, M.; LANNA, M. C. da S.; ROESER, H. M. P. Identificação molecular de *Escherichia coli* diarreiogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Xopotó na região do Alto Rio Doce. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2018, vol.23, n.3, pp. 579-590.

FIA, R.; TADEU, H.; MENEZES, J. P.; FIA, F. R. L. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 20, n. 2, p. 267-275, 2015.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T. Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, p. 772, 2009.

LUNELLI, K.; NARCISO, N. B.; PAULINO, Ê. A.; KOSLOWSKI, L. A. D. Qualidade da água do Rio dos Índios sob influência de atividades agroindustriais e de urbanização. *Revista Virtual de Química*, v.11, n.4, p.1190-1202, 2019.

MESCHEDE, Marina Smidt Celere et al. Drinking water quality in schools of the Santarém region, Amazon, Brazil, and health implications for school children. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science*, [s.l.], v. 13, n. 6, p.1-1, 31 out. 2018. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2218>

OLIVEIRA, L. C.; GOMES, B. M.; BAUMGARTNER, G.; SEBASTIEN, N. Y. Variação espacial e temporal dos fatores limnológicos em riachos da microbacia do Rio São Francisco Verdadeiro. *Engenharia Agrícola*, v.28, n.4, p.770-781, 2008.

PECZAR, M. J. Microbiologia: conceitos e aplicações. 2 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1997. v. 2. 350 p.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Editora UFMG, 1996.

ZONTA, J. H.; ZONTA, J. B.; DA SILVA RODRIGUES, J. I.; DOS REIS, E. F. Qualidade das águas do rio Alegre, Espírito Santo. Revista Ciência Agronômica, v.39, n.1, p.155-161, 2008.

Capítulo 8



10.37423/231208585

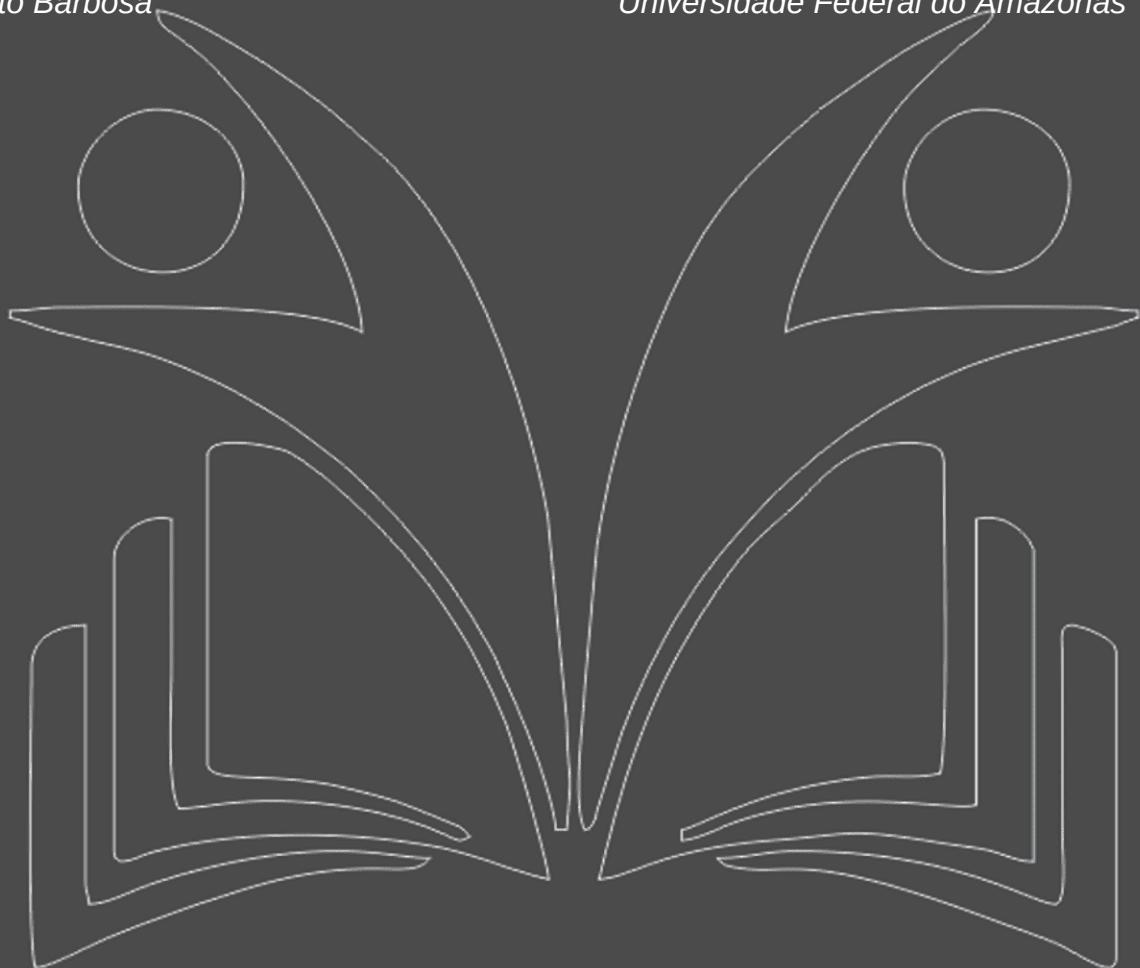
IMPACTOS AMBIENTAIS NATURAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE COARI, NO ESTADO DO AMAZONAS, NO ANO DE 2023.

Milena Gaion Malosso

Universidade Federal do Amazonas

Edilson Pinto Barbosa

Universidade Federal do Amazonas



A seca na Amazônia é um fenômeno climático que afeta a região Norte do Brasil, causando a redução do nível dos rios, a mortandade de peixes e animais, a intensificação das queimadas, a perda de biodiversidade e a escassez de água para consumo e irrigação, tendo impactos ambientais, sociais e econômicos para a região e para o país, afetando diversos setores e atividades, como a navegação, a distribuição de alimentos e energia, a produção agrícola familiar etc.

As consequências da seca na Amazônia, na dimensão ambiental, afetam a biodiversidade, os ecossistemas e os recursos naturais da região, causando a redução do nível dos rios, a mortandade de peixes e animais, a perda de vegetação, o aumento das queimadas e das emissões de gases de efeito estufa, a alteração do ciclo hidrológico e a vulnerabilidade à desertificação (CASTRO, Fábio de. **Crise climática: seca severa na Amazônia é agravada por desmatamento e fogo**. Especial para o WWF-Brasil. Disponível em: <https://www.wwf.org.br>. Acessado em: 06/12/2023).

Na dimensão social, a seca afeta a qualidade de vida, a saúde, a cultura e os modos de vida das populações que habitam a Amazônia, especialmente as comunidades tradicionais, indígenas e ribeirinhas, causando o isolamento, a falta de água potável, a escassez de alimentos, a propagação de doenças, a perda de identidade, o conflito e a migração.

Na dimensão econômica, a seca afeta a produção, o transporte, o comércio e o consumo de bens e serviços na região, causando a queda da renda, o aumento dos custos, a perda de empregos, a interrupção na geração de energia, a redução da oferta de alimentos, a dificuldade na navegação dos rios, a dependência de combustíveis fósseis e a diminuição da competitividade, aumento repentino dos preços dos alimentos e insumos agrícolas, e a perpetuação da pobreza das populações mais vulneráveis (FILHO, José Barbosa & RAMÍREZ, Yunier Sarmiento. **Seca no Amazonas: os impactos ambientais, sociais e econômicos de um desafio global**. Publicado em 23/10/2023.

Disponível em: <https://portalamazonia.com/amazonia-ameaca-ou-oportunidade/seca-no-amazonas-os-impactos-ambientais-sociais-e-economicos-de-um-desafio-global>. Acessado em: 03/12/2023).

As consequências da seca na Amazônia não se limitam à região, mas também afetam o Brasil e o mundo, pois a Amazônia é um patrimônio natural de valor inestimável, que desempenha um papel fundamental na regulação do clima, na conservação da biodiversidade, na provisão de serviços ecossistêmicos, na produção de alimentos, na geração de energia, na promoção da cultura e dos direitos humanos, entre outros benefícios (SOLDERA, Bruna. **Seca na Amazônia: Uma Ameaça para Todo o Brasil?** Postado em Blog Instituto Água Sustentável em 31 outubro de 2023 Disponível em: <https://aguasustentavel.org.br>. Acessado em: 06/12/2023).

Uma das consequências causado pelo período prolongado de seca na Amazônia, no ano de 2023, foi o rebaixamento do lençol freático, que é a camada de água subterrânea que ocupa os espaços entre as rochas e os solos. É abastecido pela infiltração da água da chuva e dos rios, e fornece água para os poços, as nascentes e os rios. O nível do lençol freático varia ao longo do ano, dependendo do clima, da geologia e do uso da água pelas atividades humanas (QUAISQUERRESPOSTAS. ***Quais os riscos de rebaixamento de lençol freático numa edificação.*** Publicado em 25/05/2020. Disponível em: <https://quaisquerrespostas.com.pt/blogue/quais-os-riscos-de-rebaixamento-de-lencol-freatico-numa-edificacao/>. Acessado em: 03/12/2023).

O rebaixamento do lençol freático ocorreu, no ano de 2023, porque houve uma diminuição do volume de água presente no meio subterrâneo. Esse fenômeno pode ser causado por diversos fatores, como a exploração excessiva de água por poços, a impermeabilização do solo, a contaminação da água, a erosão do solo, entre outros, podendo ter consequências negativas para o meio ambiente e para a sociedade, como a redução da disponibilidade de água, a alteração do ciclo hidrológico, a degradação da qualidade da água, a perda de biodiversidade, a subsidência do solo, entre outras (PUC-RIO. ***Rebaixamento temporário do lençol freático.*** Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br>. Acessado em: 06/12/2023).

Na Amazônia, o rebaixamento do lençol freático foi agravado pelo período prolongado de seca que afetou a região nos últimos anos, sendo que, no ano de 2023, bateu todos os recordes de níveis abaixo das médias, se comparado com os últimos 120 anos. No ano de 2023, a seca extrema na Amazônia foi resultado da combinação de fatores climáticos globais, como o aquecimento do Oceano Atlântico Norte e o fenômeno El Niño, e de fatores locais, como o desmatamento e as queimadas. Muitas das vezes as queimadas foram causadas pelas próprias populações locais, que se utilizam de técnicas rudimentares de plantações das lavouras e da expansão da pecuária, causando uma inundação de níveis de fumaça, sendo prejudicial para a saúde da população local do município de Coari, no ano de 2023.

A seca reduziu a vazão dos rios, a umidade do ar e a precipitação na região, diminuindo a recarga do lençol freático. O rebaixamento do lençol freático no município de Coari, no ano de 2023, teve impactos severos para a floresta e para as populações que dela dependem. A floresta amazônica é responsável por cerca de 20% do ciclo global de água, e sua vegetação depende da água subterrânea para manter sua transpiração e sua resistência ao fogo. A diminuição do lençol freático aumentou o estresse hídrico das plantas, tornando-as mais vulneráveis à mortalidade e à propagação de incêndios.

Além disso, afetou a biodiversidade, a produção de alimentos, a saúde, a cultura e os modos de vida das comunidades tradicionais, indígenas e ribeirinhas que habitam a Amazônia, principalmente, no município de Coari, no ano de 2023 (TECNOGEO GROUND. **Rebaixamento do Lençol Freático**. Disponível em: <https://www.tecnogeo.com.br>. Acessado em: 03/12/2023).

Uma consequência direta do rebaixamento do lençol freático no município de Coari, no ano de 2023, foram as rachaduras nos imóveis de alvenaria, causando aberturas que se formaram nas paredes ou em outras partes dos imóveis, tendo diferentes tamanhos, profundidades e direções (REDACAO EXPRESSO.ARQ. **As 7 causas mais comuns de rachaduras em paredes e como consertá-las**. Publicado em 27/06/2022. Disponível em: <https://expresso.arq.br/author/redacao-expresso-arq/>. Acessado em: 06/12/2013).

As rachaduras podem ser causadas por vários fatores, como problemas estruturais, uso de materiais de baixa qualidade, execução inadequada do reboco, infiltrações, movimentação do solo, variação de temperatura, entre outros (EQUIPE VIVA DECORA. **Rachadura na Parede: 7 Possíveis Causas e Como Consertar - Viva Decora**. Publicado em 10/06/2022. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br>. Acessado em: 06/12/2013). No entanto, no município de Coari, no ano de 2023, houve casos generalizados de rachaduras na maioria das casas de alvenaria, devido o rebaixamento do lençol freático, causado pelo período prolongado de estiagem na Amazônia.

Por tanto, no município de Coari, no estado do Amazonas, no ano de 2023, as rachaduras comprometeram a estética, a segurança e a durabilidade dos imóveis, causadas pela movimentação do solo, tornando importante identificar suas causas e tomar as medidas necessárias para consertá-las, com efeitos financeiros na renda da população local, devido as despesas não programadas com a compra de materiais de construção e a contratação de mão de obra para fazer os reparos nas rachaduras. Algumas rachaduras podem ser resolvidas com simples reparos, como aplicação de massa corrida e tinta, mas outras podem exigir intervenções mais complexas, como reforço estrutural, impermeabilização, recalque de fundação etc (G1 SOROCABA e JUNDIAÍ. **Conheça os diferentes tipos de rachaduras e como lidar com eles**. Disponível em: <https://g1.globo.com/sao-paulo/sao-jose-do-rio-preto-aracatuba/mercado-imobiliario-do-interior/noticia/2016/10/>. Acessado em: 06/12/2013).

Para evitar o surgimento de rachaduras nos imóveis, é recomendável seguir algumas boas práticas, como: contratar profissionais qualificados para elaborar o projeto, executar a obra e fiscalizar os serviços; utilizar materiais de boa qualidade e procedência, seguindo as normas técnicas e as recomendações dos fabricantes; respeitar as juntas de dilatação e de movimentação, que permitem a

acomodação natural dos materiais; prevenir e corrigir as infiltrações e os vazamentos, que podem causar umidade, corrosão e deterioração dos materiais; realizar manutenções periódicas, verificando o estado das instalações, dos revestimentos, das pinturas, das esquadrias, entre outros (FORTE, Fernando & FERRAZ, Rodrigo Marcondes. **Minha casa tem várias trincas e rachaduras: é problema.**

Publicado pelo UOL em 15/10/2010. Disponível em: <http://casaeimoveis.uol.com.br/tire-suas-duvidas/arquitetura/>. Acessado em: 06/12/2013).

BIBLIOGRAFIA

CASTRO, Fábio de. Crise climática: seca severa na Amazônia é agravada por desmatamento e fogo. Especial para o WWF-Brasil. Disponível em: <https://www.wwf.org.br>. Acessado em: 06/12/2023.

CAMPOS, Mateus. Lençol freático: o que é e características. Mundo Educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/lencol-freatico.htm>. Acessado em: 06/12/2023.

FILHO, José Barbosa & RAMÍREZ, Yunier Sarmiento. Seca no Amazonas: os impactos ambientais, sociais e econômicos de um desafio global. Publicado em 23/10/2023. Disponível em: <https://portalamazonia.com/amazonia-ameaca-ou-oportunidade/seca-no-amazonas-os-impactos-ambientais-sociais-e-economicos-de-um-desafio-global>. Acessado em: 03/12/2023).

INSTITUTO de FÍSICA da USP-IFUSP. Seca Extrema Na Amazônia: Causas, Consequências e o Desafio de Encarar um Futuro Incerto. Disponível em: <https://portal.if.usp.br/imprensa/pt-br/node/4344>. Acessado em: 06/12/2023)

SOLDERA, Bruna. Seca na Amazônia: Uma Ameaça para Todo o Brasil? Postado em Blog Instituto Água Sustentável em 31 outubro de 2023 Disponível em: <https://aguasustentavel.org.br>. Acessado em: 06/12/2023.

O TEMPO. Entenda as causas da seca extrema na Amazônia. Publicado pela Agência O TEMPO em 18/10/2023. Disponível em: <https://www.otempo.com.br>. Acessado em: 06/12/2023.

REDACAO EXPRESSO.ARQ. As 7 causas mais comuns de rachaduras em paredes e como consertá-las. Publicado em 27/06/2022. Disponível em: <https://expresso.arq.br/author/redacao-expresso-arq/>. Acessado em: 06/12/2023.

EQUIPE VIVA DECORA. Rachadura na Parede: 7 Possíveis Causas e Como Consertar - Viva Decora. Publicado em 10/06/2022. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br>. Acessado em: 06/12/2023.

G1 SOROCABA e JUNDIAÍ. Conheça os diferentes tipos de rachaduras e como lidar com eles. Disponível em: <https://g1.globo.com/saopaulo/saojosedoriopretoaracatuba/mercadoimobiliariodointerior/noticia/2016/10/>. Acessado em: 06/12/2023.

FORTE, Fernando & FERRAZ, Rodrigo Marcondes. Minha casa tem várias trincas e rachaduras: é problema. Publicado pelo UOL em 15/10/2010. Disponível em: <http://casaeimoveis.uol.com.br/tire-suas-duvidas/arquitetura/>. Acessado em: 06/12/2023.

JAQUES, Emanuelle. Rachaduras no imóvel: quando devo me preocupar? IDEAL Consultoria Jr. Disponível em: <https://www.idealjr.com/post>. Acessado em 07/12/2023.

PUC-RIO. Rebaixamento temporário do lençol freático. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br>. Acessado em: 06/12/2023.

QUAISQUERRESPOSTAS. Quais os riscos de rebaixamento de lençol freático numa edificação. Publicado em 25/05/2020. Disponível em: <https://quaisquerrespostas.com.pt/blogue/quais-os-riscos-de-rebaixamento-de-lencol-freatico-numa-edificacao/>. Acessado em: 03/12/2023.

TECNOGEOGROUND.RebaixamentodoLençolFreático. Disponível em: <https://www.tecnogeo.com.br>. Acessado em: 03/12/2023.

JANONE, Lucas. A cada desastre natural no Brasil, em média, 3,4 mil pessoas são afetadas. Publicado pela CNN Rio de Janeiro em 11/04/2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/a-cada-desastre-natural-no-brasil-em-media-34-mil-pessoas-sao-afetadas/>. Acessado em 07/12/2023.

Capítulo 9



10.37423/231208586

SIMULAÇÃO DO USO DE PISCININHAS EM ESCOLAS DE ARACAJU

Rayana Almeida de Novais

Instituto Federal de Sergipe (IFS)

Zacarias Caetano Vieira

Instituto Federal de Sergipe (IFS)

Carlos Gomes da Silva Júnior

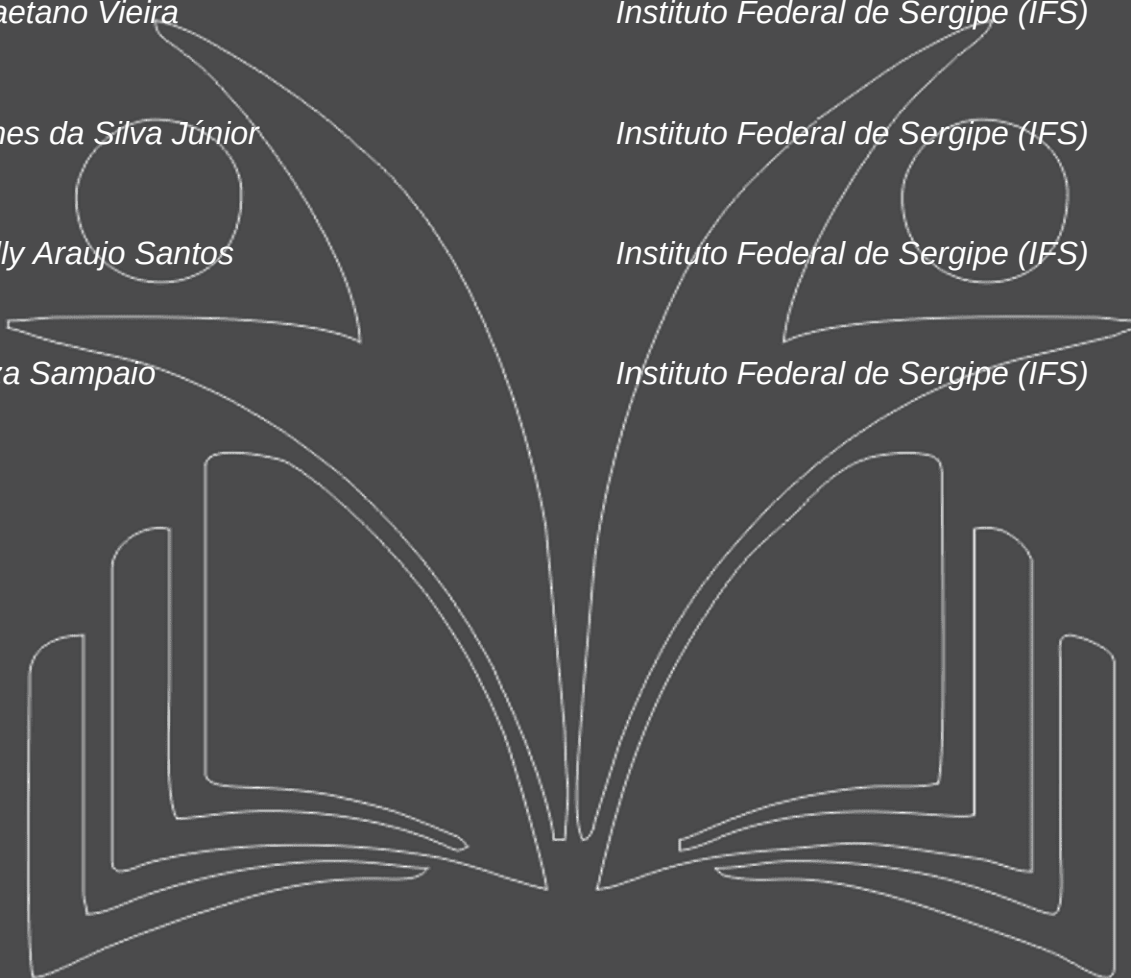
Instituto Federal de Sergipe (IFS)

Dayana Kelly Araujo Santos

Instituto Federal de Sergipe (IFS)

Layse Souza Sampaio

Instituto Federal de Sergipe (IFS)



Resumo: *Diversas cidades têm sofrido com a ocorrência de elevados índices de precipitação. Os sistemas tradicionais de drenagem começam a se tornar ineficientes, necessitando que outras iniciativas sejam adotadas, tais como o uso de piscininhas. Diante do exposto, o presente artigo tem por objetivos, simular a implantação de piscininhas em escolas de Aracaju. Para realização desse trabalho foram escolhidas três escolas localizadas com as seguintes áreas cobertura: Manoel Franco Freire (1.336,41 m²), Barão de Mauá (2.204,64 m²) e Governador Valadares (1.953,87 m²). O dispositivo foi dimensionado utilizando a Lei das Piscininhas da cidade de São Paulo (Lei 13.276/2002); e com os valores de precipitação diária dos anos de 2011 e 2012 foi simulada sua implantação. Os volumes das piscininhas variaram de 12,03 a 19,84 m³. No período analisado foram registrados 189 eventos de precipitação, mas em apenas 40 deles houve extravasamento das piscininhas para a rede de drenagem urbana. De uma forma geral, a redução média conseguida foi da ordem de 36%. Conclui-se que a utilização de piscininhas em edificações públicas pode contribuir significativamente com a redução do escoamento para rede de drenagem, tendo em vista que a maioria dessas edificações possuem grandes áreas de cobertura.*

Palavras-chave: escoamento, retenção, inundações

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da malha urbana provoca a impermeabilização do solo, fazendo com que o volume de chuva, antes retido pela vegetação e infiltrado no solo, escoe rapidamente até atingir os canais de drenagem, resultando em um aumento considerável da vazão máxima dos rios e provocando uma antecipação do pico de cheia (SMDU, 2012). Neste modelo de gestão, o escoamento superficial é aumentado, os espaços naturais para infiltração dessas águas é reduzido, agravando os alagamentos e de degradação da qualidade da água, somando-se a falta de gestão das águas residuais (BRAGA et al., 2009; LOFRANO et al., 2015).

Atualmente tem-se procurado tomar iniciativas que visem conter a geração das enchentes urbanas, tais como adoção de superfícies permeáveis, construção de reservatórios de retenção (poço de infiltração) de águas pluviais e uso de telhados verdes, entre outros (VIEIRA; JÚNIOR; RIBEIRO, 2015). Alguns municípios e Estados brasileiros possuem legislações próprias que obrigam e ou incentivam o uso dos reservatórios nas edificações, como por exemplo, o Estado de São Paulo, no qual as construções e terrenos com mais de 500 m² de área impermeável são obrigados a construírem as “piscininhas”, tem como objetivo retardar o impacto da chuva nos cursos d’água por 1 ou 2 horas reduzindo assim o risco de enchentes. Algumas edificações públicas, tais como escolas, apresentam grandes áreas de coberturas (telhados) as quais se caracterizam por jogarem grandes volumes de água na rede de drenagem no momento das ocorrências de precipitações.

Diante do exposto, o presente artigo tem por objetivos, simular a implantação de piscininhas em escolas de Aracaju, comparando o volume de água jogado na rede de drenagem, com e sem esse dispositivo, e quais as consequências para rede de drenagem.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo: Para realização desse trabalho foram escolhidas três escolas localizadas na cidade de Aracaju, capital do estado de Sergipe. De acordo Vieira et al (2016) as áreas de captação dos telhados foram estimadas utilizando as ferramentas Google Earth, e apresentaram os seguintes valores aproximados das áreas de captação: 1.336,41 m² (Escola Manoel Franco Freire), 2.204,64 m² (Escola Barão de Mauá) e 1.953,87 m² (Escola Governador Valadares). (Figura 01)



Figura 1. Área de cobertura das Escolas

Fonte: Vieira et al (2016)

Dados Pluviométricos: Para a simulação foram usados os dados diários de chuvas dos anos de 2011 e 2012 obtidos no site da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado de Sergipe, SEMARH – SE.

Dimensionamento da piscininha: Tendo em vista que a cidade de Aracaju/SE ainda não possui uma metodologia própria para dimensionamento das piscininhas, será utilizado neste trabalho a metodologia apresentada pela de São Paulo (Lei 13.276/2002), a qual utiliza a fórmula abaixo:

$$V = 0,15 \times A_i \times IP \times t \quad (1)$$

Onde: V = volume do reservatório (m³); A_i = área impermeabilizada (m²); IP = índice pluviométrico (adotado como 0,06 m/h) e o t = tempo de duração da chuva (igual a 1 hora).

Simulação do uso das piscininhas. Para determinar o volume de chuva captado que incide na cobertura e é direcionado para rede de drenagem, utilizou-se a equação constante em Tomaz (2003):

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (2)$$

Em que C é o coeficiente de escoamento superficial, 0,80 (cobertura de telha cerâmica); P é a precipitação diária, em milímetros; I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm; A é a área da cobertura em metros quadrados; Q é o volume produzido pela chuva, em litros.

Simulando a utilização de piscininhas nesse local, calculamos o volume de água jogado na rede de drenagem ao final de cada evento de precipitação, utilizando a Equação 3, apresentada abaixo.

$$V_{\text{rede de drenagem}} = Q - V \quad (3)$$

Em que V_{rede de drenagem} é volume de água jogado na rede de drenagem, sendo este igual ao volume de chuva captado pela cobertura (Q) conforme equação 2, menos o volume da piscininha (V) calculado pela equação 2.

Quando se inicia uma chuva, essa água é direcionada a piscininhas, e somente quando esse dispositivo enche, é que ocorre o extravasamento, e esse volume é direcionado para a rede de drenagem urbana.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Volume das piscininhas. Considerando a indicação da lei paulistana (Equação 1) e a área de cobertura (telhado) das escolas escolhidas, chegamos aos volumes apresentados abaixo:

Tabela 1. Volume das piscininhas

Escola Escolhida	Volume da Piscininha (m ³)
Escola Manoel Franco Freire	12,03
Escola Barão de Mauá	19,84
Escola Governador Valadares	17,58

Fonte: Os autores

Vale ressaltar que existem diversas outras metodologias para se calcular o volume do reservatório, como por exemplo, as metodologias apresentadas na NBR 15512/2007 – Água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, bem como regulamentos de outros municípios.

SIMULAÇÃO DO USO DAS PISCININHAS.

Considerando as áreas de cobertura das escolas, as precipitações diárias ocorridas nos anos de 2011 e 2012, volume calculado para piscininha (Equação 1) e utilizando as equações 2 e 3, realizamos a simulação do uso desse dispositivo. Os resultados da simulação são apresentados abaixo.

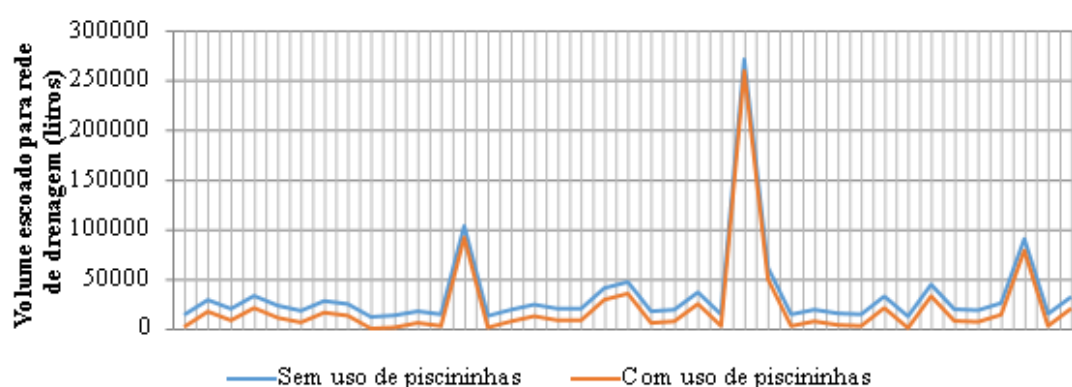


Figura 2. Simulação do volume de água jogado diretamente na rede de drenagem sem e com o uso de piscininhas na Escola Manoel Franco Freire.

Fonte: Os autores

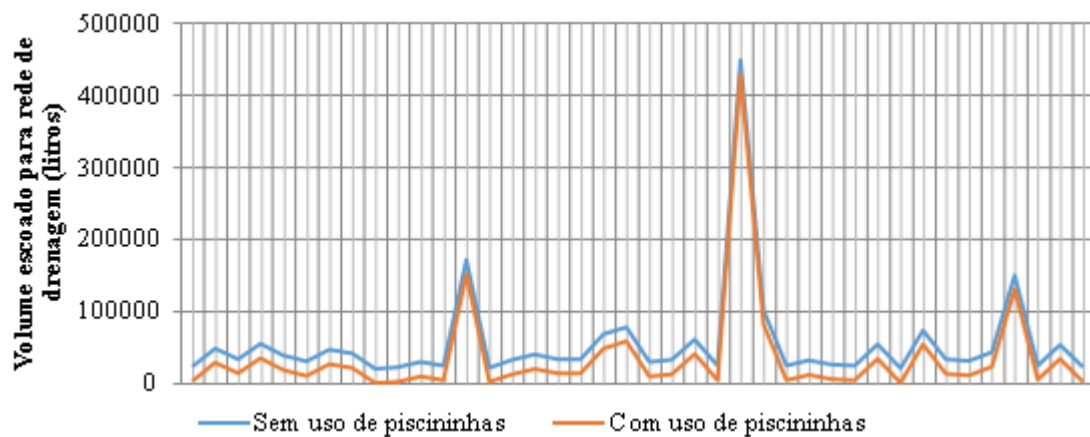


Figura 3. Simulação do volume de água jogado diretamente na rede de drenagem sem e com o uso de piscininhas na Escola Barão de Mauá.

Fonte: Os autores

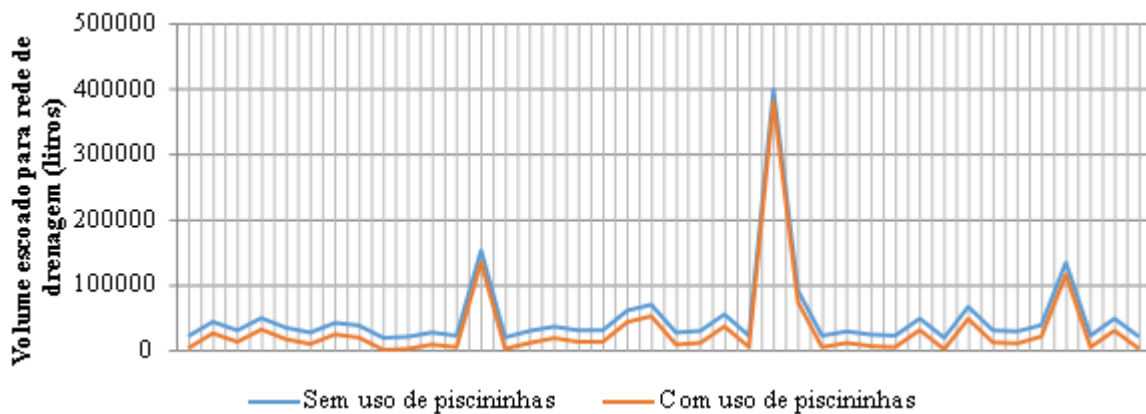


Figura 4. Simulação do volume de água jogado diretamente na rede de drenagem sem e com o uso de piscininhas na Escola Governador Valadares.

Fonte: Os autores.

No biênio analisado (2011 – 2012) foram registrados 189 eventos de precipitação que variaram em magnitude de 0,10 mm até 254,5 mm. Desses, em apenas 40 eventos houve o enchimento das piscininhas, e posteriormente, o extravasamento desse excesso de água para a rede de drenagem urbana, os quais estão apresentados nas Figuras 2, 3 e 4.

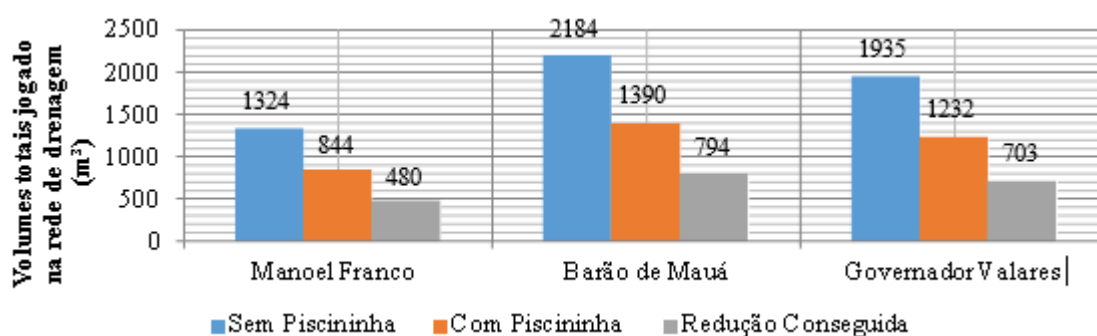


Figura 5. Volumes totais jogados na rede de drenagem (sem e com piscininhas) e redução total com uso de dispositivos considerando dados de chuva de 2011 -2012 nas escolas estudadas.

Fonte: Os autores.

Analizando cada evento de precipitação individualmente a redução máxima conseguida no volume escoado, é igual ao volume da piscininha. Analisando de uma forma geral, o volume total escoado pelas coberturas das três escolas, sem uso de piscininhas foi de 5443 m³, com uso de piscininha, esse volume jogado na rede de drenagem no momento da chuva cai para 3466 m³, ou seja, uma redução na ordem de 36,3%.

CONCLUSÕES

1. A utilização das piscininhas em edificações pública pode contribuir significativamente com a redução do volume de água jogado na rede de drenagem, tendo em vista que essas edificações tendem a possuir grandes áreas de cobertura;
2. Esse volume que fica armazenado pode ser utilizado para fins não potáveis, reduzindo o consumo de água da escola, necessitando assim de um programa de uso racional de água no ambiente escolar que contemple a utilização dessa água;
3. Mesmo em eventos de grande altura pluviométrica, consegue-se um efeito positivo no uso de piscininhas, pois se retarda nos instantes iniciais que esse volume de água seja jogado na rede de drenagem, reduzindo assim, a vazão de pico e aumentando o tempo de ocorrência dessa vazão.

REFERÊNCIAS

BRAGA, R. A. P.; CABRAL, J. J. S. P.; OLIVEIRA, P.; SOARES, M. A.; GUSMÃO, P. T. R. Informações hidráulicas e hidrológicas para renaturalização do riacho Parnamirim. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2009.

LOFRANO, G.; LIBRALATO, G.; ACANFORA, F. G.; PUCCI, L.; CAROTENUTO, M. Which lesson can be learnt from a historical contamination analysis of the most polluted river in Europe? Science of the Total Environment 524–525. 2015.

SERGIPE. SEMARH - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado de Sergipe. Dados diários de precipitação. Disponível em: <<http://www.semarh.se.gov.br>>. Acesso em: 30 maio 2016.

SMDU – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. (2012). Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; fundamentos. 2, São Paulo, 220p.

TOMAZ, P. Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis. Navegar Editora, São Paulo, 2003.

VIEIRA, Z. C.; JÚNIOR, C. G. S.; FERREIRA, M. S.; MELO, C. A. Simulação do uso de reservatório de água pluvial para uso não potável em escolas de Aracaju - SE. In: XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 13., 2016, Aracaju. Anais do XIII SRHN.Porto Alegre: ABRH, 2016

VIEIRA, Z. C.; SILVA JUNIOR, C. G.; RIBEIRO, S. N. Uso de telhado verde em edificações de Aracaju para redução do escoamento superficial. In: CONGRESSO INTERNACIONAL RESAG – GESTÃO DA ÁGUA E MONITORAMENTO AMBIENTAL, 2. 2015, Aracaju, Anais...Disponível em:<<http://www.resag.org.br/congressoresag2015/anais>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

Capítulo 10



10.37423/231208593

RIO EMBU MIRIM: AS FACES DO PRINCIPAL CONTRIBUINTE DO RESERVATÓRIO GUARAPIRANGA- REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO - SP

Marta Angela Marcondes

Sandro Vinicius Ortega Nicodemo

Ubimara da Silva Ding

Erica Oliveira Ramos Gonçalves

Adriana Maria Madeira Abelhão

Adrian Meusburger

Rafaela Lubianqui Mello Boscolo

Renata Borges Franchi

Robson Palma Thomé dos Santos

Universidade Municipal de São Caetano do Sul -USCS e Projeto IPH Índice de Poluentes Hídricos

Coletivo NASA- Núcleos de Ações Socioculturais Ativista e Coletivo A Voz dos Rios

Rede Emancipa Movimento Social de Educação Popular, Coletivo A Voz dos Rios

Associação Etcétera e Tal e Coletivo A Voz dos Rios

Associação Etcétera e Tal e Coletivo A Voz dos Rios

Associação Nossa Guarapiranga – ANGUA e Vivant SP

Universidade Municipal de São Caetano do Sul – Projeto IPH Índice de Poluentes Hídricos

Universidade Municipal de São Caetano do Sul – Projeto IPH Índice de Poluentes Hídricos

Instituto Adolfo Lutz & Projeto IPH – Índice de Poluentes Hídricos da USCS

Resumo: O Sistema Guarapiranga abastece 5 milhões de pessoas e é um dos sete sistemas de abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo/SP. O Rio Embu-Mirim é o principal contribuinte do Reservatório Guarapiranga. O objetivo do estudo foi realizar a avaliação da qualidade de água do Rio Embu-Mirim, segundo o IQA – Índice de Qualidade de Água, e sua contribuição para o Reservatório Guarapiranga. Os integrantes do Coletivo a VOZ DOS RIOS, realizaram nos dias 26 a 28 de novembro de 2021, a Expedição Rio Embu-Mirim. A metodologia utilizada foi das Redes de Monitoramento de qualidade de água, onde foram determinados 13 pontos de amostragem e coletas, estabelecidos os parâmetros investigados, realizadas análises em campo e em laboratório (Laboratório de Análise Ambiental do Projeto IPH – Índice de Poluentes Hídricos da Universidade Municipal de São Caetano do Sul) e a divulgação dos resultados em relatórios e discussões com a sociedade civil. Os resultados apontam contribuição negativa das águas do Rio Embu-Mirim para o Reservatório Guarapiranga, pois, 09 dos 13 pontos de coleta obtiveram IQA Ruim e Péssimo, o que comprova o descumprimento do que determina a Lei Especifica da Guarapiranga 12.233/2006 e a necessidade de reformulação das políticas públicas de saneamento.

INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana de São Paulo- RMSP, com aproximadamente 21 milhões de habitantes e 39 municípios (Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado - PDUI, 2021), principal polo econômico do Brasil e responsável por 15% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - PBHAT, 2019), concentra 70% da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - BAT. Essa bacia é uma das 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, a UGRHI - 6, com uma área de drenagem de 5.775,12 km² (PBHAT, 2019). Nesse contexto fica muito acentuada a complexidade da região, com necessidades características de moradia, abastecimento de água, mobilidade urbana, que acaba por interferir grandemente nas áreas de mananciais, tanto pelo uso e ocupação do solo como pela produção de efluentes domésticos e industriais.

A RMSP possui, segundo a Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo - SABESP, sete Sistemas Produtores de Água, são eles: Cantareira, Rio Claro, Alto Tietê, Rio Grande, São Lourenço, Cotia e Guarapiranga, que são responsáveis pelo abastecimento de água para os 21 milhões de habitantes que residem nesse território. Desta maneira a preservação e manutenção das áreas de mananciais, responsáveis por abastecer esses sistemas, e os riscos eminentes, pelas características da região, devem ou deveriam ser o ponto focal das políticas públicas de saneamento, saúde e habitação.

O estudo em questão foi realizado no Rio Embu-Mirim, que pertence a Sub-Bacia Cotia/Guarapiranga e é um dos principais rios que alimenta o Sistema Produtor Guarapiranga, sistema esse que é responsável por abastecer aproximadamente 4 milhões de habitantes, na Região Metropolitana de São Paulo.

CARACTERIZAÇÃO DO TERRITÓRIO

BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ - BAT E SUB-BACIA COTIA GUARAPIRANGA

Segundo o Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê:

A Bacia do Alto Tietê é notoriamente antropizada, com área urbanizada concentrada principalmente na sua região central, compondo uma extensa mancha conurbada que tem como principal vetor de expansão a direção Leste-Oeste. As franjas urbanas se expandem, inclusive, para o entorno dos reservatórios que abastecem a região, em direção às Áreas de Proteção de Mananciais (APM). Pouco mais da metade da área da BAT (50,5%) corresponde a essas APMs, que são ambientalmente sensíveis e legalmente protegidas devido à sua importância na produção hídrica, para garantir o abastecimento de água da RMSP, essencial à manutenção da sociedade e ao desenvolvimento econômico local.

A figura 1, mostra a área da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê e sua posição do Estado de São Paulo e a Sub-Bacia Cotia-Guarapiranga, onde se localiza o Rio Embu-Mirim e sua área de drenagem, principais contribuintes para a recarga do Reservatório Guarapiranga.

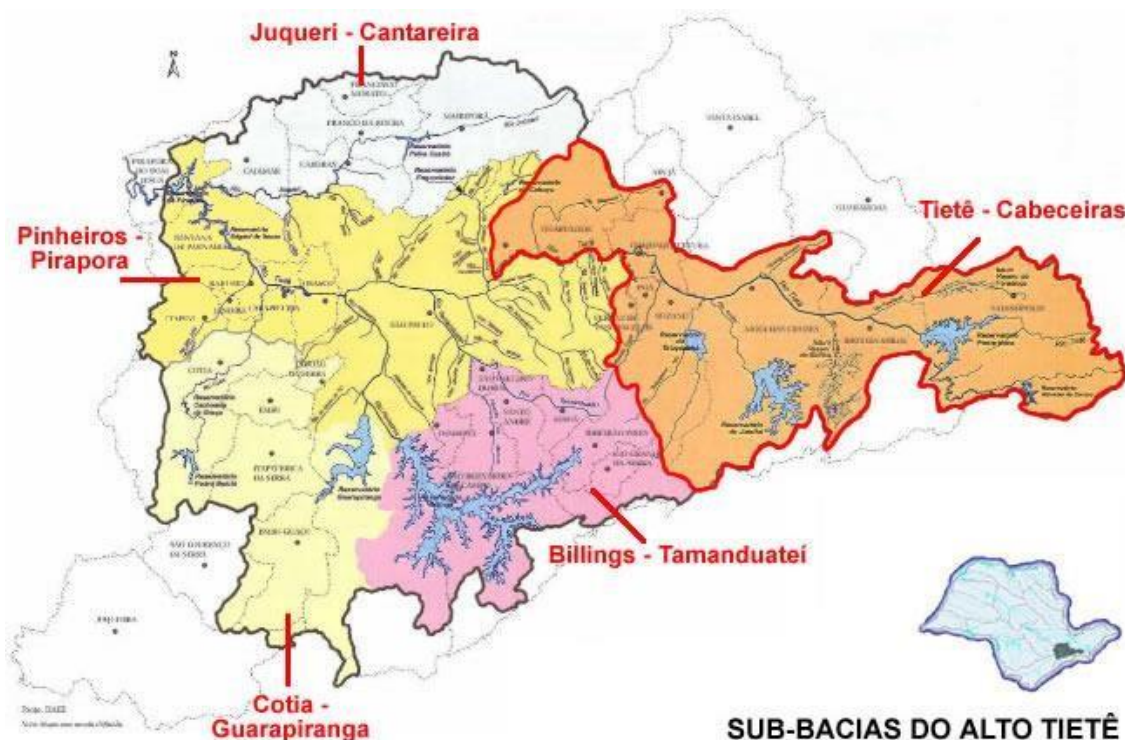


Figura 1: Mapa da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê e suas sub-bacias, destacando cada uma delas.

Fonte: http://www.fundacaofia.com.br/gdusm/sub_bacia_at.htm

O Rio Embu-Mirim, chamado de M'BoiMirim, e posteriormente de Embu-Mirim, de acordo com o autor do dicionário da língua tupi, professor Eduardo Navarro, "Embu- Mirim" origina-se do tupi antigo mboîmirĩ, que significa "cobra pequena" (mboîa, "cobra" + mirĩ, "pequena"), localizado no oeste da Região Metropolitana de São Paulo- SP, tem suas nascentes no município de Itapequerica da Serra- SP, em um divisor de águas entre Embu das Artes, Itapequerica da Serra e Cotia, recebe águas das diversas sub- bacias, caminha direção ao município de São Paulo e sua foz está no Reservatório Guarapiranga. Essa importante Sub-bacia do Rio Embu-Mirim, possui aproximadamente 40 km² (Prefeitura Municipal de Embu das Artes, 2022), o Rio Embu-Mirim com 5 km de extensão percorre os municípios de Itapequerica da Serra, Embu das Artes e São Paulo. A figura 2 representa a área da Foz do Rio Embu-Mirim, quando chega ao Reservatório Guarapiranga e as figuras 3 e 4 suas nascentes.



Figura 2: Vista da Foz do Rio Embu-Mirim e sua chegada ao reservatório Guarapiranga

Fonte: Mangat Imagens Aéreas, 2021



Figura 3: Nascente do Rio Embu-Mirim



Figura 4: Nascente do Rio Embu-Mirim

OBJETIVO:

O objetivo do estudo foi realizar a avaliação da qualidade de água do Rio Embu-Mirim, segundo o IQA – Índice de Qualidade de Água, e sua contribuição para o Reservatório Guarapiranga.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada foi das Redes de Monitoramento de Qualidade de Água, estabelecida pela Agência Nacional de Águas e Saneamento, onde se preconiza 4 pilares bem estabelecidos, são eles:



Figura 5: Pilares da Rede de Monitoramento de Qualidade de Água

Fonte: Adaptado da Agência Nacional de Águas e Saneamento, 2019

Para a verificação da qualidade da água foi utilizada a metodologia do IQA – Índice de Qualidade de Água. O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos. O IQA é composto por nove parâmetros (oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, potencial hidrogeniônico [pH], demanda bioquímica de oxigênio [DBO], temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduo total), com seus respectivos pesos individuais, que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água (PORTAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS, 2004).

DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

Foram definidos e georreferenciados 13 pontos de coleta, de acordo com a facilidade de alcance e a distância mínima para que não houvesse interferência de um ponto para o outro.

Tabela 1: Pontos de coleta, indicando sua localização e os municípios onde estão inseridos.

Ponto	Localização	Cidade
G1 – EM1	Ponto de Captação de água da SABESP – Reservatório Guarapiranga	SÃO PAULO- SP
G2 – EM2	Foz do RIO EMBU MIRIM	SÃO PAULO- SP
G3 – EM 3	MARINA – Clube Guaraci	SÃO PAULO- SP
G4 – EM4	SP 214	SÃO PAULO - SP
G5 – EM5	foz do RIO ITAQUACIARA/SP 021	ITAPECIRICA DA SERRA- SP
G6 – EM6	Parque da Várzea	ITAPECIRICA DA SERRA/EMBU DAS ARTES - SP
G7 – EM7	ETEC	EMBU DAS ARTES - SP
G8 – EM8	Centro – ponte histórica	EMBU DAS ARTES – SP
G9 – EM9	Parque do Rizzo	EMBU DAS ARTES - SP
G10 – EM10	Parque Paraíso	ITAPECIRICA DA SERRA – SP
G11 – EM11	Sampaio	ITAPECIRICA DA SERRA – SP
G12 – EM12	POTUVERAVA	ITAPECIRICA DA SERRA – SP
G13 – EM13	Nascentes do RIO EMBU MIRIM	ITAPECIRICA DA SERRA – SP

A figura 6 é o mapa criado para a expedição e identifica a localização de cada ponto de coleta.

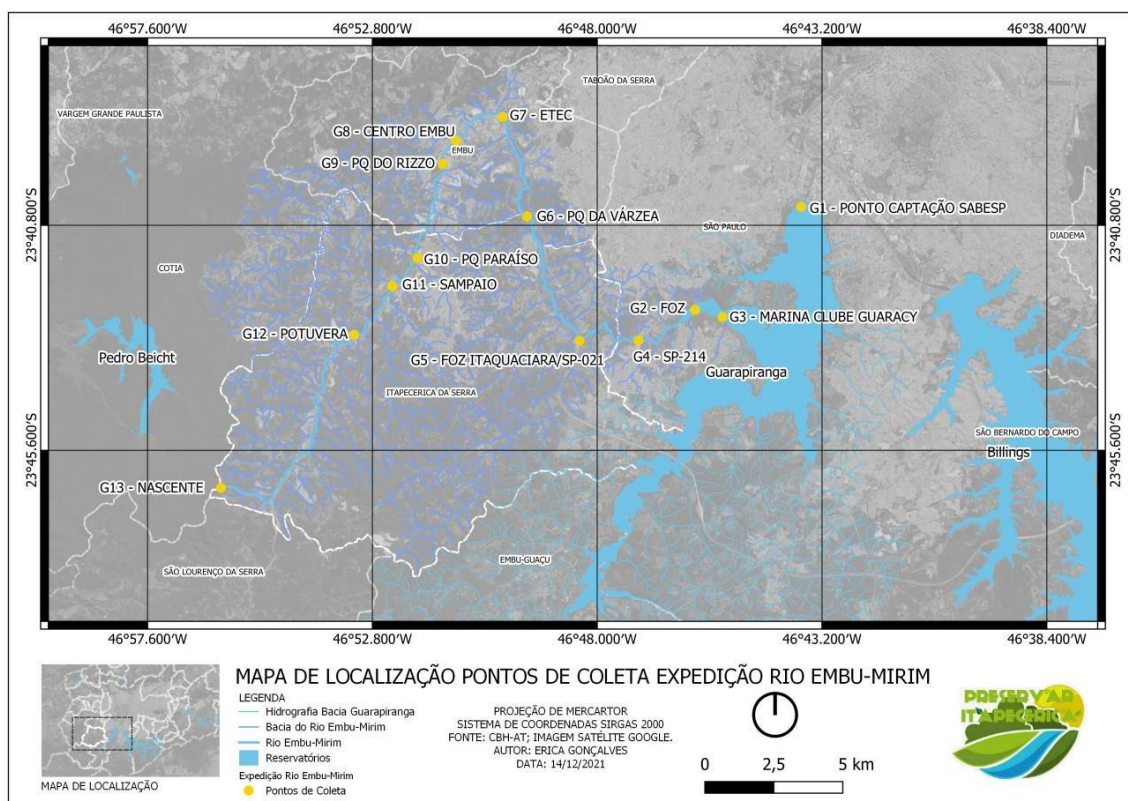


Figura 6: Mapa de localização de cada ponto de coleta.

COLETAS

As coletas em campo foram de superfície e fundo (quando existiu a possibilidade), parte das análises foi realizada em campo e outra, no laboratório de Análise Ambiental do Projeto IPH - Índice de Poluentes Hídricos da Universidade Municipal de São Caetano do Sul - USCS.

As coletas das amostras foram realizadas obedecendo os protocolos estabelecidos pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (2011).

Para a perfeita realização, os materiais e equipamentos foram previamente preparados pela equipe do Projeto IPH, os materiais de coleta foram autoclavados e os equipamentos calibrados, seguindo os guias do fabricante.

Existe uma ficha de campo para cada ponto de coleta onde foram inseridos os dados das análises de temperatura do ambiente, condições climáticas, temperatura da água, oxigênio dissolvido, turbidez, batimetria e aspectos da percepção ambiental como: presença de resíduos, tipo de ocupação, adensamento populacional entre outros (importante para relacionar com os achados do micro bioma).

A figura 7 demonstra um dos pontos de amostragem e a forma como a coleta foi feita sobre uma das pontes do Rio Embu-Mirim



Figura 7: Ponto de coleta EM8

Fonte: Mangat Imagens Aéreas, 2021

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

As amostras coletadas foram analisadas em seus aspectos físico-químicos, microbiológicos e parasitológicos, os parâmetros podem ser vistos na tabela 2. Essas análises obedecem aos protocolos estabelecidos pelo *Standard Methods for the Examination of water and wastewater*. 23ª ed.

Tabela 2: Parâmetros analisados para a obtenção do IQA - Índice de Qualidade de Água

FÍSICOS	QUÍMICOS	MICROBIOLÓGICOS	PARASITOLÓGICOS
Temperatura: ambiente e água	Oxigênio Dissolvido mg/L	Coliformes Totais e Fecais	Ovos e Larvas de Helmintos
Turbidez	pH	Enterobactérias patogênicas <i>Escherichia coli</i> <i>Shigella spp</i> <i>Salmonella spp</i> <i>Klebsiella spp</i> <i>Pseudomonas spp</i>	Cistos de Protozoários
Batimetria	Nitrito e Nitrato mg/L		
TDS - Sólidos Dissolvidos Totais	Amônia mg/L		
Condutividade	Sulfetos/Sulfatos		
	Ortofosfato mg/L		
	Fósforo total mg/L		

Fonte: dos autores

Em campo, foi feita a tomada automaticamente dos seguintes parâmetros: cor, cheiro, temperatura do ambiente e a temperatura da água (superfície e profunda), pH, oxigênio dissolvido, Sólidos

Dissolvidos Totais (TDS), os outros parâmetros serão analisados no laboratório (Laboratório de Análise Ambiental do Projeto IPH- USCS).

Para a análise de pH, oxigênio dissolvido, TDS, Turbidez, Condutividade e temperatura (água e ambiente) será utilizado equipamento SensoDirect 150, multiparâmetro Marca: LOVIBOND MD600 e para análise do Nitrogênio amoniacal (NH₃), Amônia, Sulfetos, Fosfato e Ortofosfato, será utilizado equipamento Photometer System MD600/MaxiDirect, Marca: LOVIBON de acordo com protocolo do fabricante.

MICROBIOLÓGICAS

As amostras, foram diluídas em água de diluição em triplicata (10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3}) e inoculadas no meio líquido LST - Lauryl Tryotise Broth (Kasvi - K25-610085 - LOT 082417504), e em meio sólido PCA - Plate Count Agar (Kasvi - K25-610040 - LOT 102717501) dentro do fluxo laminar TROX TECHNIK, após foram incubadas na estufa bacteriológica QUIMIS, no período de 48 horas. As unidades que obtiveram resultados positivos, quando o meio se encontra turvo e com formação de gás no tubo de Duran invertido, para o meio LST, foram transferidas com alça bacteriológica para o de cultura líquido VBB Brilliant Green Broth (Kasvi - K25-610010 - LOT 082317507), em câmara de fluxo laminar e depois colocadas em estufa bacteriológica por 48 horas. Após a comprovação, as colônias foram isoladas em placas divididas entre o ágar VBB - Brilliant Green Agar (Kasvi - K25-610009 - LOT 082917501) e EMB - Levine Agar (Kasvi - K25-61001 - LOT 071216504) com o uso da alça bacteriológica, realizando estriações, em câmara de fluxo laminar, após foram colocadas em estufa bacteriológica por 48 horas. As placas positivas foram identificadas pela coloração e tipo de colônias. Foi feita coloração de Gram para confirmações. Quando houve dúvidas sobre os grupos, as colônias foram transferidas para o meio Rugai com Lisina (NewProv- Lote: 18901), para identificação de enterobactérias, e confirmação dos grupos específicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão alinhados aos construtos da Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece os limites para cada parâmetro estudado, dentro da classificação do Rio Embu Mirim – Classe 2

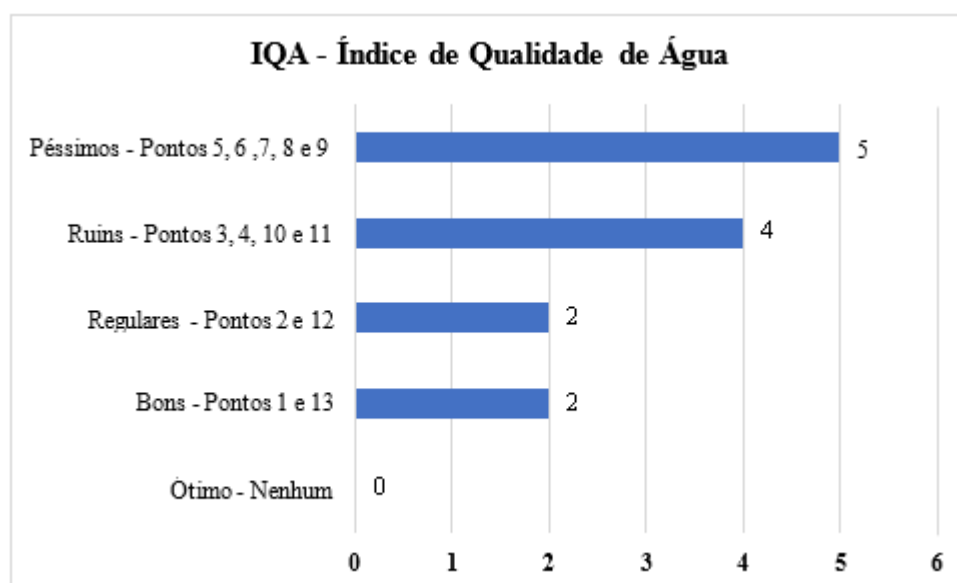


Figura 5: Gráfico ilustrando a situação do IQA em cada ponto estudado.

Como pode ser visualizado na figura acima, aproximadamente 60% dos pontos estudados apresentam IQA Péssimos e Ruins, ou seja, a contribuição das águas do Rio Embu-Mirim para o Reservatório Guarapiranga, que abastece aproximadamente 5 milhões de habitantes da Região Metropolitana de São Paulo, é negativa, mesmo assim no ponto de captação de água da SABESP o IQA das águas superficiais encontra-se Bom, pode-se inferir que existe uma diluição ou mesmo uma decantação dos poluentes que adentram ao reservatório.

O fundo do Reservatório Guarapiranga encontra-se muito comprometido, de acordo com o Relatório de Qualidade de Água de 2021 elaborado pela Equipe do Projeto IPH – Índice de Poluentes Hídricos, assim, a possibilidade dos poluentes que são lançados pelo Rio Embu-Mirim se concentrarem no fundo do reservatório, é muito grande.

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

OXIGÊNIO DISSOLVIDO

Esse parâmetro, se encontrou em desconformidade em todos os pontos estudados, com exceção dos pontos EM1 e EM13, que são justamente o local de captação de água da SABESP no reservatório Guarapiranga (EM1) e as Nascentes do Rio Embu-Mirim (EM13) que se mantiveram acima do que preconiza a Resolução CONAMA 357/2005, ou seja, acima de 05 mg/L. Nos outros pontos todos se mantiveram entre 03 a 0,9 mg/L. Esses resultados inviabilizam a vida nesses trechos.

FOSFATO

Assim como o oxigênio dissolvido, esse parâmetro se entrou em desconformidade em todos os pontos, com exceção dos pontos EM1 e EM13. Esse é um grande indicador de esgoto doméstico não tratado que é jogado diretamente nas águas do Rio Embu-Mirim, fator extremamente preocupante, pois existe, segundo a Lei Específica do Reservatório Guarapiranga, uma meta para a redução de fósforo, que não foi cumprida, de acordo com os resultados obtidos nesse estudo.

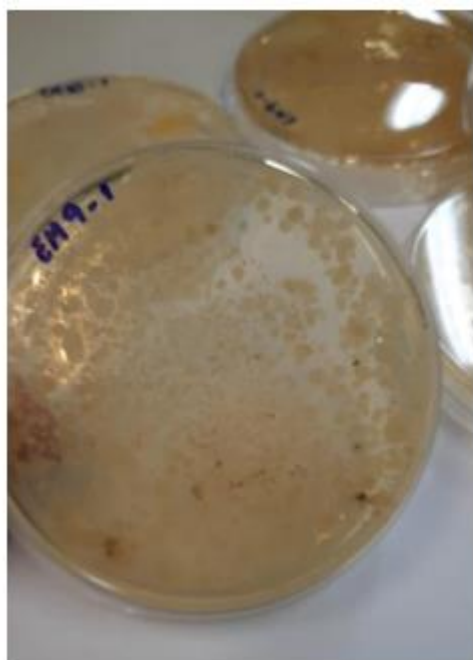
AMÔNIA

Da mesma forma dos outros parâmetros discutidos anteriormente esse parâmetro se manteve em desconformidade, porém em todos os pontos estudados, isso demonstra que existe uma contaminação de matéria orgânica, porém nos pontos Bons isso pode ser reflexo da decomposição de materiais como vegetação, ou mesmo, fezes de animais que visitam o local.

MICROBIOLOGIA

O estudo de coliformes fecais e totais, além de enterobactérias demonstrou que esse parâmetro se encontra em desconformidade inclusive do ponto EM1, apenas nas nascentes esse parâmetro se manteve dentro do eu preconiza a legislação.

As UFCs – Unidades Formadoras de Colônias nos pontos Péssimos e Ruins, que indicam aproximadamente 60% dos pontos estudados, se encontraram acima de 200.000.000 UFC/100mL. Em algumas placas esse parâmetro foi INCONTÁVEL, como pode ser visualizado na figura 6.



Cada ponto presente na placa com meio de cultura indica uma Unidade Formadora de Colônia – UFC, nessa placa, por exemplo temos INCONTÁVEIS UFCs, essa imagem é do ponto EM9 com diluição de 10^{-1}

Nesse ponto foram identificadas também as enterobactérias que são patogênicas, ou seja foram identificadas:

Escherichia coli, *Shigella spp* e *Salmonella spp*

Figura 8: Placa de Petri contendo meio de cultura contaminado com as UFCs – Unidades Formadoras de Colônia do ponto 9.

Em todos os pontos foram identificadas as colônias de *Escherichia coli*, em quantidades muito superiores ao determinado pela legislação, porém os grupos *Salmonella spp*, *Shigella spp* e *Klebsiella spp*, foram identificadas nos pontos EM 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12.

Um estudo mais aprofundado dessas espécies está proposto pelo grupo do Projeto IPH – Índice de Poluentes Hídricos, inclusive para a verificação de resistência bacteriana a antibióticos.

PARASITOLOGIA

O estudo da identificação de ovos e larvas de helmintos e cistos de protozoários foi feito pela leitura ao microscópio ótico comum, e nos pontos EM 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12, foram detectados vários grupos, entre eles:

Helmintos: ovos de *Ascaris lumbricoides* e *Taênias spp*

Protozoários: cistos de *Entamoeba coli*

CONCLUSÕES:

De acordo com os resultados obtidos pelas análises das amostras dos 13 pontos de estudo ao longo do Rio Embu-Mirim, foi possível atingir o objetivo do trabalho, ou seja, verificar qual é a real contribuição do rio para o Reservatório Guarapiranga, essa contribuição é negativa. Esse fato

determina que as Políticas Públicas de Saneamento dos municípios que fazem parte dessa importante sub-bacia hidrográfica Cotia-Guarapiranga, precisam ser intensificadas o que garantiria melhora qualidade da água que chega ao reservatório. A Lei Específica do Reservatório Guarapiranga que é de LEI Nº 12.233, DE 16 DE JANEIRO DE 2006, (*Atualizada até a Lei nº 15.599, de 10 de dezembro de 2014*). No capítulo IV, artigo 6, que determina a qualidade de água do reservatório está descrito que “Fica estabelecida como Meta de Qualidade da Água para o Reservatório Guarapiranga a redução da carga poluidora a ele afluente.” Essa meta era para ser atingida em 2015, porém como pode ser percebido pelos resultados do estudo essa meta está muito aquém do que foi estabelecido. Ficando assim muito claro que essas políticas não são efetivas.

IMAGENS:

Vídeo da Expedição: <https://www.youtube.com/watch?v=0dBVMMB2sbc>

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – SMEWW. American Public Health Association – APHA, 21th ed., Washington- USA, 2005.

ALTO TIETÊ. A BACIA - Caracterização Geral, 2021. Disponível em: <https://comiteat.sp.gov.br/a-bacia/caracterizacao-geral/>. Acesso em: 10 nov. 2021.

ANVISA. Detecção e Identificação de Bactérias de Importância Médica, 2004. Disponível em: https://www.anvisa.gov.br/servicos/audes/microbiologia/mod_5_2004.pdf. Acesso em: julho de 2022.]

BRASIL. Lei nº 12.233, de 16 de janeiro de 2006. Define a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2006/alteracao-lei-12233-16.01.2006.html>.

FINKLER, Raquel. Planejamento, Manejo e Gestão de Bacias. Disponível em: [planejamento_manejo_e_gestao_unidade_1.pdf](https://mppr.mp.br/planjamento/manejo_e_gestao_unidade_1.pdf) (mppr.mp.br). acesso em abril de 2021.

São Paulo (SP). Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado - PDUI, 2021, disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/pdui/>

Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – Fundação da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – FABHAT, 2019. Disponível em: <https://comiteat.sp.gov.br/wp-content/uploads/2020/02/Resumo-Executivo-PBH-AT-2018.pdf>

PORTAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS. INDICADORES DE QUALIDADE - ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA). 2004. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn0. Acesso em: 9 out. 2021. Sistema Ambiental Paulista Data Geo. Disponível em <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/>.

Capítulo 11



10.37423/231208624

AVALIAÇÃO DA CARGA DE SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO POR MEIO MODELAGEM EMPÍRICA.

Phelipe da Silva Anjinho

Universidade de São Paulo

Gabriela Leite Neves

Universidade de São Paulo

Mariana Abibi Guimarães Araujo Barbosa

Universidade de São Paulo

Denise Parizotto

Universidade de São Paulo

Allita Rezende dos Santos

Universidade de São Paulo

Thiago Alves dos Santos

Universidade de São Paulo

Frederico Fabio Mauad

Universidade de São Paulo



Resumo: A modelagem hidrossedimentológica é uma ferramenta importante para avaliar e compreender a dinâmica de sedimentos e poluentes em bacias hidrográficas. Este estudo tem como objetivo simular a carga de concentração de sedimentos em suspensão (SST) em cursos d'água da Bacia Hidrográfica do Córrego do Lobo (BHRL), localizada no interior do Estado de São Paulo, por meio de modelagem empírica em ambiente de software SIG. Dados de uso da terra, topografia e coeficientes médios de exportação de SST foram utilizados para quantificar a carga de SST gerada nas áreas da bacia. Os resultados mostram que o modelo não foi capaz de estimar a carga de SST nos cursos d'água da BHRL. Embora os dados observados e simulados tenham apresentado um bom ajuste ($r^2 = 0,92$), uma análise comparativa mostrou que o modelo superestimou os dados observados, com valor de Pbias igual a 1208,66% e REQM igual a 719 ton.ano⁻¹.

Palavras-chave: MQUAL, sedimentos, ribeirão do Lobo.

INTRODUÇÃO

A erosão do solo é um processo dinâmico que envolve a degradação, transporte e deposição de sedimentos. Agentes naturais, como vento e água, e antrópicos são os principais fatores que induzem a erosão devido às mudanças na cobertura do solo e práticas inadequadas de manejo (Borrelli et al., 2017). Esse fenômeno é um dos principais problemas ambientais que altera o fluxo de carbono orgânico e nutrientes, resultando em impactos na produtividade agrícola, na biodiversidade e no clima do planeta (Hou et al., 2020). Além dos impactos resultantes da perda de solo, a erosão também pode provocar a degradação das águas por meio da sedimentação de leitos, afetando negativamente os usos múltiplos da água (Annandale, 2006).

Vários modelos de erosão foram desenvolvidos com o objetivo de entender o comportamento dos sedimentos em bacias hidrográficas e auxiliar os tomadores de decisão na formulação de políticas e ações de conservação do solo (Fu et al., 2019). A maioria dos modelos disponíveis demandam muitos dados para processar, calibrar e validar os resultados, o que acaba se tornando um grande desafio quando se trata de bacias não instrumentadas. Dessa forma, desenvolver métodos alternativos é importante para suprir a lacuna de dados e auxiliar o planejamento de bacias não monitoradas.

Da carga total de sedimentos transportada por um rio, a maior parte ocorre na forma de SST, sendo que concentrações elevadas podem indicar a ocorrência de intensos processos erosivos na bacia. Nesse sentido, esse trabalho teve como objetivo quantificar as cargas de SST nos cursos hídricos de uma pequena bacia hidrográfica localizada no interior do estado de São Paulo, por meio de uma modelagem empírica em ambiente SIG, baseada em coeficientes de exportação de SST gerados por classes de uso e ocupação do solo.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1-ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Lobo (BHRL), localizada na região centro-leste do estado de São Paulo. Situa-se entre os municípios de Brotas e Itirapina e ocupa uma área de drenagem de aproximadamente 221,5 km (Figura 1).



Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo.

2.2- MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO HIDROLOGICAMENTE CONSISTIDO

Nesse trabalho, utilizou-se um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistido (MDE- HC) para determinar a direção de fluxo do escoamento superficial e identificar as áreas de acúmulo na BHRL. O MDE-HC foi gerado a partir da interpolação de dados altimétricos, obtidos das imagens do projeto Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), e da rede de drenagem extraída das cartas topográficas dos municípios de Itirapina (SF-23-M-1-3) e São Carlos (SF-23-Y-A-1), em escala 1:50.000, adquiridas no Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE). O algoritmo ANUDEM, desenvolvido por Hutchinson (1989), foi utilizado para interpolar os dados. As direções de fluxo foram determinadas utilizando o algoritmo Jenson e Domingues (1988), e as áreas de acúmulo por meio do cálculo do número de pixels que se acumulam na direção do escoamento superficial.

2.3- MODELAGEM DAS CARGAS ACUMULADAS DE SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO

As cargas potenciais de exportação de SST foram determinadas com base nos coeficientes médios de exportação de SST, estabelecidos no Modelo Matemático de Correlação entre Uso do Solo e Qualidade da Água (MQUAL), versão 1.5, desenvolvido pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA, 2010). Esse modelo simula as cargas de SST a partir do mapeamento das fontes potenciais de poluição, que são representadas pelo uso e ocupação do solo da bacia.

Os dados de uso e ocupação do solo foram gerados a partir da classificação manual das imagens obtidas pelo sensor Multispectral Instrument (MSI), embarcado no satélite Sentinel - 2, com 13 bandas espectrais, sendo 4 com resolução espacial de 10 metros, 6 bandas com resolução de 20 metros e 3 bandas com resolução de 60 metros. Ambas estão referenciadas ao datum WGS 84, com data de passagem em 4 de fevereiro de 2018, obtidas na base de dados do U.S Geological Survey (USGS).

Foi necessário fazer a compatibilização dos valores das cargas, que estavam em $\text{kg.km}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, com a área de cada pixel do mapa (900 m^2). O modelo de cargas de SST acumuladas na BHRL, em kg.ano^{-1} , foi gerado a partir da integração entre modelo de cargas distribuída por pixel e o modelo de direção de fluxo de escoamento, resultando no fluxo acumulado ponderado.

2.4- AMOSTRAGEM E ANÁLISE DE DADOS DE SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO

Realizou-se amostragens de água para a análise de SST e foram medidos dados de vazão em doze campanhas realizadas entre 2018 e 2019. As amostras superficiais de água foram coletadas em dez pontos ao longo da LSHB (Figura 1), distribuídos entre os cursos hídricos: Água Branca (Ab1 e Ab-2), Itaqueri (It-1, It-2, It-3 e It-4) e Lobo (Lb-1, Lb-2, Lb-3 e Lb-4). Os valores de vazão foram determinados utilizando o método do molinete e as análises de SST foram realizadas em laboratório, com base na metodologia APHA (1995). Nos pontos It-1, Lb-1 e Lb-2 não foi possível realizar medições de vazão em todos os meses dos anos devido ao fluxo reduzido em períodos de estiagem.

2.5-AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA MODELAGEM DISTRIBUÍDA DAS CARGAS DE SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO

Os valores médios das doze campanhas foram utilizados para validar a metodologia. Indicadores estatísticos foram adotados para avaliar o desempenho dos valores simulados pela modelagem. São eles: Coeficiente de Nash e Sutcliffe, percentual da tendência (Pbias), raiz do erro quadrático médio (REQM) e o coeficiente de determinação (r^2).

3- RESULTADOS

3.1- CARGAS SIMULADAS DE SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO NA BHRL

A distribuição das cargas de SST acumuladas na rede de drenagem da BHRL é apresentada na Figura 2. A Tabela 1 apresenta os valores das cargas de SST simuladas para a BHRL e sub-bacias afluentes ao reservatório do Lobo. A carga total de SST simulada na bacia foi de $4437,16 \text{ ton.ano}^{-1}$. A sub-bacia do rio Itaqueri foi a que apresentou maior carga de SST, cujo valor simulado foi de $2167,94 \text{ ton.ano}^{-1}$, o que representa quase 50% das cargas produzidas na bacia. A sub-bacia do ribeirão do Lobo foi a segunda maior produtora de SST, gerando $1553,26 \text{ ton.ano}^{-1}$ (35%), seguida pela sub-bacia dos córregos Geraldo e Perdizes que juntas produzem $444,5 \text{ ton.ano}^{-1}$, o que representa 10% do total de SST gerados anualmente na BHRL. As maiores cargas específicas de SST também foram encontradas nas sub-bacias do rio Itaqueri e ribeirão do Lobo.

O maior aporte de SST concentra-se majoritariamente em áreas agrícolas que geram 65% dos SST produzidos na BHRL, seguido pelas atividades de silvicultura (12%) e áreas de vegetação natural (11%) (Figura 3). As culturas de cana de açúcar e citricultura são as principais atividades agrícolas da região e ocupam aproximadamente 15% da BHRL.

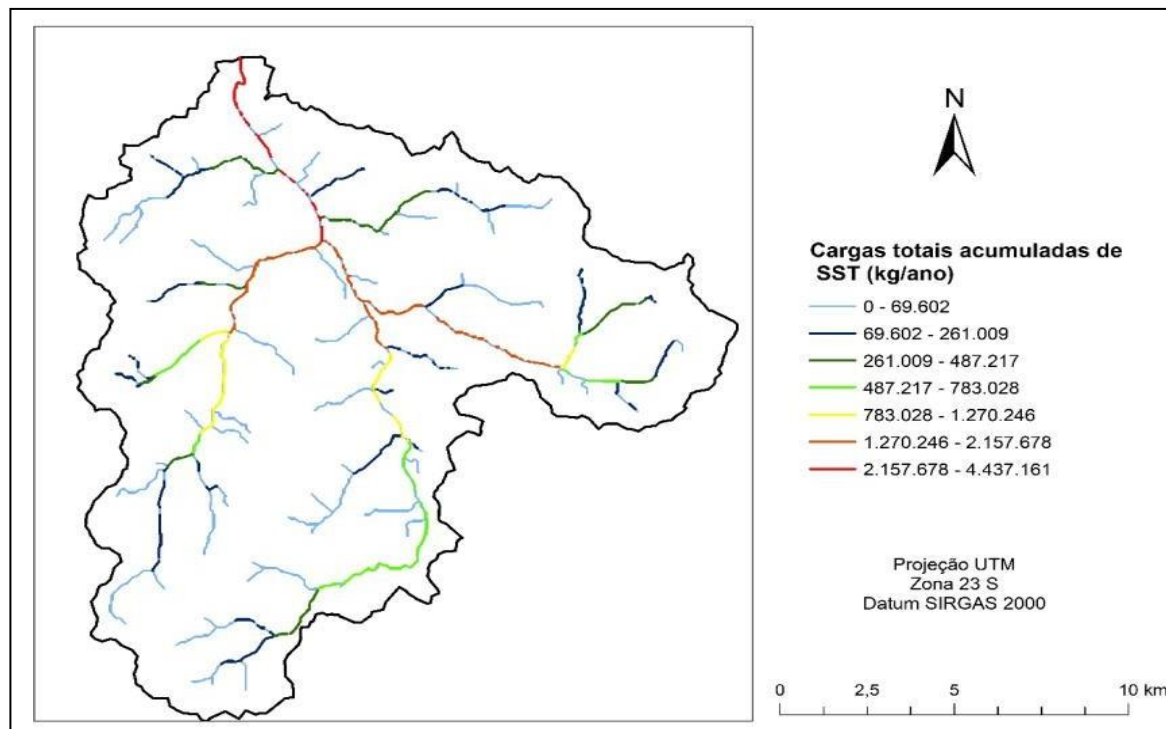
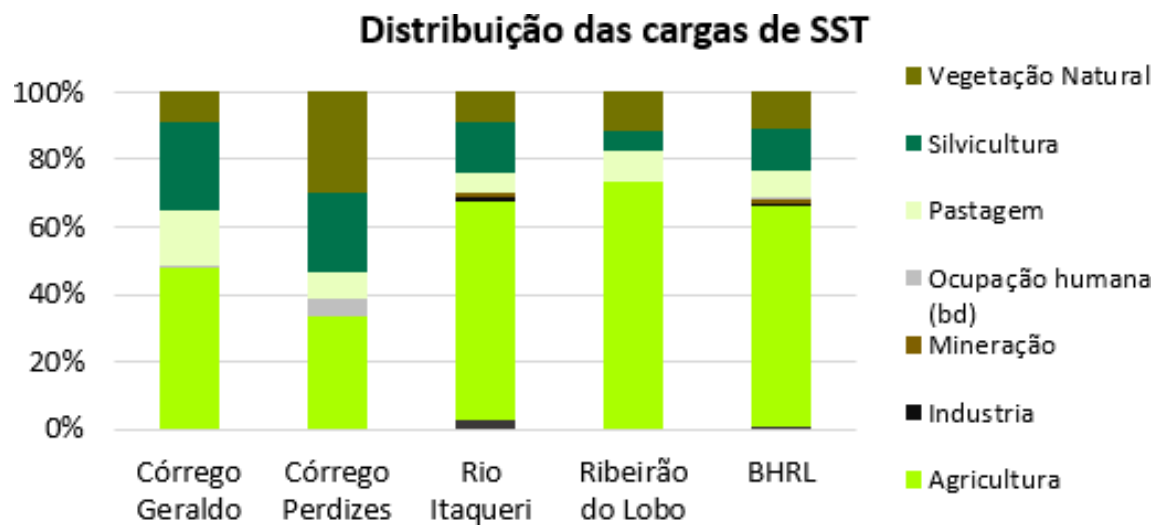


Figura 2 – Carga de SST simuladas na rede de drenagem da BHRL.

Tabela 1 - Cargas totais acumuladas de SST nas sub-bacias afluentes ao reservatório Lobo e a proporção em relação à LSHB.

Sub-bacias afluentes ao reservatório do Lobo	Carga simulada de SST (ton.ano ⁻¹)	Carga específica simulada de SST (ton.km ² .ano ⁻¹)	Percentual (%)
Córrego Geraldo	251,49	14,32	5,67
Córrego Perdizes	193,06	11,00	4,35
Rio Itaqueri	2167,94	20,54	48,86
Ribeirão do Lobo	1553,26	24,33	35,01
BHRL	4437,16	20,03	100

Figura 3 – Distribuição das cargas de SST por uso e ocupação do solo.

3.2- VALIDAÇÃO DO MODELO DE CARGAS TOTAIS EM SUSPENSÃO

A Figura 4 apresenta a regressão linear entre os dados simulados e observados. Os resultados mostram um bom ajuste entre os dados, com $r^2 = 0,92$. A Tabela 2 apresenta os valores simulados e observados das cargas de SST nos pontos de monitoramento estabelecidos na BHRL (Figura 1). Os resultados mostram que o modelo superestimou os dados observados. Os pontos que se situam nas regiões de cabeceira, próximo as nascentes do rio Itaqueri e ribeirão do Lobo, foram os que apresentaram a maior variação entre os dados simulados e observados. As menores variações foram encontradas nos pontos It3 e It4 que se situam no rio Itaqueri, próximo ao reservatório do Lobo.

A Tabela 3 apresenta os valores obtidos para os indicadores de desempenho utilizados nesse trabalho. O valor de $NSE = -404,88$ foi considerado inaceitável; o $Pbias$ indicou que o modelo superestimou em aproximadamente 1200% os valores observados; e o $REQM$ indicou um desvio de 719 ton.ano^{-1} .

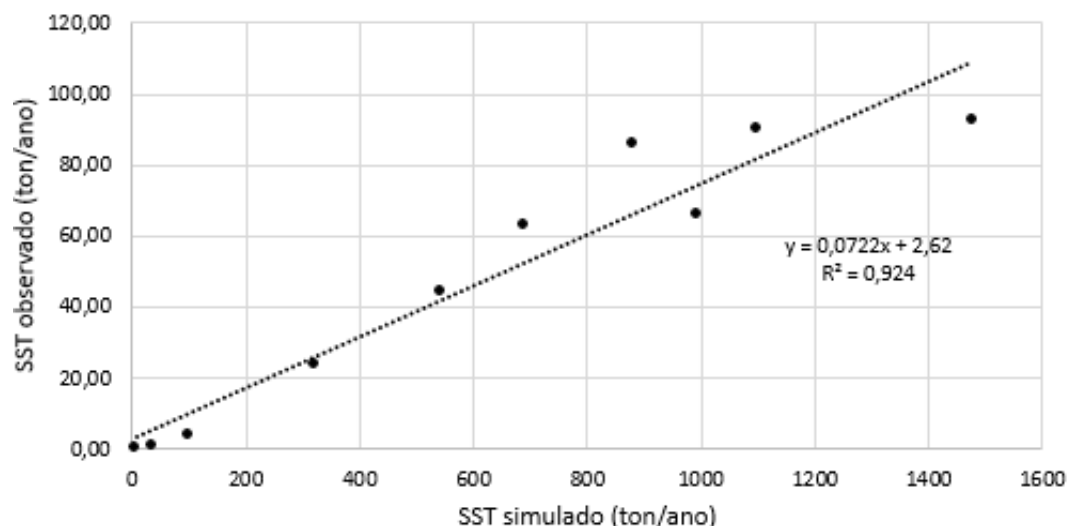


Figura 4 – Regressão linear entre as cargas simuladas e observadas.

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 2 – Cargas simuladas e observadas de SST nos pontos de monitoramento da BHRL.

Pontos de monitoramento	Observado (ton.ano ⁻¹)	Simulado (ton.ano ⁻¹)	Desvio (%)
Ab – 1	65,7	993,3	1411
Ab – 2	90,0	1098,9	1121
It – 1	0,2	8,0	4132
It – 2	23,8	321,5	1251
It – 3	62,8	689,6	999
It – 4	85,7	883,0	930
Lb – 1	0,9	35,3	3670
Lb – 2	3,9	98,7	2404
Lb – 3	44,1	542,5	1130
Lb – 4	92,6	1477,0	1495

Tabela 3 – Indicadores de desempenho do modelo de cargas de SST.

SST (ton.ano ⁻¹)			
NSE	Pbias	r ²	REQM
-404,88	1208,66	0,92	719,08

DISCUSSÃO

Os resultados gerados nesse trabalho mostraram que as cargas de SST são majoritariamente geradas por fontes difusas, associadas as atividades agrícolas da região. Essas, encontram-se principalmente nas sub-bacias do rio Itaqueri e ribeirão do Lobo, que são as sub-bacias mais críticas no que se refere ao aporte de nutrientes e sedimentos ao reservatório do Lobo (MORUZZI et al., 2012; ARROIO JUNIOR,

2013; ANJINHO, 2019). Resultados semelhantes aos dessa pesquisa foram encontrados por Arroio Junior (2013), em que o autor, utilizando o modelo SWAT, avaliou a produção de sedimentos na BHRL e indicou que a sub-bacia do rio Itaqueri é a mais crítica, produzindo 65% do total de sedimentos gerados anualmente.

Ao contrário dos estudos de Lima et al. (2016) e Anjinho (2019) que utilizaram métodos semelhantes baseado no modelo MQUAL 1.5 para avaliar as cargas e concentrações de nutrientes em cursos hídricos de bacias hidrográficas, a abordagem empírica utilizada nessa pesquisa não representou de forma adequada a dinâmica de SST na BHRL. Embora a análise de regressão tenha indicado um bom ajuste entre os dados observados e simulados, a linearidade apresenta o coeficiente angular da regressão significativamente inclinado, indicando que os parâmetros desconhecidos do modelo não são bem retratados nessa relação. Os resultados da análise comparativa mostraram que o modelo superestimou muito os valores observados, conforme indicado pelos indicadores Pbias e REQM.

Esse resultado pode estar associado a algumas limitações da metodologia utilizada. O método considera apenas o uso e ocupação do solo como indicador para determinar as cargas de SST, pressupondo que toda carga produzida na bacia se desloca e se acumula na rede de drenagem por ação da gravidade. Esse pressuposto pode ter afetado o desempenho do modelo, visto que existem muitos outros fatores associados a dinâmica de sedimentos em bacias hidrográficas, como grau de declividade, zonas de deposição, precipitação, características de solos, entre outros. O modelo não considera o transporte de sedimentos por meio do escoamento superficial e nem a taxa de entrega pixel a pixel, que geralmente está associada a declividade e cobertura do solo.

Outro fator associado ao baixo desempenho do método utilizado são os coeficientes de exportação de SST, que não foram representativos para a BHRL. Esses foram desenvolvidos para as sub-bacias de contribuição do reservatório de Guarapiranga, localizada na região metropolitana de São Paulo (SMA, 2010). Nesse trabalho, optou-se por utilizar os coeficientes do MQUAL 1.5 pois são os mais próximos da área de estudo e, possivelmente, podendo apresentar maior similaridade no que se refere aos aspectos hidrossedimentológicos.

Limitações também podem estar associadas aos dados observados na BHRL. Nessa pesquisa, utilizou-se apenas dados correspondentes a 1 ano de coleta e, em alguns pontos devido aos efeitos da sazonalidade da região e características dos cursos hídricos, não foi possível medir dados de vazão para os 12 meses do ano. A utilização de séries mais longas pode alterar desempenho do método utilizado.

5 - CONCLUSÕES

A abordagem empírica utilizada nesse trabalho não foi capaz de prever a carga de SST nos cursos hídricos da BHRL. Embora o modelo tenha conseguido identificar as áreas críticas da bacia, do ponto de vista de exportação de sedimentos em suspensão, e tenha apresentado um bom ajuste com os dados observados em campo ($r^2 = 0,92$), a análise comparativa mostrou que o modelo superestimou os dados observados, com valor de $Pbias = 1208,66\%$ e $REQM = 719 \text{ ton.ano}^{-1}$. Em termos de desempenho, a metodologia utilizada não foi consistente para a BHRL.

6- BIBLIOGRAFIA

- ARROIO JUNIOR, P. P. (2013). Avaliação da produção e transporte de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Itaqueri, município de Itirapina e Brotas – SP. Dissertação (mestrado). EESC-USP, São Carlos-SP, 134 p.
- Annandale, G. W. (2006). Reservoir sedimentation. Encyclopedia of Hydrological Sciences. <https://doi.org/10.1002/0470848944>.
- ANJINHO, P. S. (2019). Modelagem distribuída da poluição pontual e difusa dos sistemas hídricos da bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo, Itirapina-SP. Dissertação (mestrado). EESC-USP, São Carlos- SP, 135 p.
- BORRELLI, P.; ROBINSON, D. A.; FLEISCHER, L. R.; LUGATO, E.; BALLABIO, C.; ALEWELL, C.; BAGARELLO, V. (2017). An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. Nature communications, 8(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>
- FU, B.; MERRITT, W. S.; CROKE, B. F.; WEBER, T. R.; JAKEMAN, A. J. (2019). A review of catchmentscale water quality and erosion models and a synthesis of future prospects. Environmental modelling & software, 114, 75-97. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.12.008>
- HOU, D.; BOLAN, N. S.; TSANG, D. C.; KIRKHAM, M. B.; O'CONNOR, D. (2020). Sustainable soil use and management: An interdisciplinary and systematic approach. Science of The Total Environment, 138961. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138961>
- HUTCHINSON, M. F. (1989). A new procedure for gridding elevation and stream line data with automaticremovalofspuriouspits.Journalofhydrology,106(3-4),211232.[https://doi.org/10.1016/0022-1694\(89\)90073-5](https://doi.org/10.1016/0022-1694(89)90073-5).
- JENSON, S. K.; DOMINGUE, J. O. (1988). Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. Photogrammetric engineering and remote sensing, 54(11), 1593-1600.
- LIMA, R. N.; DE MELO RIBEIRO, C. B.; BARBOSA, C. C. F.; FILHO, O. C. R. (2016). Estudo da poluição pontual e difusa na bacia de contribuição do reservatório da usina hidrelétrica de Funil utilizando modelagem espacialmente distribuída em Sistema de Informação Geográfica. Eng Sanit Ambient, 21(1), 139-150. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41520201600100127676>
- MORUZZI, R. B.; DA CONCEIÇÃO, F. T.; DE SOUZA SARDINHA, D.; HONDA, F. P.; NAVARRO, G. R. B. (2012). Avaliação de cargas difusas e simulação de autodepuração no córrego da Água Branca, Itirapina (SP). Geosciences, 31(3), 447-458.
- SMA. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. (2010). Elaboração do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Reservatório Billings. Relatório Final. Processo N° 7097/2007, Contrato SMA/CPLEA N° 09/2007, São Paulo.
- VALERIANO, M.; De FÁTIMA ROSSETTI, D.; DE ALBUQUERQUE, P. C. G. (2009). TOPODATA: desenvolvimento da primeira versão do banco de dados geomorfométricos locais em cobertura nacional. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, São José dos Campos: INPE, p. 5499-5506.

Capítulo 12



10.37423/231208629

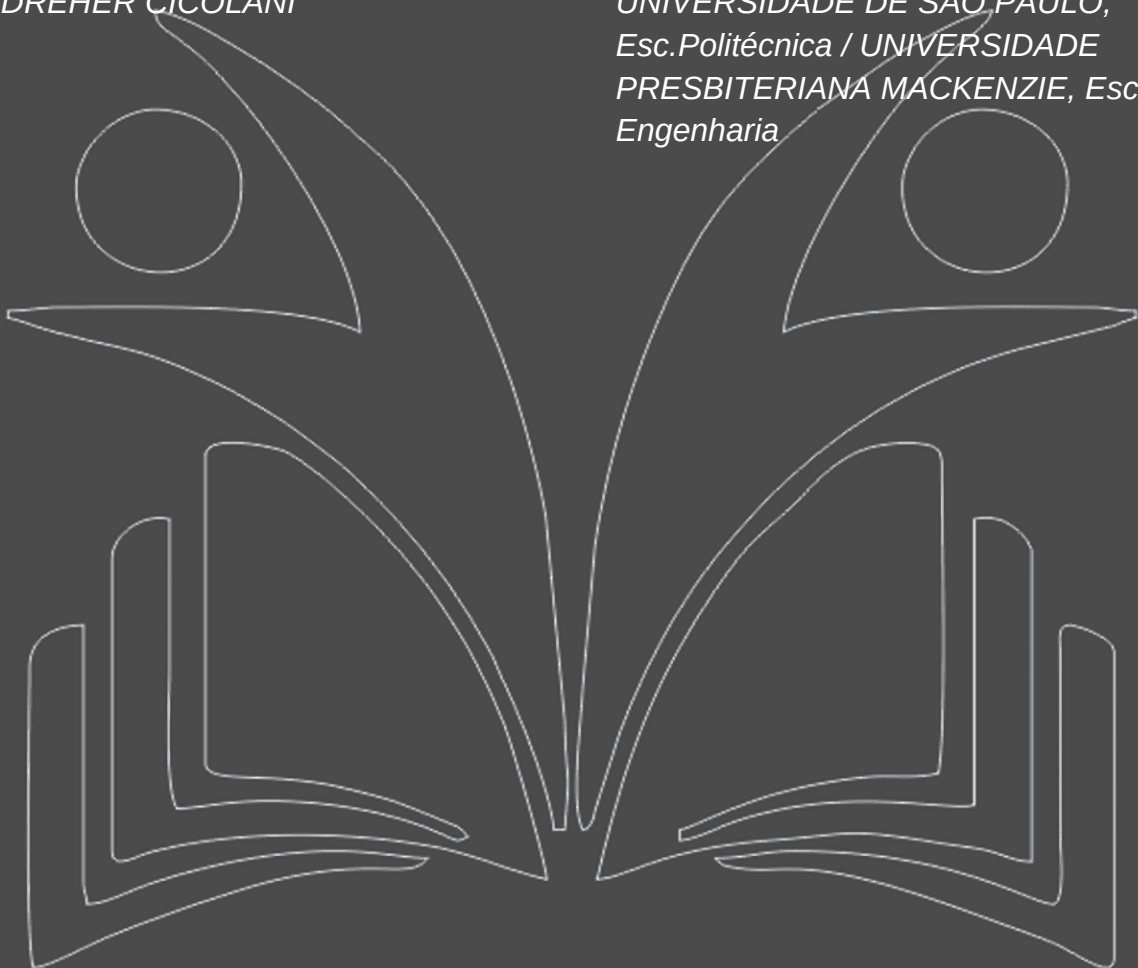
NUMERICAL DAMPING IN DETENTION RESERVOIRS FOR FLOOD MANAGEMENT: THE USE OF A SPREADSHEET APPLYING VBA IN A CASE STUDY

ANDRÉ LUIZ DE LIMA REDA

*UNIVERSIDADE PRESBITERIANA
MACKENZIE - Escola de Engenharia*

MATHEUS DREHER CICOLANI

*UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO,
Esc.Politécnica / UNIVERSIDADE
PRESBITERIANA MACKENZIE, Esc.de
Engenharia*



Abstract: *DETENTION PONDS ARE AN IMPORTANT INSTRUMENT TO DAMPEN FLOODS WHERE THESE MAY THREATEN THE SECURITY OF URBANIZED AREAS WHOSE DEVELOPMENT INCLUDED SIGNIFICANT IMPERMEABILIZATION AT AN IRREVERTIBLE POINT. THIS PROBLEM GENERALLY OCCURS WHERE SURFACES WERE PAVED, NOT RARELY AT THE SAME TIME RIVERS WERE RECTIFIED AND CANALIZED – HENCE, ACCELERATING FLOOD CONVEYANCE AND ENHANCING FLOOD PEAKS. A USEFUL TOOL TO SIMULATE THE DAMPING PRODUCED ON A DESIGN FLOOD HYDROGRAPH BY EACH PROSPECTIVE, DESIGN COMBINATION OF RESERVOIR GEOMETRY AND HYDRAULIC DISCHARGE STRUCTURES ARE THE NUMERICAL FLOOD-ROUTING METHODS. THE ELECTRONIC SPREADSHEET PRESENTED HERE CONTAINS A PRACTICAL RESERVOIR FLOOD ROUTING PROGRAM WHICH EASES, AND SPEEDS UP, THE ANALYSIS AND CONCEPTION PROCESS OF THESE STRUCTURES. THE PROGRAM ADOPTS THE METHOD OF PULS, AND IS DEVELOPED IN A MICROSOFT EXCEL® SPREADSHEET USING VBA. INTERESTING RESULTS AROSE FROM ITS USE TO PREVIEW RESERVOIR FLOOD DAMPING PERFORMANCE. THE ARTICLE AIMS TO FOSTER THE USE OF FLOOD MANAGEMENT STRUCTURES AT ALL SIZE SCALES AND ENCOURAGE FURTHER DEVELOPMENT OF SIMILAR TOOLS FOR THEIR DESIGN.*

Keywords: *DETENTION POND; FLOOD DAMPING; NUMERICAL ROUTING; FLOODING; RESERVOIR MONK.*

1. INTRODUCTION

River valleys in urban areas or their outskirts tend to face the problem of continuously increasing flooding, generally caused by growing soil impermeabilisation due to the urbanisation process itself (ADOBATI; GARDA, 2020). Another reason for the growth of floods in urban areas are the changes in rain intensity due to phenomena such as uncontrolled global warmth (SENEVIRATNE, 2021) and the canopy effect (MOMIYAMA et al., 2023) – both raising rain intensities. This is more noticeable in developing countries, such as Brazil (BRAGA, 1994), because of fast urban expansion. Governments, researchers and designers (CANHOLI, 2014) search for solutions to this problem that depart from the “hygienist” approach (CHRISTOFIDIS et al., 2019) traditionally adopted, i.e., to accelerate surface flow downstream from the flooded area – therefore, increasing water speed and peak flow in the water bodies that drain it. The concept of “hygienisation” would be the suppression of local flooding, therefore allowing for the safe use of such areas for several purposes. However, the problem will only migrate downstream, as flow accelerates. The current, “conservationist” urban planning philosophy recommends retaining water volumes next to flood generation areas for longer – so, departing from that traditional flood management politics.

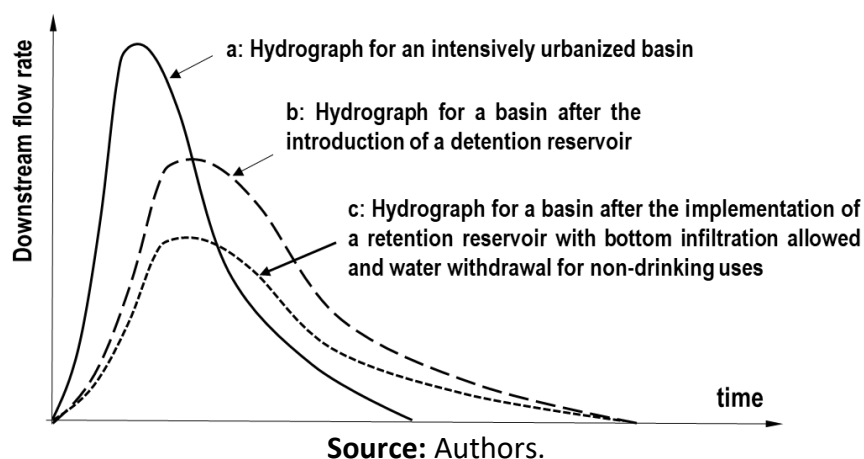
Uncontrolled urbanisation causes severe changes to river basins and their water-cycle regimes. The suppression of riverside vegetation and soil impermeabilisation, for instance, act towards flow acceleration, as described above, so enhancing flood peaks. Another problem in heavily occupied regions is the “heat island” phenomenon – higher heat generation in urban regions bearing high concentration of thermal sources (industry; thermoelectric plants; petrol- fuel vehicles). As an ally of the reduction of thermic inertia due to the suppression of vegetation, it will raise temperatures in certain areas during warmer periods, so generating mountain-like “isotherm contour curves”, such as on a topographic map (BIAS et al, 2003). This is most noticeable where green area gives room to paved, or built surface – so, resulting differences in albedo coefficients from one part of the surface to another, such as to induce thermic differences that generate convective atmospheric circulation cells able to cause heavy rain concentrated over reduced areas. As allied to the problem of reduced infiltration, storm water will, then, flow more and more over the surface, so increasing the frequency of flooding. After such changes, flood management became increasingly crucial in urban and metropolitan regions, particularly nowadays – although ancient peoples already tried solutions for such troublesome phenomena. According to Fendrich (2002), ancient Babylonians already resorted to flood control measures, by deviating excessive stormflow from the Euphrates River basin to

depressions in the Arabic desert. Germany, France and Russia already built flood detention reservoirs in the XV century. The first flood detention ponds in Brazil were built in Belo Horizonte, Minas Gerais state, in 1953 (NASCIMENTO et al., 1997). São Paulo city has implemented dozens of flood management basins, mainly starting from the years 1990 with the pioneer, main case of the Pacaembu retention reservoir (CANHOLI, 2014). This structural solution of flood control may face high capital costs, beside all losses related to urbanistic factors, such as the disturbance caused by its construction to traffic, commercial and industrial activities; interference with the existing urban equipment (bridges, crossways, water intakes, discharge pipes) and environmental and economic impacts. Thence, this sort of solution must be compared to alternatives including non-structural solutions, under a holistic overview.

Detention ponds have four main functions(BAPTISTA et al., 2005; CANHOLI, 2014):

- a) Flooding control by flood damping – see Figure 1;
- b) Surface flow reduction by infiltration on a porous bottom – the case of a retention basin;
- c) Retention of the diffuse pollution subject to conveyance by storm water in urban areas; thence, allowing for its removal from the pond bottom before it is transported into rivers;
- d) Reduce the impact of flooding, so increasing land value at previously flooded areas.

Figure 1 – Outlet hydrographs representing three alternative combinations of flood control measures at a hydrological basin using flood control reservoirs (or ponds).



Preliminary investigation on a proposed reservoir surrounding area is fundamental, so that its characteristics and functions be made compatible to regional development planning, in order to interact in a positive way with other, specific urban aspects – such as environmental protection in a broad sense, leisure and sports facilities, parks and squares (typical example: the Pacaembu reservoir,

which lays beneath the traditional, reconstructed square in front of Pacaembu sports stadium and cultural centre), improvement of the quality of water detained and aquifer recharge. If such care is taken, the loss of material equipment, as much as of public and private patrimony, may be mitigated. The implementation of institutional leisure facilities and environmental protection areas may inhibit invasions by homeless citizens, unleashed building construction and street lane parking, so facilitating the “restitution of natural conditions to allow for original local flood characteristics, as demanded by the Law in several USA states (zero-impact politics)” – and rehabilitating pre-existing ecosystems (literal translation from CANHOLI, 2014). If flood management reservoir implementation does not count on such an encompassing planning, investments may not reach their sought aim, since several costs are involved in such cases – namely, indemnity for private property expropriation, interruption of traffic and local services, inflated maintenance costs (equipment maintenance and repair services; silting removal) and regional devaluation. Another problem of urban areas under uncontrolled population growth is the presence of water streams that represent open sky sewers, due to a lack of “universal sanitation”. These may be tributaries of the basin contributing to a given flood control pond – which will suffer from the emissions of bad odour gases and disease vectors.

An alternative to flood control by flood ponds would be the selection of upstream areas to be revegetated (implying indemnity costs) or increasing flow capacity of downstream channels. The latter tends to be more and more seen as inappropriate, as previously discussed here, since downstream flood peaks would then be increased, so propagating the flooding problem downstream. However, it is still common that local, municipal governments still resort to such ‘solutions’ – “... the irrationality of projects leads to unsustainable costs, which may [...] be tenfold those to dampen hydrograph peaks and peak lower flow rates downstream by detention” (literal translation from TUCCI, 2003).

Although detention ponds may represent an efficient local solution, the design flood hydrographs from all catchments contributing to a given valley whose flooding is considered must be jointly analysed to avoid flood peak synchronism among them – so, for example, if the delay caused by a pond to the flood peak of the hydrograph from a given contributing basin makes it to coincide with the peak of another one with which it did not coincide before pond implementation, this could increase flood peak downstream (FCTH, 1999).

2. REVIEWING THE STATE OF THE ART OF DETENTION POND DESIGN

Detention ponds may be alternatively classified as in-line (in the river thalweg) or off-line (outside that thalweg). There are open and closed reservoirs (the latter being covered, generally underground) – the choice for a type depending on project objectives. Beyond such classifications, the types of hydraulic outflow structures also vary, possibly being either weirs, orifices or outflow pipes at the level of the reservoir bottom – the latter, also referred to as culverts. The two latter may be placed either at the very bottom of the reservoir or at an intermediate vertical position between the weir crest and the reservoir bottom – in which case, another outlet must be present at the bottom to allow for the reservoir complete emptying. A combination of more than a single structure of different types may serve a reservoir and their positions may strongly affect the behaviour of a reservoir emptying regime – what must be considered in the planning of a reservoir solution to river flood control, particularly in a numerical process aiming to simulate reservoir behaviour at given flood-control, eventual project situations. The complete knowledge of the reservoir outlet structures behaviour (translated by a set of mathematical algorithms) is fundamental to simulate policies, and program decisions to be taken during pond operation during a flood event.

Some reservoirs are fit with pumps (generally, when their bottom is at a position below the river side downstream). They may also be fitted with flood gates to control their filling or emptying operations. There are, still, reservoir whose water surface area varies while the water level (WL) oscillates, as a function of their bordering geometry (CANHOLI, 2014).

So, it is necessary to previously know reservoir geometry before estimating the way it might contribute to flood damping. During system design processes, however, this geometry is unknown. In this case, hypothetical alternatives of reservoir geometry may be proposed, as much as alternative discharge-structure geometries, so allowing one to search for their ideal combination to dampen design floods as wished. During design, the behaviour of each of such hypothetical combinations is generally simulated by mathematical flood-damping tools – the reservoir numerical routing models. The word “routing” means the “conveyance of something along a mass transport system”. In practical terms, it simulates the supposed changes in a flood hydrograph as it ‘travels’ along the whole intake-reservoir-outlet system (TOMAZ, 2011). The simulation output will be the hydrograph supposed to occur at the reservoir outlet.

As the ideal type of flood control reservoir to curb a given regional flooding is defined, designers must detail solutions by sizing system components such as to reach their specific objective. Various

mathematical flood simulation models are available, each situation requiring an ideal one. Some are interactive, e.g., Muskingum and Puls methods – the latter having been proposed in 1928 (PULS, 1928), then modified by Akan (1993) to dispense with iterations.

There are two basic types of numerical simulation of routing along a water volume in a river or reservoir in what concerns to spatial distribution. The lumped routing (or hydrological routing) models compute outflows along time at the downstream cross section (of that volume). The distributed routing (or hydraulic routing) models, most used for stretches of river, simultaneously calculate outlet flow rates along time at chosen river cross sections.

The numerical methods of Puls (including its modified version) and Muskingum are classified in the lumped routing category, being based on the mass-conservation principle. They exert continuous control, during simulation (which occurs along time), of the difference between input and output flow rates, which must equal simultaneous variations in the water volume stored within the control volume (be it the reservoir, or the river stretch volume) between inlet and outlet at each instant. The other type of model, distributed routing, includes the kinematic wave model and the Muskingum-Cunge model. These models may simulate flood routing in water bodies undergoing variable flow – and they numerically simulate space and time variations in flow rates, water velocities and river depths (FREAD, 1992).

According to McCuen (1998) about lumped routing (or ‘level-pool’ reservoir routing), such as the Puls method, these are generally used as one aims to simulate reservoir behaviour in the conveyance of a given flood wave – for instance, to simulate how eventual changes in the output hydrograph of the basin upstream of it would impact its own capacity to produce an acceptable dampened hydrograph, i.e., a hydrograph that would not cause flooding downstream. In several of such cases, an existing reservoir would be under investigation in what concerns to its capacity to grant that one or more given input flood hydrographs could be dampened by its existing system as much as necessary to grant safety at the river valley downstream. The various input hydrographs for which the reservoir would be tested could represent, for instance, various circumstances of flood return period or changes in basin occupation and surface. Here, an existing reservoir is being tested together with its discharge structures, for hypothetical floods of different hydrological characteristics.

This type of model is also useful to test alternative discharge structures that could be installed at a given reservoir. When an alternative hydraulic discharge device (e.g., an orifice, a weir or a pipe) is chosen to compose the reservoir, numerical routing is simulated for different shapes and sizes of that

hydraulic device, so that the best scheme is chosen to fulfil flood damping requirements. During this process, if, for instance, the opening of a discharge structure be too much broad, flow rates would not be reduced as much as necessary – so, a narrower structure must be tested (outlet under sizing). On the other hand, if the discharge structure tested be narrower than its ideal form, too much water would be kept in the reservoir and it would result too expensive – perhaps, larger than the space available for construction, although the flood wave would be dampened further than required (reservoir oversizing).

3. METHODOLOGY

The method conceptual base – for the hydraulic-hydrological computation performed in this study – is that proposed by Puls (1928), already presented and based on the continuity law. According to Akan (1993), its original form may be represented by Equation (1),

$$I - Q = dS/dt \quad (1)$$

in which I means the input flow; Q , the output flow; S , the storage volume; t , the time instant.

Equation (1) may be further developed for a discrete time interval between t_1 and t_2 (as detailed by CICOLANI, 2019, in a complete description of the method), such as to yield Equation (2),

$$(I_1 + I_2) + (2 S_1/\Delta t - Q_1) = (2 S_2/\Delta t - Q_2) \quad (2)$$

in which I_1 means inflow rate at the beginning of the time interval between t_1 and t_2 , Δt ; I_2 , inflow rate at that interval end; Q_1 , outflow rate at the beginning of that interval; Q_2 , outflow rate at the end of that interval; S_1 , stored water volume at the beginning of that interval; S_2 , stored volume at the end of that interval; $\Delta t = t_2 - t_1$, the duration of that time interval.

The values of I_1 and I_2 are known at any time interval, since they are informed to the program when the inflow hydrograph is put into it (hydrograph to be dampened) – as much as the initial values of Q_1 and S_1 are – both nil at their initial conditions for an initially empty reservoir (what is realistic in most common simulation cases, when as a flood starts to come for an upstream basin at the very beginning of a design rain event). In a more complex case, if the reservoir is to be considered partially filled at the beginning of the initial computation interval (for instance, if a rain event comes after another, recent one), a realistic value for each of these variables may be informed to the program. Another possible case would be that of an in-line reservoir (within the river thalweg), for which the regular river

regime would never allow the reservoir to be empty. In this case, initial hydrological conditions must be conveniently adopted and the corresponding river surface level, informed to the model.

At the beginning of routing simulation, the values of Q_2 and S_2 to feed Equation (2) are unknown. For this reason, the proposed method is interactive and additional equations and procedures are required. So, equations for Q_2 and S_2 are written as functions of water level (WL) using formulae that represent reservoir geometry as functions of WL. In the case of Q_1 , formulae to represent the behaviour of weirs, orifices or pipes may be useful. In the case of S_2 , the reservoir shape itself may be considered such that formulae may be derived to yield the value of its storage volume as a function of WL. By these means, the only value unknown in Equation (2) at the initial condition will be WL, and its value is searched by trial and error as one proposes plausible initial values for Q_2 and S_2 so that the resulting value of $(2 S_2/\Delta t - Q_2)$ will reproduce the value already determined by the left-hand member of Equation (2).

The numeric procedure explained here is, in fact, interactive (trial and error), as proposed by Puls (see AKAN, 1993) – following the steps bellow:

- a) (I_1+I_2) is computed based on the knowledge of the inflow hydrograph, and $[(2 S_1/\Delta t - Q_1)]$, based on information about reservoir conditions at the beginning of each time interval. In what concerns to the initial interval, the initial values of Q and S are data to be given (as seen above); for the following intervals, their values resulting at the end of each (considering intervals of constant duration Δt , previously and criteriously selected) will be considered as their initial values at the following interval;
- b) $2 (S_2/\Delta t)+Q_2$ must be computed by using Equation (2);
- c) The values of Q_2 and S_2 may be obtained by using hydraulic and geometric formulae (respectively to each of the two variables) that must be known after the choice for their types has already been done at the beginning of each speculative simulation. So, calculations will follow for several WL values up to the point when the value obtained for $[2 (S_2/\Delta t)+ Q_2]$ equals the one obtained at step (b), above;
- d) In the following step, $[2 (S_2/\Delta t) - Q_2]$ is calculated by subtracting $2 Q_2$ from $[2(S_2/\Delta t)+ Q_2]$, then returning to step (c). Note that the value of $[2 (S_2/\Delta t) - Q_2]$ found for the end of any time interval will serve as the value of $[2 (S_1/\Delta t) - Q_1]$ to initiate the next one;
- e) The same procedure must be repeated for each interval until routing has reached the end of the outflow hydrograph or, at least, a calculation period that covers a part of the outflow

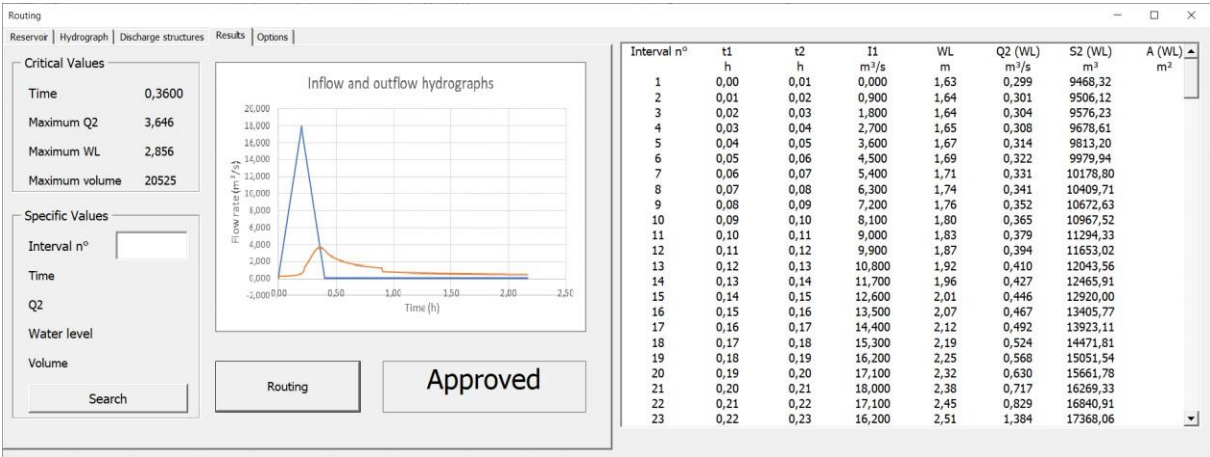
hydrograph that may allow to size the reservoir (it will be seen here that this will happen when the outflow hydrograph crosses the inflow one).

The numerical routing program conceived by the second author (CICOLANI, 2019) during the beginning of his studies on this subject started at his second institution mentioned at the article headlines (under the advice of the first author) and was originally built in an electronic spreadsheet. A computation table is built in this spreadsheet and, based on such table, the input and output hydrographs are drawn – so, graphically illustrating the result of the simulation. The table informs: a) maximum volume reached in the reservoir during the event; b) instant $t_{Q_{\max}}$, when the maximum values of outflow rate and stored volume are reached; c) maximum outflow rate; d) maximum water level (WL) reached in the reservoir.

It is worth noticing that the instants of maximum outflow rate and maximum stored volume occur at the same time, when the inflow hydrograph line crosses the outflow one (MCCUEN, 1998), at $t_{Q_{\max}}$. Indeed, before $t_{Q_{\max}}$, inflow rate is higher than outflow rate – therefore, stored volume will be growing – but as outflow overcomes inflow, the WL starts to decrease, since stored volume is being reduced. Thus, if the two flow-rate graphs do not cross precisely at the inflow hydrograph peak time ($t_{Q_{\max}}$), one may assume there is a mistake in calculations (CICOLANI, 2019). This fact constitutes a useful tool to visually verify the occurrence of computational errors, particularly in cases of either excessive, or insufficient program time discretisation. The graph showing both inflow and outflow rates may also be useful to estimate the maximum volume stored in the reservoir during a particular flood event, which numerically coincides with the ‘graphic area’ bellow the former and above the latter – which represents the value of the reservoir “design volume” and may be easily determined by the corresponding planimetry on the graph – graphic integration of flow rate along time.

The numerical routing program used here was a computer code created by Cicolani (2019), the first author, as an undergraduate research student under the advice of the first author. The program code was written using Visual Basic for Applications (VBA) in a Microsoft Excel® (MICROSOFT, 2022) spreadsheet, which offers dialog boxes as interfaces for the user to fill the data in, as well as tables and graphs to show partial and final results – see example in Figure 2.

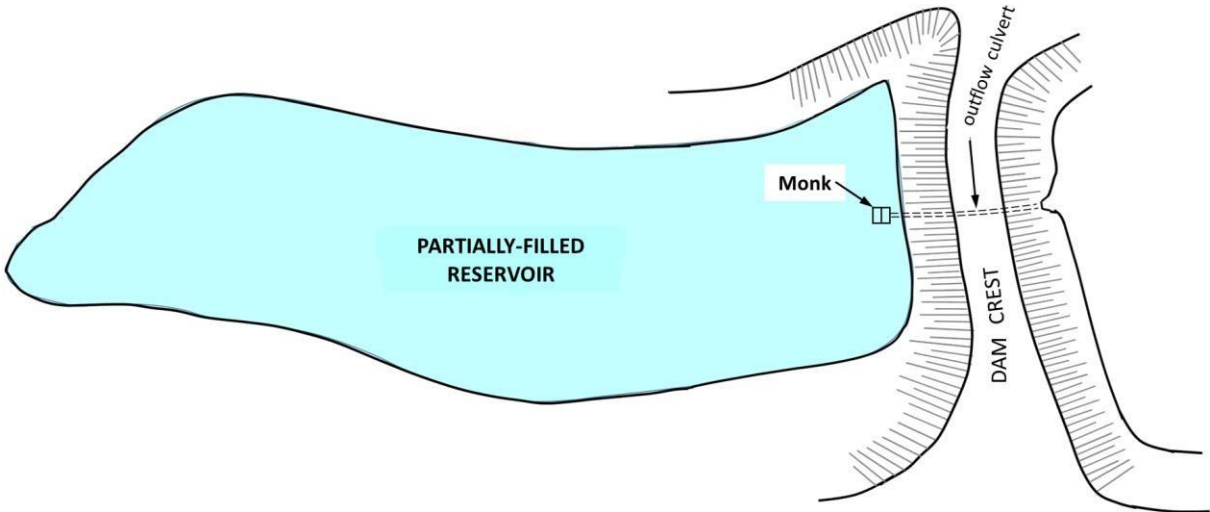
Figure 2 - Screen image of the program output: resulting graphs and table.



Fonte: Autores.

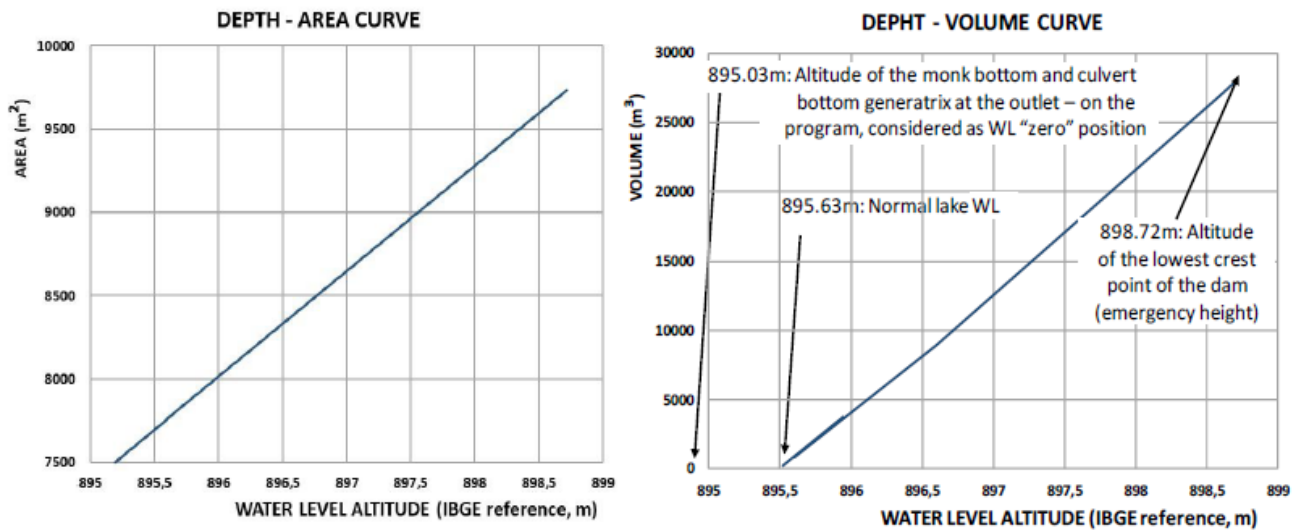
The computational program proposed in this research work was applied to the case of a deactivated dam crossing a small creek in the outskirts of the urban area of a country town in São Paulo state. It served to investigate the viability of its lake to be filled again, provided sufficient security would arise from hydraulic structures to be fit into it to control floods – see Figure 3. The contributing basin has 0,5951 km² and its concentration time was estimated as 12 min (the average of the Picking, George Ribeiro, Kirpich and Chow practical formulae, as reviewed by SILVEIRA, 2005). The height x area and the height x volume curves of that lake are shown by Figure 4.

Figure 3 - Layout of the dam and the reservoir area.



Source: Authors.

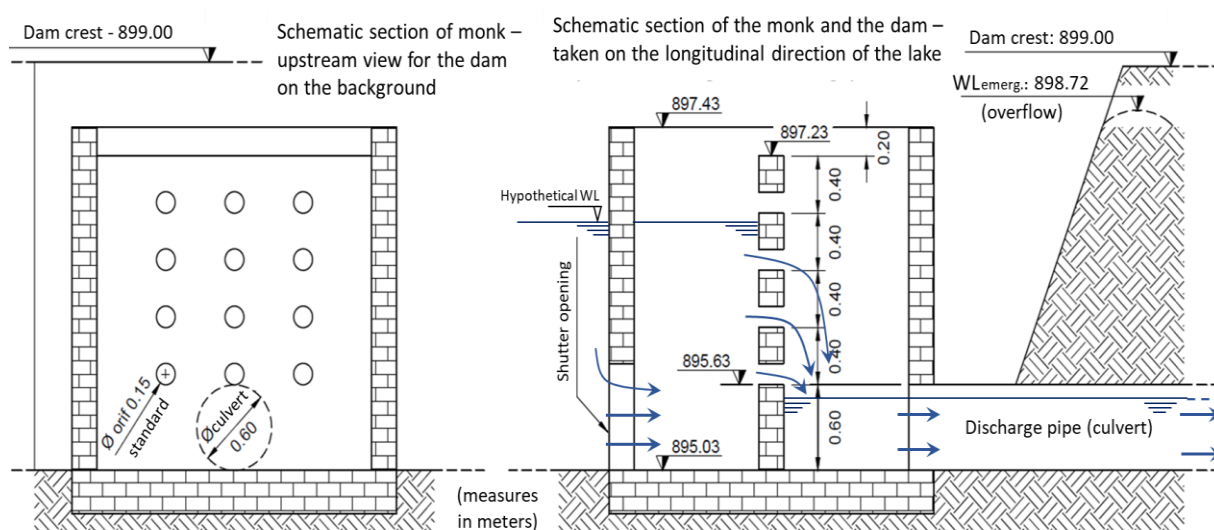
Figure 4 – Reservoir height x area and height x volume curves.



Source: Authors.

The water intake planned for the flood discharges is a masonry tower of rectangular cross section (on the plant), also known as a ‘monk’, fit with a vertical wall acting as a sept at the middle of its longer dimension – see Figure 5. This sept is a plan wall perpendicular to the longitudinal direction of do lake, fit with circular orifices which may be operated (either closed or opened), and divides the monk upstream and downstream sectors. At the upstream sector, the water follows that of the reservoir WL, since it is fed by a shutter opening of large dimensions from the monk bottom upwards. The monk downstream sector discharges through an orifice starting immediately above its bottom, from which the water is taken into a line of reinforced concrete, circular industrialised drainage pipes that crosses the whole dam earth body, along a length of 106 m – also described as a ‘culvert pipe’, that may work totally covered by water at its upstream end, and under partially filled conditions at the downstream end (BRASIL, 2006) during stress situations after a storm of a high return period (circa 100 years or more). The shutter that takes the flow into the monk and its hollow sept wall tranquilise the water flow before it enters the culvert, so avoiding local erosion of the masonry and also of the culvert pipe and the approach region near to the dam. The sept wall is fitted with four horizontal lines of three orifices each. The lower geratrixes of the orifices in the lowest line are 0,60m above the monk bottom. As for the three other lines, the lower geratrixes in each one are 0,40 m above those on the line immediately bellow it. The sept wall is 0,20 m wide, as well as all other walls of the monk walls – whose external dimensions are 2,63 m longitudinally to the lake and 2,60 m in the direction that crosses it. Figure 5 also shows particular stages of the WL – for instance, the WL for dam overlapping.

Figure 5 - Discharge control facilities: monk and its appliances and culvert – section taken in the longitudinal direction of the lake, with the dam upstream face on the figure right side.



Fonte: Authors.

Alternative, hypothetical situations were numerically simulated, as for instance for culvert diameters of 0,6 m and 0,8m. The flood hydrographs simulated as taken into the lake were simplified by a triangular graph whose peaks were estimated by the rational method for return periods, T , of 75, 100 and 150 years, and average storm intensities estimated according to the empirical formulae published by DAEE-SP (SÃO PAULO, 1996) for the conditions described above, resulting $i = 154$ mm/h for $T = 75$ years, 160 mm/h for 100 years, and 168 mm/h for 150 years. These results are summarised by Figure 6.

Figure 6 - Result panel with the six main simulations.

Values of $Q_{\max}$ at the reservoir outlet (m^3/s)				Values of reservoir $WL_{\max}$ (m)			
T (years)	75	100	150	T (years)	75	100	150
$D_{\text{culvert}}(\text{m})$				$D_{\text{culvert}}(\text{m})$			
0.6	2.96	3.29	3.65	0.6	2.79	2.82	2.86
0.8	4.53	4.97	5.47	0.8	2.73	2.75	2.78

Note: WL reference lays on the monk bottom. The WL must be 3,69 m above this reference in order to reach the lowest point of the dam crest (the emergency point), so implying overflow.

Source: Authors.

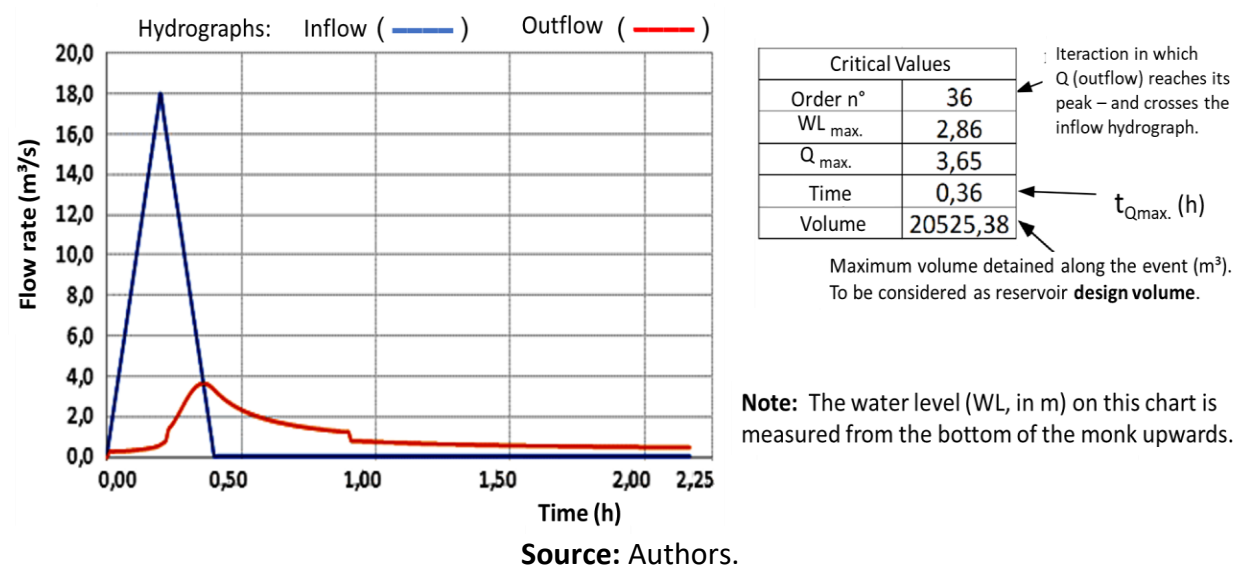
The calculations of flow through the orifices and the weirs represented by the upper edges of the monk border walls and its midst sept wall (here considered as sharp edges) follow the traditional corresponding equations (PORTO, 1998). The flow at the entrance of the culvert, either when totally

drowned or when partially filled, was computed by the methodology recommended by DNIT (BRAZIL, 2006).

5.CONCLUSION, COMMENTS AND RECOMMENDATIONS

Figure 6 shows the main results of the simulation for culvert diameters of D=0,6 and 0,8 m, and T= 75, 100 e 150 years. Among the six combinations of variables, the graph for D=0,6m and T= 150 years was chosen to be shown in Figure 7. The peak outflow rate at that figure was reduced to about 1/8 of that borne by the corresponding inflow rate hydrograph, while the maximum water level in the reservoir reached only 2,70 m above the monk bottom. This means that almost a whole metre still stands, as high security margin, before an outflow might occur above the dam lowest crest level (898,72m). For other combinations of T and D, this margin was even higher, showing more considerable flood damping. The program used in this study was confirmed as a practical, fast and precise tool to assist designers in their job of sizing each kind of storage or discharge structures involved in detention ponds or reservoirs.

Figure 7 – Inflow and outflow hydrographs for a D= 0,6m culvert and T=150 years – and the main numerical values related to this simulations.



REFERENCES

- ADOBATI, Fulvio; GARDA, Emanuele. Soil releasing as key to rethink water spaces in urban planning. *City, Territory and Architecture*, [S.L.], v. 7, n. 1, 15 Jun. 2020. Springer Science and Business Media LLC. 2020.
- AKAN, A.O. Urban stormwater hydrology. Technomic, Lancaster-PA, 268 p. 1993.
- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. ABRH, Porto Alegre-RS, 318 p. 1993.
- BRAGA, B.D.F. “Gerenciamento urbano integrado em ambiente tropical” in Seminário de hidráulica computacional aplicada a problemas de drenagem urbana - ABRH, São Paulo, 1994.
- BRAZIL. Manual de drenagem de rodovias. 2. ed. Departamento Nacional de Infra- Estrutura de Transportes-DNIT, Rio de Janeiro-RJ, 333 p. 2006.
- BIAS, E.S.; BAPTISTA, G.M.M.; LOMBARDO, M. A. “Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados landsat e ikonos” in Anais XI SBSR, Belo Horizonte-MG, Apr. 2003, pp. 1741-1748. 2003.
- CANHOLI, A. P. Drenagem urbana e controle de enchentes. Oficina de Textos, São Paulo- SP, 384 p. 2014.
- CHRISTOFIDIS, D.; ASSUMPÇÃO, R. dos S.F.V.; KLIGERMAN, D.C. “A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza”. *Saúde em Debate*, vol.43, n.3, pp. 94-108. 2019.
- CICOLANI, M.D. “Programa para dimensionar reservatório de amortecimento de enchentes em área urbana com base em planilha Excel com aplicação a um estudo de caso” in Anais da XV Jornada de Iniciação Científica, São Paulo SP, Oct. 2019, pp. 119. 2019. Available on: <http://eventoscopq.mackenzie.br/index.php/jornada/xvjornada/paper/view/1761/975>. Access: 01st July 2022.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA-FCTH. Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo. FCTH, São Paulo-SP, 289 p. 1999.
- FENDRICH, R. Coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana. Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba-PR, 499 p. 2002.
- FREAD, D. L. “Flow Routing”, in *Handbook of Hydrology*. Organised by MAIDMENT, D. R., Mcgraw-Hill Book Company, New York – NY, pp. 316-345. 1992.
- MCCUEN, R. H. “Reservoir Routing”, in *Hydrologic analysis and design*. Organised by MCCUEN, R. H., Pearson Education, New Jersey – NY, pp. 624-643. 1998.
- MICROSOFT. “Introdução ao VBA no Office”. Documentação técnica da Microsoft. 2022. Available on: <https://docs.microsoft.com/pt-br/office/vba/library-reference/concepts/getting-started-with-vba-in-office>. Access: 20th July 2022.

MOMIYAMA, Hiroki; KUMAGAI, Tomo'Omi; FUJIME, Naoya; EGUSA, Tomohiro; SHIMIZU, Takanori. Forest canopy interception can reduce flood discharge: inferences from model assumption analysis. *Journal Of Hydrology*, [S.L.], v. 623, p. 129843, Aug. 2023.Elsevier BV. 2023.

NASCIMENTO, N. O.; BAPTISTA, M. B.; PINHEIRO, M. C.; CHAMPS, J. R. B.; SOUZA, V. C. B. “Estudo de caso de uma bacia de detenção em meio urbano – O caso do reservatório Santa Lúcia” in *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Vitória-ES, 1997. pp. 1-9. 1997.

PORTO, R.M. *Hidráulica Básica*. EESC/USP, São Carlos- SP, 540 p. 1998. PULS, L.G. “Flood Regulation of the Tennessee River. House Document” in 70th Congress, 1st Session, U.S. Government Printing Office, Washington D.C., 1928, pt.2, appendix B. 1928.

SÃO PAULO. *Chuvas Intensas no Estado de São Paulo*. Departamento de Águas e Energia Elétrica-DAEE; Centro Tecnológico de Hidráulica-CTH, São Paulo-SP, 86 p. 1996.

SILVEIRA, A.L.L. da. “Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH*, vol. 10, n.1, pp. 5-23. 2005.

TOMAZ, P. “Routing de reservatórios”, in *Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais*. Organised by TOMAZ, P., Navegar Editora, São Paulo – SP, pp. 454-466. 2011.

TUCCI,C.E.M. “Drenagemurbana”.*CiênciaeCultura*,vol.55n.4.2003.Availableon:http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400020Access: 12th July 2022.

SENEVIRATNE, S.I. et al. 2021: Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp.1513–1766. 2021.

Capítulo 13



10.37423/240108638

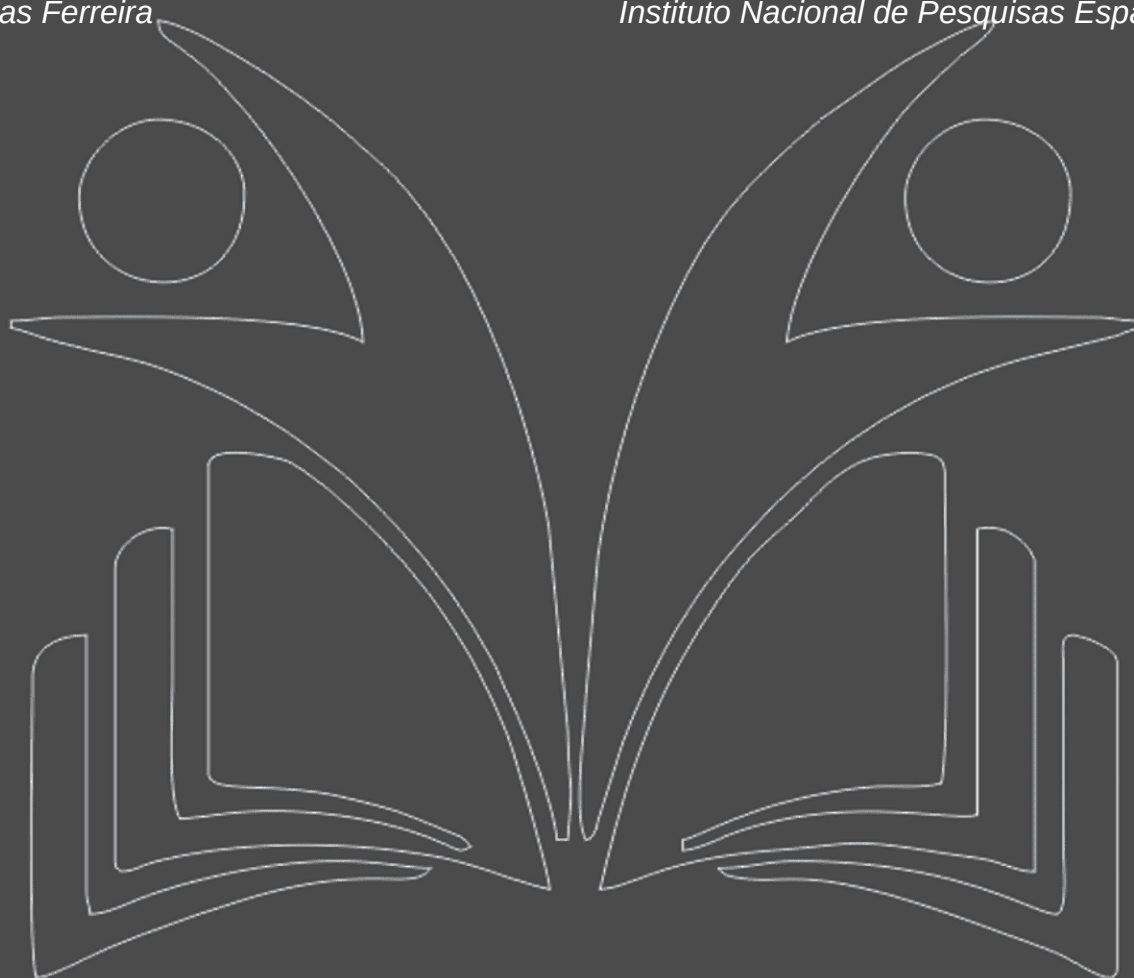
OBTENÇÃO DE UMA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS PARA SÃO JOSÉ DOS CAMPOS – SP COM BASE EM ESTUDOS PLUVIOGRÁFICOS

Roberto Cordeiro Waltz

Universidade Paulista (UNIP)

Marlene Elias Ferreira

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais



Resumo: Nesta pesquisa sobre chuvas intensas foram empregados os registros pluviográficos da estação do aeroporto de São José dos Campos, para o período de 1973 a 1984 e de 1993 a 1998. Mediante processamento digital, foi gerada uma base de dados, em intervalos de tempo de 10 minutos, que, após submetida a procedimentos de crítica e consistência, deu origem às séries de precipitações máximas anuais, para as durações de 10, 20, 30, 60, 120, 180, 360, 720 e 1440 minutos. Por meio de técnicas de regressão linear múltipla, para a determinação dos parâmetros I- D-F, foi então obtida uma Equação de Chuvas Intensas para São José dos Campos, cujo comportamento mostrou-se coerente com o arcabouço empírico. Comparações com os resultados fornecidos por equações de outros locais, algumas das quais são muito usadas em projetos de drenagem urbana para São José dos Campos, produziram resultados satisfatórios, particularmente para durações de até 6 horas. Em virtude do tamanho da série (16 anos) e da diminuição significativa do espaço amostral em função da duração da chuva, espera-se que a Equação I-D-F para São José dos Campos forneça resultados mais consistentes para tempos de retorno e durações inferiores a 20 anos e 6 horas, respectivamente.

Palavras-chave: drenagem urbana, equação de chuvas intensas, São José dos Campos.

INTRODUÇÃO

Como já bastante tratado na literatura especializada (e.g., Nunes & Modesto, 1992; Tucci, 1995; Braga, 1998; Scofield & Margottini, 1999; Urbonas, 1999), ao se considerar as questões que se relacionam aos problemas causados à paisagem urbana por fenômenos antropogênicos ou naturais, as consequências das chuvas intensas ganham destaque, em âmbito nacional e internacional, e tornam-se alvo da preocupação de técnicos e administradores de vários setores, como o Planejamento Urbano, a ordenação, a ocupação e o uso do solo e a Defesa Civil. Chuvas intensas, associadas a fatores como projetos inadequados de drenagem, causam impactos ambientais, colocam em risco vidas humanas e danificam propriedades, demandando atenção do Poder Público Municipal, e evidenciando a importância dos estudos sobre o regime de chuvas máximas para os planos de ocupação de áreas municipais e regionais.

Assim sendo, o conhecimento sobre a intensidade, a duração e a frequência de ocorrência de chuvas máximas que atingem uma região, normalmente adquirido a partir de séries pluviográficas históricas, torna-se fundamental para a administração do espaço urbano e para a vida de seus habitantes.

Com o adensamento populacional das áreas urbanizadas, o que se vem notando é um aumento de áreas suscetíveis ao fenômeno das inundações, apesar da inegável contribuição dos avanços tecnológicos para o monitoramento ambiental e para o maior acerto das previsões hidrometeorológicas. Ainda assim, deve-se ressaltar que os impactos causados pelas chuvas intensas sobre o espaço urbano e sobre a população só podem ser antecipados caso sejam adotadas práticas operacionais compatíveis com a escala espacial das bacias hidrográficas urbanas empregando-se, por exemplo, rotinas de coleta de dados frequentes (Ferreira, 1987; Ferreira & Brandão, 2000) e ações conjugadas por parte dos responsáveis pelos sistemas de previsão hidrometeorológica e pela Defesa Civil do local (Scofield & Margottini, 1999; Perrella, 1999).

Essa problemática tem recebido atenção crescente dos pesquisadores brasileiros, particularmente ao longo dos últimos 25 anos, em consonância com a rápida urbanização de nosso país. A literatura especializada aponta para uma situação generalizável para diferentes regiões e permite constatar a quase total ausência de abordagens integradas da questão urbanismo-drenagem nos municípios brasileiros (ver, por exemplo: Tucci & Genz, 1995; ABRH, 1997; Baptista et al., 1997).

São José dos Campos não “foge à regra”: o impacto causado pela urbanização acelerada e descontrolada começou a mostrar seus efeitos na década passada e evidenciou a necessidade de se

realizar estudos centrados nas questões de Hidrologia Urbana que contribuíssem para uma melhor compreensão dos impactos hidrológicos decorrentes da ocupação desordenada e que servissem de subsídio para o Planejamento Urbano e Regional do município (Ferreira et al., 1997; Perrella, 1999; Ferreira & Brandão, 2000; Perrella & Ferreira, 2000).

Em seu estudo, Perrella (1999) constatou que os Planos Diretores de São José dos Campos praticamente não tratam da problemática da Hidrologia Urbana. Além disto, é patente a necessidade de se elaborar um Plano Diretor de Drenagem Urbana para o município, que seja compatível com o estágio atual do conhecimento sobre o assunto (Fendrich, 1999; Marin et al., 1999; Pompêo, 2000). Esta necessidade, associada aos desafios colocados pelas questões de cunho ambiental (deslizamento de encostas, erosão etc.), de climatologia urbana e de engenharia (obras de drenagem, em geral), apontou para a necessidade de se ampliar o conhecimento sobre o regime de chuvas em intervalos de tempo inferiores a 24 horas e de se obter uma equação de chuvas máximas para São José dos Campos, o que motivou as pesquisas realizadas por Santos (1999), Santos & Waltz (1999) e Waltz (2000).

Até onde é do conhecimento dos autores deste artigo, os trabalhos pioneiros sobre equações de chuvas intensas no Brasil datam das décadas de 1950 e 1960 (Pfafstetter, 1957; Occhipinti & Santos, 1965; Occhipinti & Santos, 1966), além de outras como as citadas por Villela & Mattos (1975). O mais significativo foi o de Pfafstetter (1957), que determinou relações de intensidade- duração-freqüência para 98 postos pluviográficos espalhados pelo Brasil.

A urbanização intensa em tempos recentes tem suscitado um aumento significativo de pesquisas sobre o regime das chuvas máximas para várias localidades do país e estimulado iniciativas como a do DAEE, que reuniu as equações para os municípios localizados no Estado de São Paulo no Banco de Dados Pluviográficos (DAEE, 1999), como discutido por Martinez Júnior (1999).

Nessas pesquisas são empregados, fundamentalmente, métodos clássicos de análise de freqüência de chuvas máximas, que em geral se baseiam em séries pluviográficas anuais ou parciais. A escolha de um ou outro tipo de série depende do tamanho da série disponível e do objetivo do estudo. A metodologia de séries parciais é utilizada quando o número de anos de dados é pequeno (inferior a cerca de 12 anos) e fornece resultados mais consistentes para tempos de retorno inferiores a 5 anos (Wilken, 1978; Bertoni & Tucci, 1997). Ambas as séries, anuais e parciais, contemplam, praticamente, os mesmos resultados para tempos de retorno maiores do que 5 anos.

A disponibilidade de uma base de dados pluviográficos para este tipo de estudo é indispensável para a elaboração das proposições e experimentações, conforme os modelos existentes. A análise do

comportamento das séries, em função das durações e dos tempos de retorno a serem estabelecidos, demanda intenso uso desta base, a qual deve ser gerada segundo critérios de controle de qualidade e confiabilidade que atribuam a desejada segurança ao conjunto das informações que a compõem (Waltz, 2000).

DADOS E SISTEMÁTICA DE PROCESSAMENTO

No desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados os registros pluviométricos, fornecidos pela Divisão de Ciências Atmosféricas (ACA) do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), do Centro Técnico Aeroespacial (CTA), depositária do acervo de dados meteorológicos do Comando de Aeronáutica do Ministério da Defesa. A estação do aeroporto de São José dos Campos-SP, tem número sinótico 83829, está localizada em 23°14' S de latitude e em 45°51'W de longitude, numa altitude de 640 m acima do nível do mar, equipada com um pluviógrafo Fuess, do tipo sifão, com área de captação de 200 cm².

O período dos dados utilizados foi de 1973 a 1984 e de 1993 a 1998, totalizando uma série de 17 anos, com algumas falhas e interrupções devidas sobretudo aos procedimentos de observação na própria estação meteorológica. Isto equivaleu a cerca de 4.000 diagramas pluviométricos de 24 horas cada.

Tendo em vista os propósitos da pesquisa, que iam além da obtenção de uma equação de chuvas intensas, fez-se necessário manipular todos estes diagramas, e não apenas aqueles em que estavam registradas as chuvas máximas, as quais, numa inspeção visual podem, de modo geral, ser facilmente identificadas.

Foi então desenvolvida uma metodologia de digitalização, com emprego de mesa digitalizadora, que agilizou o resgate das informações contidas nos pluviogramas e gerou um acervo de dados pluviográficos (arquivos para aplicações de séries anuais, mensais e diárias, todas em intervalos de 10 minutos), consistente e confiável, o qual congrega todos os eventos de chuva ocorridas no período processado (Santos, 1999; Santos & Waltz, 1999; Waltz, 2000).

METODOLOGIA PARA OBTENÇÃO DA EQUAÇÃO DE CHUVAS MÁXIMAS (EQUAÇÃO I-D-F) PARA SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

PRECIPITAÇÃO MÁXIMA, PRECIPITAÇÃO MÁXIMA PONTUAL E METODOLOGIAS DISPONÍVEIS

“Precipitações máximas ou chuvas intensas são definidas como aquelas chuvas cujas intensidades ultrapassam um determinado valor mínimo. A determinação dessas intensidades é de fundamental importância em drenagem urbana, pois, em muitas metodologias, as vazões de projeto são obtidas

indiretamente por modelos de transformação chuva-vazão” (Zahed Filho & Marcellini, 1995), em vista da maior disponibilidade de dados de chuva em relação aos dados de vazão. Ainda, “a precipitação máxima é entendida como a ocorrência extrema, com duração, distribuição temporal e espacial crítica para uma área ou bacia hidrográfica” (Bertoni & Tucci, 1997).

A precipitação máxima pontual é caracterizada pelas relações intensidade-duração-frequência. Essas relações são obtidas a partir de séries de dados de chuvas máximas, suficientemente longas e representativas do local de interesse (Bertoni & Tucci, 1997).

Existem várias metodologias para obtenção de equações de chuvas intensas, destacando-se a de Pfafstetter e a I-D-F (Pfafstetter, 1957; Wilken, 1978; Bertoni & Tucci, 1997; Martinez Júnior, 1999; DAEE, 1999). Todas guardam uma certa analogia e partem da seleção de eventos máximos observados em séries de dados pluviográficos. Outras alternativas para a obtenção de chuvas máximas baseiam-se, por exemplo, em precipitações máximas de 24 horas, que são as mais comumente disponíveis, e em critérios de cascata que permitem a conversão de eventos ocorridos em intervalos de tempo maiores em intervalos menores (Bertoni & Tucci, 1997).

ANÁLISE DOS PLUVIOGRAMAS

Para a seleção das alturas de precipitação pluviométrica visando o estudo das chuvas intensas, foram consideradas as seguintes durações: 10, 20, 30, 60, 120, 180, 360, 720 e 1440 minutos.

Com a finalidade de estabelecer limites mínimos de chuva em função da duração, inicialmente foram adotados os limites apresentados na Tabela 1, propostos por Ayres e Lopes, no estudo sobre chuvas de curta duração, para o Estado do Paraná (Posto de Cianorte), de 1985, como citados e utilizados por Fendrich (1998).

Tabela 1 – Valores limites mínimos de chuva em função da duração.

Tempo (min)	Precipitação (mm)
10	10,0
20	15,0
30	20,0
60	30,0
120	35,0
180	40,0
360	45,0
720	50,0
1440	55,0

Fonte: Fendrich, 1998.

No entanto, um estudo estatístico detalhado, mostrou serem estes limites excessivos tendo em vista o comportamento médio da precipitação registrada durante o período de dados disponíveis para São José dos Campos (1973 a 1984 e 1993 a 1998).

Com o objetivo de estabelecer novos limiares para cada duração, todos os valores de precipitação digitalizados, em intervalo de 10 minutos, foram organizados em uma distribuição de frequência empírica, com amplitude de classe igual a 1,0 mm. Em seguida, foi calculada a média aritmética e o desvio padrão para esses dados agrupados. A partir destas estatísticas, obteve-se uma tabela de limiares mínimos de chuva, estabelecendo-se para cada duração o valor equivalente à média mais duas vezes o desvio padrão, o que configura uma probabilidade de ocorrência igual a 95%. Os novos limiares calculados (Tabela 2) foram empregados na seleção daquelas precipitações que constituíram as séries de máximos anuais.

Tabela 2 – Valores limiares de chuva em função da duração, para a cidade de São José dos Campos – SP

Tempo (min)	Precipitação(mm)
10	8,5
20	14,0
30	16,5
60	21,0
120	24,0
180	27,0
360	32,0
720	40,0
1440	46,0

Observa-se que a partir da duração de 60 minutos, os valores obtidos para São José dos Campos guardam uma diferença de cerca de 10 mm em relação aos utilizados por Fendrich (1998), ao contrário das durações anteriores, cujas diferenças mostraram-se pouco significativas. Tais diferenças, que muito possivelmente estão associadas à climatologia local das precipitações, deverão ser alvo de um estudo futuro que permita melhor compreender as situações meteorológicas que exercem influência na intensidade da chuva, segundo a duração.

SELEÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES PARA O ESTABELECIMENTO DAS SÉRIES ANUAIS

Para cada ano de observação, foram selecionadas as alturas de chuva, respeitando-se os limites indicados na Tabela 2, e organizadas para cada uma das durações, estabelecendo-se as séries de alturas pluviométricas máximas.

Para tanto, adotou-se o critério das séries anuais, que consiste em estabelecer as séries de altura de chuva máximas observadas em cada ano, desprezando-se os demais valores, mesmo que estes sejam superiores às máximas dos demais anos. O fato de que o valor de uma determinada precipitação superasse o valor mínimo, embora o intervalo de duração não tivesse sido atingido, permitiu a consideração de que a precipitação estivesse no intervalo de duração correspondente (Fendrich, 1998). O resultado desta seleção é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Alturas pluviométricas máximas (em mm) x duração (em minutos).

Duração (min)	1973	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1993	1994	1995	1996	1997	1998	Média	Desvio Padrão
10	9,8	10,0	11,3	10,0	10,5	28,0	10,2	10,6	19,0	11,1	19,6	19,2	13,4	18,9	15,1	17,8	14,7	5,3
20	14,0	20,0	22,5	14,0	20,3	47,3	19,4	20,0	25,6	20,2	39,0	34,1	23,0	28,4	25,2	27,4	25,0	8,8
30	19,5	23,5	25,8	18,4	29,9	54,0	24,1	25,2	28,4	30,2	49,1	40,2	25,9	37,9	35,3	29,7	31,1	10,0
60	26,6	26,5	30,2	26,2	31,6	57,1	31,9	27,0	29,2	40,3	62,3	50,2	28,5	56,0	48,0	48,1	38,7	12,8
120	32,0	47,2	30,7	28,6	34,0	59,0	36,6	29,2	35,0	50,5	64,0	55,4	35,3	66,0	70,7	66,4	46,3	15,3
180	36,0	47,2	30,8	28,6	35,5	63,5	40,7	30,8	39,8	50,6	65,3	57,1	39,2	66,8	75,8	67,1	48,4	15,5
360	41,0	47,2	40,0	32,0	42,1	73,1	44,6	45,0	47,9	50,8	65,5	67,0	44,6	67,7	86,4	67,1	53,9	15,1
720	41,0	47,2	46,1	40,0	49,7	73,1	44,6	59,0	52,6	50,8	65,5	69,8	61,9	67,7	86,4	67,1	57,7	13,2
1440	46,0	47,2	46,1	46,0	49,7	73,1	46,0	59,0	60,5	50,8	65,5	69,8	61,9	67,7	86,4	67,1	58,9	12,2

Um outro fator relevante para o estabelecimento de uma nova tabela de limites mínimos é o resgate de alguns anos da série de dados que, segundo os limites adotados por Fendrich (1998), seriam eliminados deste estudo por apresentarem algumas durações sem valores correspondentes de precipitação, por terem sido “filtrados”, inviabilizando sua utilização na série. Com o emprego de um novo critério para os limites mínimos, estes anos passaram a apresentar valores para os intervalos anteriormente faltosos. Isto permitiu a ampliação do tamanho da série para 16 (dezesesseis) anos, ou

seja, foram incorporados 4 (quatro) anos à série originalmente considerada (não apresentada), a qual fora obtida com base nos critérios da Tabela 1.

ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS ALTURAS PLUVIOMÉTRICAS

Com o objetivo de determinar as alturas de precipitação para os tempos de retorno de 2, 3, 5 e 10 anos, utilizou-se a equação geral, devida a Ven Te Chow e apresentada por Fendrich (1998):

$$X = \bar{X} + K * \sigma \quad (1)$$

onde:

X = valor da altura de chuva para o tempo de retorno adotado (mm);

K = “Fator de frequência”, função do tempo de retorno;

$\bar{X}$ = média das alturas de precipitação (mm);

σ = desvio padrão das alturas de precipitação (mm).

Considerando-se o período disponível de dados de chuva, as alturas de precipitação foram determinadas apenas para os tempos de retorno de 2, 3, 5 e 10 anos.

Ainda, para a determinação das alturas de precipitação, foram empregados os fatores de frequência “K” adotados por Fendrich (1998) e apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Fator de frequência “K” para tempos de retorno “Tr”.

Tempo de Retorno “Tr” (anos)	Fator de Frequência “K”	Equação da altura de precipitação
2	0,000	$X_2 = \bar{X}$
3	0,254	$X_3 = \bar{X} + 0,254 \times \sigma$
5	0,720	$X_5 = \bar{X} + 0,720 \times \sigma$
10	1,305	$X_{10} = \bar{X} + 1,305 \times \sigma$

Nesta pesquisa adotou-se o valor de “K” para o tempo de retorno de 2 anos proposto por Ven Te Chow, já que o mesmo resultava negativo para este tempo de retorno (Fendrich, 1998).

$$X = \bar{X} \quad K = 0 \quad \therefore \quad Tr = 2,33 \text{ anos} \quad (2)$$

Foram determinadas as médias e os desvios padrão das alturas máximas de chuva selecionadas, para cada duração, como apresentado na Tabela 3.

Após a obtenção das alturas de precipitação, usando-se as equações que constam na Tabela 4, as mesmas foram transformadas em intensidades médias de chuva por:

$$i = \frac{X}{t} \times 60 \quad (3)$$

onde: i = intensidade média de precipitação (mm/h);

X = altura de precipitação (mm);

t = duração da precipitação (min).

Utilizando-se os valores obtidos pela aplicação dos cálculos descritos acima, chegou-se à Figura 1, que apresenta o gráfico das alturas de precipitação, em milímetros, versus duração, em minutos, considerados os tempos de retorno de 2, 3, 5 e 10 anos.

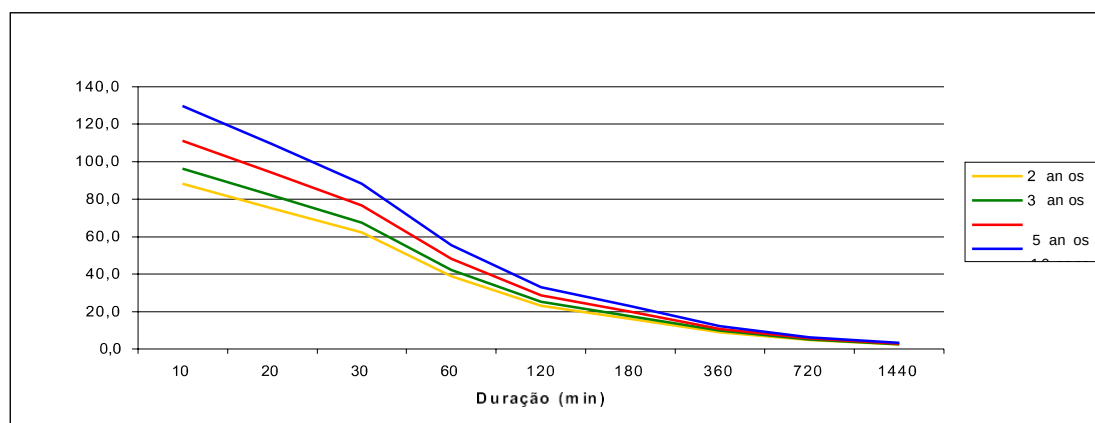


Figura 1 – Curvas de altura de precipitação máxima (mm) x duração (min) para os tempos de retorno de 2, 3, 5 e 10 anos para São José dos Campos (1973 a 1984 e 1993 a 1998).

Como é de se esperar, as curvas da Figura 1 mostram claramente que, para períodos de retorno maiores, há a ocorrência de chuvas de maior magnitude que se verificam em intervalos de tempo menores. Tal situação reveste-se de particular importância para projetos de drenagem urbana. Os tempos de retorno de 2 e 3 anos apresentam valores de altura pluviométrica praticamente iguais, com variações pouco significativas para as durações de 10, 20 e 30 minutos. Além disto, chuvas de duração mais longa, a partir de cerca de 120 minutos, não apresentam variações significativas para períodos

de retorno de 2, 3, 5 ou 10 anos. No entanto, a avaliação baseada em durações de 10 minutos, mostra que existem diferenças de até 40 milímetros, comparando as alturas pluviométricas para tempos de retorno de 2 e 10 anos.

EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS

Por meio da comparação dos valores da intensidade obtidos da distribuição de Gumbel (Lana, 1997), e pela fórmula empírica, pode-se realizar um ajuste dos dados a uma equação geral do tipo:

$$i = \frac{K \times Tr^m}{(t + b)^n} \quad (3)$$

onde: i = intensidade máxima média de precipitação (mm/h);

Tr = tempo de retorno (anos);

t = duração da precipitação (min);

K, m, b, n = parâmetros a determinar.

Para a determinação dos parâmetros “ K ”, “ m ”, “ n ” e “ b ”, a proposta de Fendrich (1998) é fazer com que os valores de “ b ” variem, desde o menor valor encontrado até o maior. Com os dados obtidos da intensidade de precipitação, consideraram-se as diferentes durações e diferentes tempos de retorno, procurando estabelecer um conjunto de parâmetros que forneçam o melhor grau de correlação e o menor erro de estimativa, através do cálculo recursivo do parâmetro.

No entanto, nesta pesquisa foi utilizado o método de regressão linear múltipla (Christensen, 1996). Este método permitiu selecionar o valor de “ b ” que levava à melhor correlação e ao menor erro de estimativa para os diferentes tempos de retorno.

Implementando-se o método de regressão linear múltipla no software MatLab, da MathWorks Inc., em sua versão 5.2.1.1420, pôde-se automatizar o cálculo do conjunto de parâmetros I-D-F utilizando o valor preliminar de “ b ” de melhor correlação, o que permitiu a geração dos valores para “ K ”, “ m ”, “ n ” e “ b ”, obtendo-se assim a Equação de Chuvas Intensas para São José dos Campos:

$$i = \frac{5709,8 \times Tr^{0,1263}}{(t + 38,21)^{1,0766}} \quad (4)$$

Procedimento similar foi utilizado com os limiares apresentados na Tabela 1, que como mencionado, deram origem à série com 12 anos de chuvas máximas. A equação resultante (não apresentada) levou aos valores de intensidades máximas que constam na Tabela 5. Os valores calculados com a Equação de Chuvas Intensas para São José dos Campos (Equação 4), por sua vez, encontram-se na Tabela 6. Nota-se que as diferenças são significativas para durações inferiores a 6 horas, em virtude do aumento de valores no espaço amostral.

Tabela 5 – Valores de intensidade máxima, em mm/h, calculados a partir da equação de chuvas intensas para São José dos Campos, gerada com a série de 12 anos.

Tempos de retorno (anos)	Duração (min)								
	10	20	30	60	120	180	360	720	1440
2	73,3	62,6	54,5	39,1	24,8	18,0	9,8	5,0	2,5
5	78,0	66,6	58,0	41,7	26,4	19,2	10,4	5,3	2,6
10	81,8	69,8	60,8	43,7	27,7	20,1	10,9	5,6	2,8
15	84,1	71,8	62,5	44,9	28,5	20,7	11,2	5,8	2,9
20	85,7	73,2	63,7	45,8	29,0	21,1	11,5	5,9	2,9

Tabela 6 – Valores de intensidade máxima, em mm/h, calculados a partir da Equação de Chuvas Intensas para São José dos Campos (Equação 4), gerada com a série de 16 anos.

Tempos de retorno (anos)	Duração (min)								
	10	20	30	60	120	180	360	720	1440
2	96,1	78,4	66,1	44,7	26,7	18,9	9,9	4,9	2,4
5	107,9	88,0	74,2	50,1	30,0	21,2	11,1	5,6	2,7
10	117,7	96,1	81,0	54,7	32,8	23,2	12,2	6,1	3,1
15	123,9	101,1	85,3	57,6	34,5	24,4	12,8	6,4	3,1
20	128,5	104,9	88,4	59,7	35,7	25,3	13,2	6,6	3,2

RESULTADOS E DISCUSSÕES

AVALIAÇÕES

Durante o processo de obtenção da Equação de Chuvas Intensas para São José dos Campos (Equação 4), cujos resultados podem ser visualizados nas Figuras 2a e 2b, foram realizados vários estudos

comparativos com a finalidade de validar os resultados obtidos. Os estudos julgados mais relevantes são apresentados a seguir.

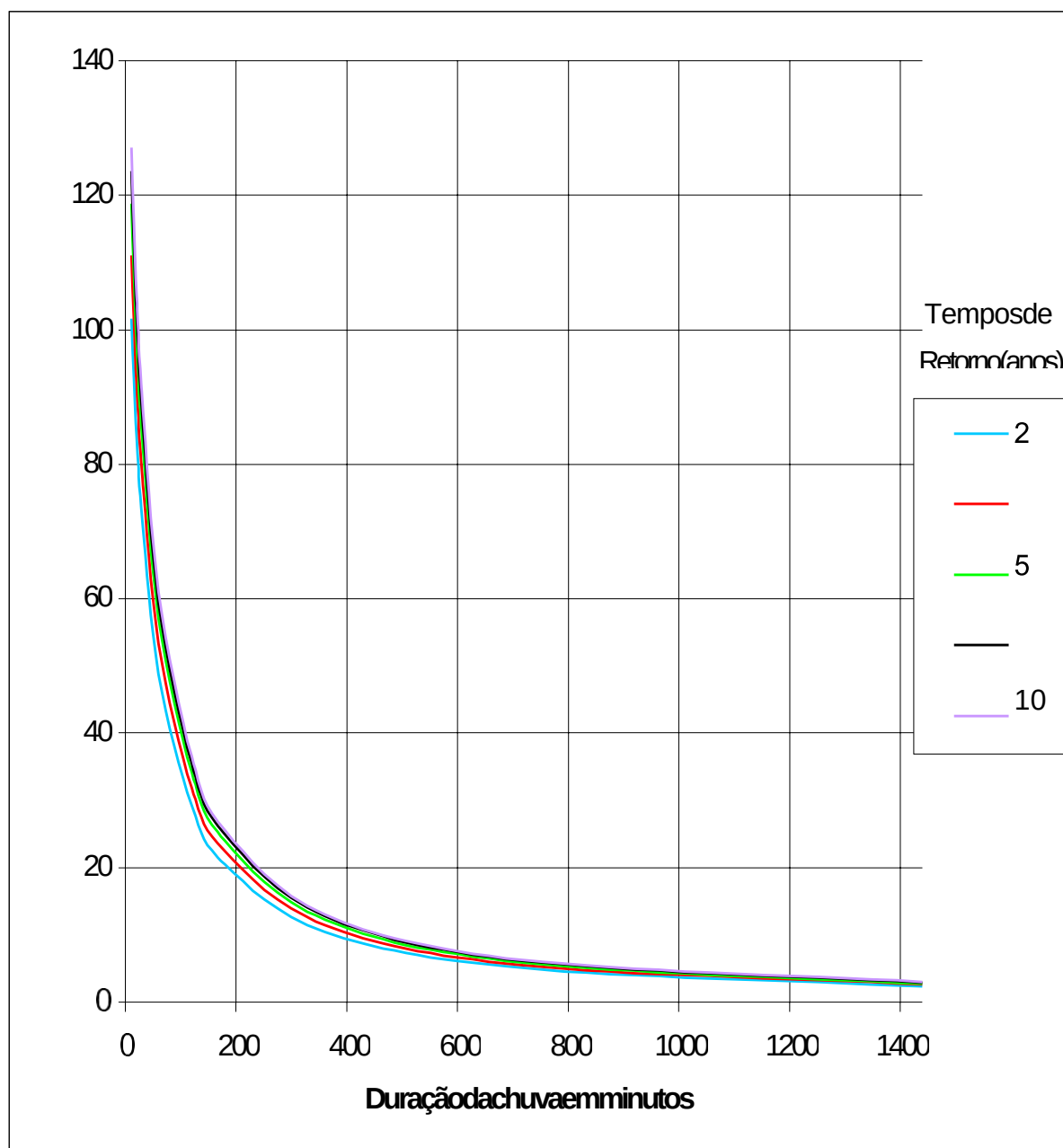


Figura 2a – Curvas I-D-F (intensidade-duração-freqüência), com base na Equação de Chuvas Intensas para São José dos Campos (Equação 4), para a série de 16 anos (1973 a 1984 e 1993 a 1998); duração até 1440 minutos.

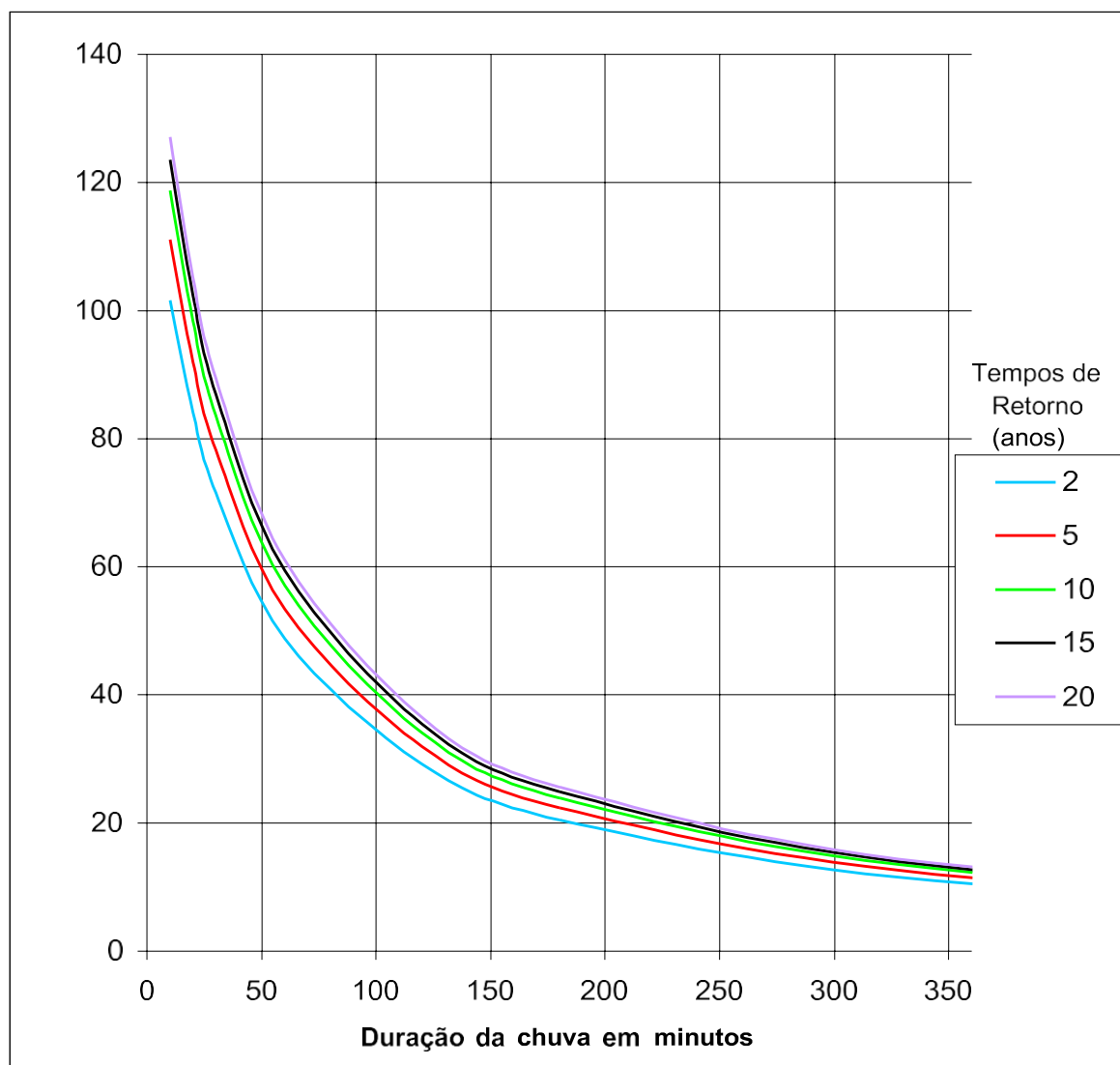


Figura 2b – Curvas I-D-F (intensidade-duração-freqüência) com base na Equação de Chuvas Intensas para São José dos Campos (Equação 4), para a série de 16 anos (1973 a 1984 e 1993 a 1998); duração até 360 minutos.

Destaca-se a comparação feita com Taubaté e São Paulo (IAG/USP – Instituto Astronômico e Geofísico/Universidade de São Paulo), pela proximidade geográfica e por serem postos localizados em cidades cujas equações de chuvas máximas serviram de base para projetos de drenagem realizados em São José dos Campos.

Foram calculadas as alturas de precipitação máximas, em milímetros (mm), para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 15 e 20 anos, e durações de 10, 20, 30, 60, 120, 180, 360, 720 e 1440 minutos, para São José dos Campos (Equação 4), Taubaté (Pfafstetter, 1957) e São Paulo (IAG/USP; DAEE, 1999). Em geral, os valores de altura máxima de precipitação para Taubaté e São Paulo foram maiores do que

os obtidos para São José dos Campos. Além disso, essas diferenças foram menores em relação a São Paulo, e mais significativas para durações inferiores a 30 minutos (Waltz, 200).

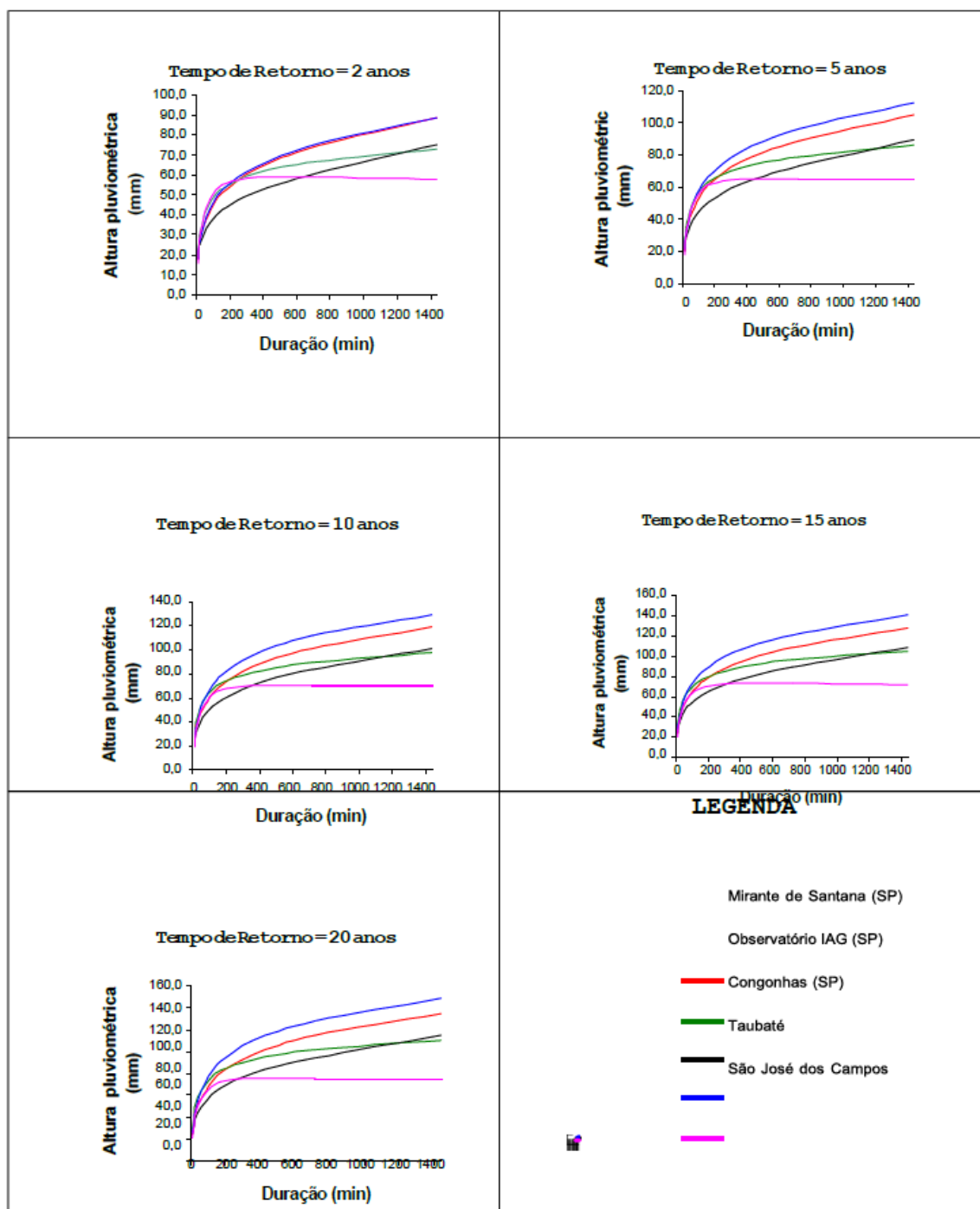


Figura 3 - Curvas de altura pluviométrica, em função da duração e do tempo de retorno, para São José dos Campos (Equação 4), Taubaté (Pfaffstetter, 1957; rerepresentada em DAEE, 1999; período de 1928 a 1942) e para três estações meteorológicas do município de São Paulo: Mirante de Santana (Pfaffstetter, 1957; rerepresentada em DAEE, 1999; período de 1936 a 1998), Congonhas (Pfaffstetter, 1957; rerepresentada em DAEE, 1999; período de 1940 a 1998) e Observatório IAG (Wilken, 1972; rerepresentada em DAEE, 1999; período de 1931 a 1998).

Para fins comparativos, apresentam-se, na Figura 3, curvas de altura pluviométrica, em função da duração e do tempo de retorno, para São José dos Campos (Equação 4) e outros postos, conforme indicado no título desta figura.

Cabe salientar que poderia ser esperado que Taubaté apresentasse intensidades de precipitação máximas maiores do que as de São José dos Campos, tendo em vista a climatologia da precipitação daquela cidade, caracterizada por valores acumulados superiores aos normalmente registrados em São José dos Campos (Perrella,1999).

Em geral, a equação I-D-F apresenta o mesmo comportamento para todas as estações meteorológicas consideradas. A Tabela 7 ilustra, para um tempo de retorno de 5 anos, este comportamento.

Tabela 7 – Valores de intensidade de chuva máxima, em mm/h, para o tempo de retorno de 5 anos, para os postos indicados.

	Duração (min)								
Postos de observação	10	20	30	60	120	180	360	720	1440
Mirante de Santana (SP)	20,1	31,1	37,3	44,9	56,1	62,9	75,4	89,0	105,2
Observatório IAG (SP)	22,2	32,9	39,5	50,1	59,4	64,3	71,8	78,9	86,0
Congonhas (SP)	20,2	27,4	31,5	39,1	47,1	52,1	61,6	73,2	89,1
Taubaté	21,0	29,8	35,8	48,9	61,0	68,4	81,6	96,0	112,8
São José dos Campos	18,0	29,3	37,1	50,1	60,0	63,6	66,6	67,2	64,8

Outro aspecto a ser notado na Tabela 7 é a influência da localização geográfica: num mesmo município podem haver variações significativas entre os valores calculados, ainda que com séries substancialmente mais longas do que a disponível para uso nesta pesquisa.

Observa-se que para durações superiores a 360 minutos, os valores máximos de chuva para São José dos Campos tendem a se estabilizar, eventualmente diminuindo um pouco, ao contrário do que em geral ocorre nas estações usadas para comparação.

Nos estudos hidrológicos, em geral são empregados valores máximos da intensidade da chuva. Entretanto, para fins comparativos foram analisados os valores da altura pluviométrica, como ilustra a Tabela 8, para um tempo de retorno de 5 anos.

Tabela 8 – Altura pluviométrica máxima (mm) em função da duração, em minutos, para um tempo de retorno de 5 anos, para as estações indicadas.

Postos de observação	Duração (min)								
	10	20	30	60	120	180	360	720	1440
Mirante de Santana (SP)	120,6	93,3	74,6	44,9	28,1	21,0	12,6	7,4	4,4
Observatório IAG (SP)	133,2	98,7	79,0	50,1	29,7	21,4	12,0	6,6	3,6
Congonhas (SP)	121,2	82,2	63,0	39,1	23,6	17,4	10,3	6,1	3,7
Taubaté	126,0	89,4	71,6	48,9	30,5	22,8	13,6	8,0	4,7
São José dos Campos	107,9	88,0	74,2	50,1	30,0	21,2	11,1	5,6	2,7

Tal comportamento deve-se ao fato de ser a série relativamente curta (16 anos). Assim, o espaço amostral diminui significativamente em função da duração do evento, influenciando negativamente na representatividade deste espaço. Além disso, o espaço amostral diminui em função dos limites estabelecidos, como os adotados nesta pesquisa e apresentados na Tabela 2. Isto é ilustrado na Figura 4.

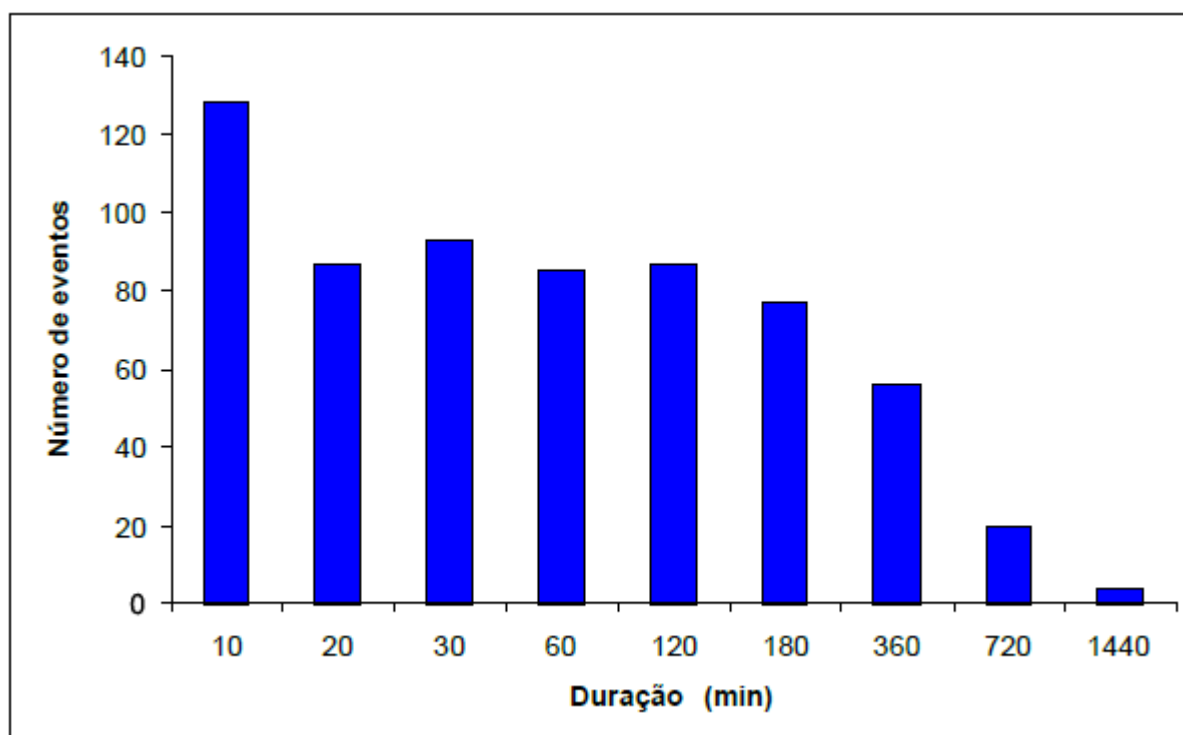


Figura 4 – Espaço amostral, em função da duração da chuva, no qual se baseou a metodologia de obtenção da Equação de Chuvas Intensas para São José dos Campos, com a série de 16 anos (1973 a 1984 e 1993 a 1998).

Do ponto de vista meteorológico, esta redução do espaço amostral, em função da duração, já era esperada. As chuvas intensas são mais freqüentes quando se trata de eventos de curta duração, em

geral associados a sistemas de mesoescala. Os fenômenos com duração acima de 12 horas resultam de sistemas de escalas subsinóticas ou superiores, que abrangem grandes áreas, e que raramente produzem chuvas de grande intensidade em nossas regiões.

A equação de chuvas máximas da estação meteorológica de Prado Velho, em Curitiba (PR), cuja série foi composta por apenas 8 anos de dados (Fendrich, 1998) apresenta comportamento similar ao da equação de São José dos Campos (Figura 3), como ilustra a Figura 5, para um tempo de retorno de 5 anos.

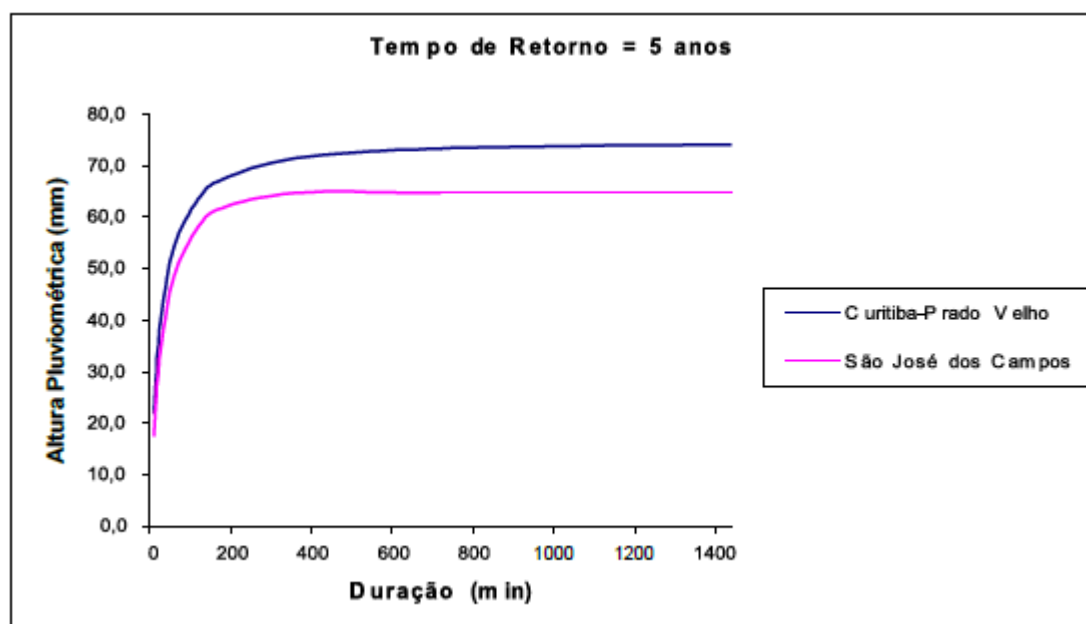


Figura 5 - Altura pluviométrica máxima (mm) em função da duração, em minutos, para um tempo de retorno de 5 anos, para São José dos Campos e Curitiba - Prado Velho (PR).

Resultados análogos aos apresentados na Figura 3 são obtidos quando se comparam curvas de altura pluviométrica máximas de diferentes postos do Estado do Paraná (Fendrich, 1998), apresentadas na Figura 6, para um tempo de retorno de 5 anos. Nota-se que as curvas possuem comportamento similar às da Figura 3, destacando-se a curva para o posto meteorológico de Curitiba-Prado Velho, alvo da comparação ilustrada na Figura 5, a qual tem a menor série de dados entre as apresentadas na Figura 6.

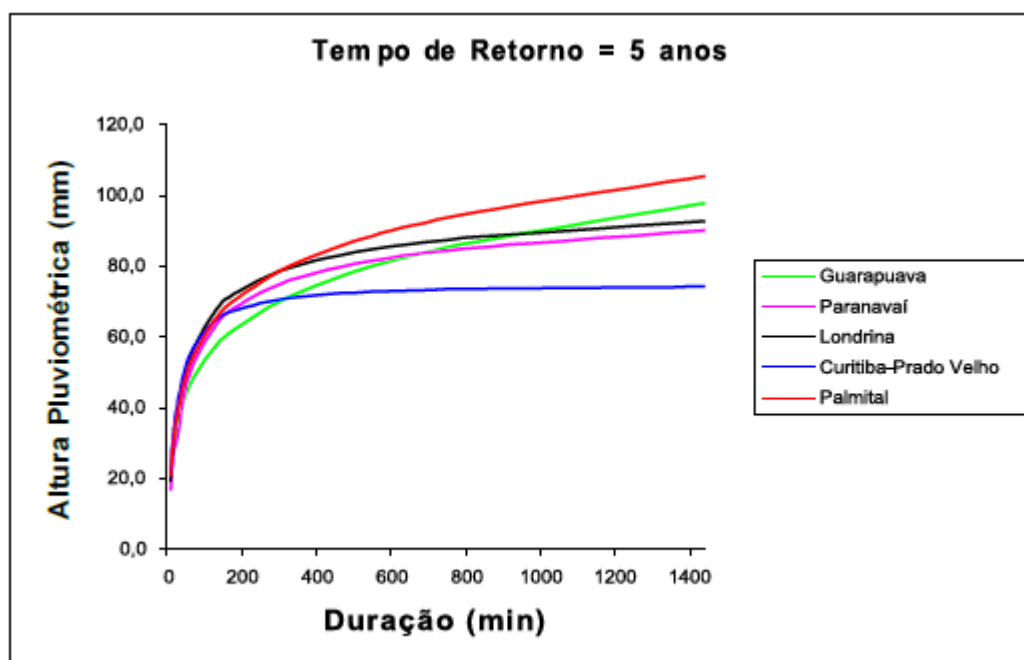


Figura 6 – Altura pluviométrica máxima (mm) em função da duração, em minutos, para um tempo de retorno de 5 anos, para Guarapuava, Paranaíba, Londrina, Curitiba-Prado Velho e Palmital, no Estado do Paraná

Convém ainda ressaltar que um estudo aprofundado sobre o regime de chuvas intensas em São José dos Campos exigiria uma série de recursos adicionais, e, especialmente, a ampliação da série pluviográfica em estudo, além de mais postos pluviográficos no município.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa foi desenvolvida no âmbito do programa de Planejamento Urbano e Regional da Universidade do Vale do Paraíba (Univap), como tema da dissertação de mestrado do primeiro autor. Produziu vários resultados, entre eles, uma metodologia que tem por finalidade classificar e digitalizar pluviogramas, e também gerar uma base de dados de precipitação, mediante emprego de mesa digitalizadora e de técnicas computacionais (para maiores detalhes ver Santos, 1999; Santos & Waltz, 1999; e Waltz, 2000), e a Equação de Chuvas Intensas para São José dos Campos (Waltz, 2000), tema do presente artigo.

As análises e comparações realizadas mostraram que o comportamento desta Equação I-D-F (Equação 4) é satisfatório e coerente com o arcabouço empírico. Em vista do tamanho da série de máximos empregada (16 anos) e da redução do tamanho amostral à medida que a duração aumenta, espera-se que a equação produza melhores resultados para tempos de retorno inferiores a 20 anos e durações inferiores a 6 horas.

Para a consolidação da metodologia empregada e para a validação da equação de chuvas máximas, torna-se indispensável ampliar a base de dados, à medida que forem sendo efetuadas novas observações pluviográficas. Espera-se, assim, alongar a série e aumentar os tamanhos amostrais, sobretudo para durações superiores a 6 horas, e também verificar a adequação dos limites mínimos de precipitação em função da duração da chuva, calculados e adotados neste estudo.

Pesquisas futuras contemplam a utilização da abordagem com séries parciais empregando-se o mesmo conjunto de dados pluviográficos e a ampliação dos estudos de chuvas máximas tendo em vista aplicações em drenagem urbana, impacto ambiental, climatologia urbana e planos diretores para São José dos Campos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem: à Divisão de Ciências Atmosféricas (IAE/CTA), depositária do acervo de dados meteorológicos do Comando da Aeronáutica do Ministério da Defesa, pelo fornecimento dos registros pluviográficos da estação meteorológica do aeroporto de São José dos Campos; ao ITA/CTA, pelo empréstimo da mesa digitalizadora; e, ao Prof. Jójhy Sakuragi, chefe do LabMet/UniVap, pela colaboração no desenvolvimento dos programas computacionais de digitalização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRH (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS). Carta de Recife. Boletim ABRH, n. 54, p. 6, out./dez 1995.

BERTONI, Juan C.; TUCCI, Carlos E. M. Precipitação. In: TUCCI, Carlos E. M. (Org.) Hidrologia – ciência e aplicação”. 2.ed. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH : EDUSP, 1997. 943 p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4). Cap.5, p.177-241.

BRAGA, Benedito (Org.). Internacional workshop on nonstructural flood control in urban areas. Anais... São Paulo: ABRH, 1998. 396p.

BAPTISTA, Márcio B. et al. Aspectos da evolução da urbanização e dos problemas de inundações em Belo Horizonte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., 1997, Vitória/ES. Anais... São Paulo: ABRH, 1997. 4v., v.3, p.197-204.

CHRISTENSEN, Ronald. Analysis of Variance, Design and Regression. Great Britain: Chapman & Hall, 1996.

DAEE (DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA)/Fundação CTH. Banco de dados pluviográficos do Estado de São Paulo. 1999. 1 CD-ROM. (Convênio DAEE-USP). FENDRICH, Roberto. Chuvas intensas para obras de drenagem (no Estado do Paraná). Curitiba: Champagnat, 1998. 99 p.

FENDRICH, Roberto. Política e operacionalização de projetos de drenagem urbana. A Água em Revista, n. 11, p.57-66, nov. 1999.

FERREIRA, Marlene Elias. Possíveis aplicações de satélites meteorológicos na área de recursos hídricos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 7./e/SIMPÓSIOLUSO- BRASILEIRO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS, 3., 1987, Salvador-BA. Anais... São Paulo: ABRH, 1987. 4 v., v. 2, p. 206-212.

FERREIRA, Marlene Elias et al. Cálculo de um reservatório de retenção destinado a mitigar o impacto da urbanização em um bairro de São José dos Campos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12. Vitória-ES, 1997. Anais... Vitória: ABRH,1997. 4 v., v. 3, p. 655-660.

FERREIRA, Marlene Elias, BRANDÃO, Ingrid Neves. Bacia do Rio Pararangaba (São José dos Campos – SP): novos critérios de amostragem temporal para medições de chuva e vazão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro: SBMET, 2000. 1 CD-ROM. HI00008. 6 p. p. 1422-1427.

LANA, Antonio Eduardo. Elementos de estatística e probabilidades. In: TUCCI, Carlos E. M. (Org.) Hidrologia – ciência e aplicação”. 2.ed. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP, 1997. 943 p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4). Cap.4, p.79-176.

MARIN, Maria Cristina Frisch Carvalho et al. Planejamento do sistema de drenagem urbana: concepção ideal versus prática do poder público. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., Belo Horizonte/MG, 1999. Anais... 2.ed. São Paulo: ABRH,2000. 1 CD-ROM, Trabalho 95, 15p.

MARTINEZ JÚNIOR, Francisco. “Análise das precipitações intensas no estado de São Paulo”. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., Belo Horizonte/MG, ABRH, 1999. Anais...2.ed. São Paulo: ABRH, 2000. CD-ROM, Trabalho 4, 23p.

NUNES, Lucí Hidalgo; MODESTO, Rosângela, Pacini. Comportamento pluviométrico nos municípios atendidos pelo plano preventivo de Defesa Civil – PPDC. Revista do IG, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 47-57, jan./jun. 1992.

OCCHIPINTI, Antônio Garcia.; SANTOS, Paulo Marques dos. Análise das máximas intensidades de chuva na cidade de São Paulo. São Paulo: USP, Instituto Astronômico e Geofísico, 1965. 41 p.

OCCHIPINTI, Antônio Garcia.; SANTOS, Paulo Marques dos. Relação entre as precipitações máximas de “Um Dia” e de “24 Horas” na cidade de São Paulo. São Paulo: USP, Instituto Astronômico e Geofísico. 1966. 13 p.

PERRELLA, Ana Catarina Farah. Estudo e localização das áreas de inundação em São José dos Campos-SP, com base em dados da Defesa Civil e na pluviometria regional, como subsídio ao Planejamento Urbano. 1999. 90 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos.

PERRELLA, Ana Catarina Farah; FERREIRA, Marlene Elias. Localização das áreas de inundação em São José dos Campos-SP e espacialização da precipitação no Vale do Paraíba e áreas dolitoral paulista, como subsídio ao Planejamento Urbano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 4., Rio de Janeiro, 2000. Anais... Rio de Janeiro: UFRJ/CLIMAGEO, 2001. CD-ROM (no prelo).

PFAFSTETTER, Otto. Chuvas intensas no Brasil. Ministério de Viação e Obras Públicas, DNOS, 1957. 419 p.

POMPÊO, Cesar Augusto. Drenagem urbana sustentável. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 5, n. 1, p.15-23, jan/mar-2000.

SANTOS, Giuliano Ricardo dos. Preparação da base de dados digitalizados de precipitação para São José dos Campos-SP. 1999. 91 f. Trabalho Final de Curso (Técnico em Meteorologia) – Colégio Técnico “Antônio Teixeira Fernandes”, FVE/UniVap, São José dos Campos.

SANTOS, Giuliano Ricardo dos; WALTZ, Roberto Cordeiro. Preparação da base de dados necessária à análise de frequência de chuvas intensas. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 3., São José dos Campos-SP, 1999. Anais... São José dos Campos: UniVap, 1999. p. 45.

SCOFIELD, Roderick A.; MARGOTTINI, Claudio. Earth observation satellites for flood management and flood analysis and prediction. Space Forum, v. 4, p. 199-222, 1999.

TUCCI, Carlos E. M. Inundações urbanas. In: TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. de (Org.). Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995. 428 p. Cap.1, p. 15-36.

TUCCI, Carlos E. M.; GENZ, Fernando. Controle do impacto da urbanização. In: TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. de (Org.). Drenagem Urbana.

Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995. 428 p. Cap.7, p. 277-347. URBONAS, Ben. Two decades of storm water management evolution. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., ABRH, Belo Horizonte/MG, 1999.

CONFERÊNCIA.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. Hidrologia Aplicada. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 245p.

WALTZ, Roberto Cordeiro. Estudo climatográfico de chuvas máximas e obtenção da primeira equação de chuvas intensas para São José dos Campos. 2000. 112 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos.

WILKEN, Paulo Sampaio. Engenharia de drenagem superficial. São Paulo: CETESB– Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978. 478p.

ZAHED FILHO, Kamel; MARCELLINI, Silvana Susko. Precipitação máximas. In: TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. de (Org.). Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995. 428 p. Cap.2, p. 37-76.

Capítulo 14



10.37423/240108639

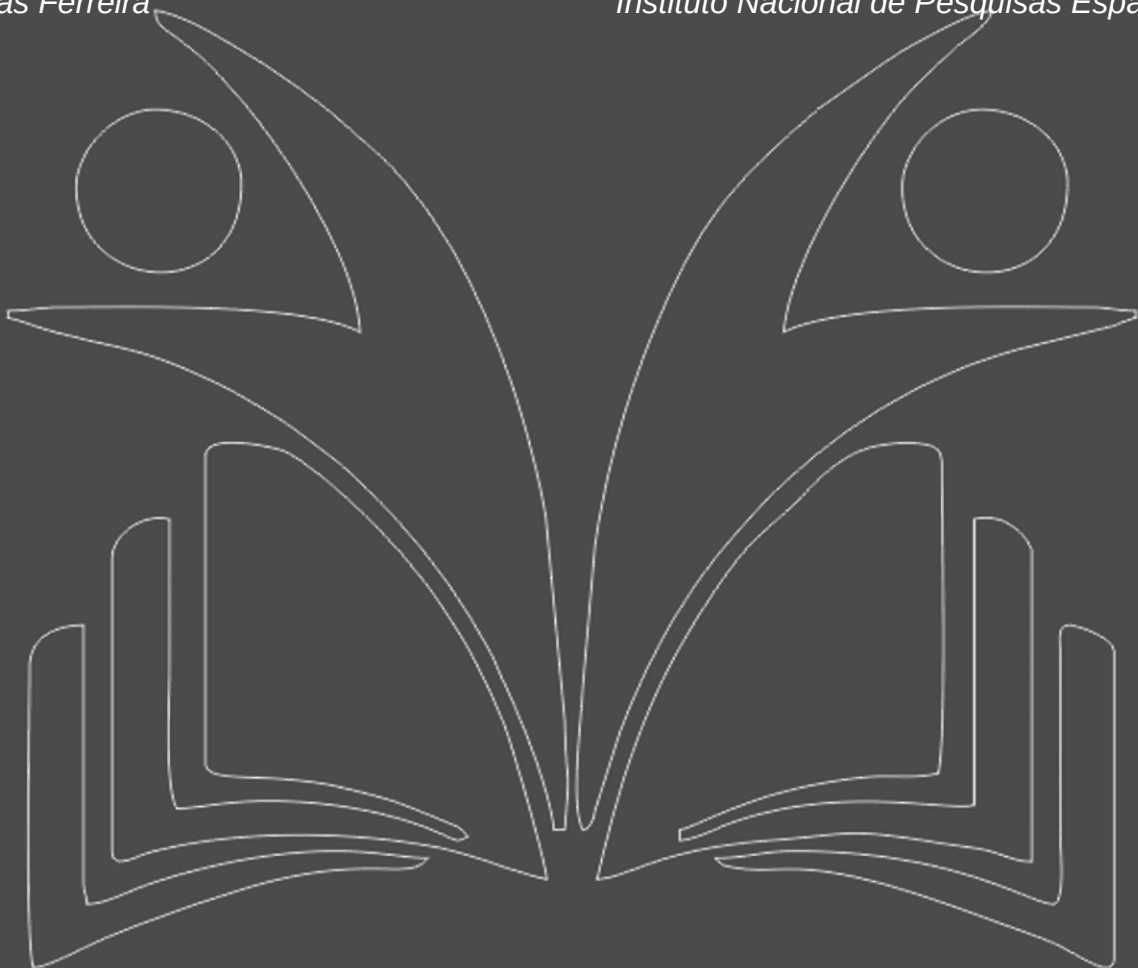
METODOLOGIA PARA DIGITALIZAÇÃO DE PLUVIOGRAMAS E PARA GERAÇÃO DE UMA BASE DE DADOS PLUVIOGRÁFICOS

Roberto Cordeiro Waltz

Universidade Paulista (UNIP)

Marlene Elias Ferreira

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais



Resumo: Este artigo descreve com razoável grau de detalhe uma metodologia que tem por finalidade classificar e digitalizar pluviogramas, e também gerar uma base de dados de precipitação, mediante emprego de mesa digitalizadora e de técnicas computacionais. Esta metodologia foi inicialmente desenvolvida para atender as necessidades de processamento dos diagramas pluviográficos da estação meteorológica do aeroporto de São José dos Campos-SP. Além de critérios de análise visual para a seleção preliminar dos diagramas, tendo em vista o estado de conservação dos mesmos, foram desenvolvidos módulos computacionais de crítica e consistência, para serem empregados após o processo de digitalização. A metodologia descrita agiliza o resgate das informações contidas nos pluviogramas e permite a geração de um acervo de dados pluviográficos (arquivos em séries anuais, mensais e diárias, todas em intervalos de 10 minutos), consistente e confiável, que contém todos os eventos de chuva que ocorreram no período processado. Ela pode ser também empregada para a digitalização de outros tipos de diagramas como, por exemplo, os gerados por linígrafos. A metodologia é de implementação fácil e barata, e os códigos-fonte dos programas estão disponíveis para qualquer interessado.

Palavras-chave: Digitalização de pluviogramas, processamento de observações hidrometeorológicas.

INTRODUÇÃO

A necessidade de desenvolver uma metodologia de digitalização de pluviogramas e de criação de um banco informatizado de dados pluviográficos surgiu quando os autores do presente artigo se viram diante do desafio de processar um grande conjunto de dados de chuva.

Na ocasião, a acelerada e descontrolada urbanização de São José dos Campos já mostrava seus efeitos no plano hidrológico em vários pontos do município, evidenciando a urgência de se realizar estudos centrados nas questões de Hidrologia Urbana que contribuíssem para uma melhor compreensão dos impactos hidrológicos decorrentes da ocupação desordenada (Ferreira et al., 1997; Brandão, 1999; Brandão & Ferreira, 2000; Ferreira & Brandão, 2000) e que servissem de subsídio para o Planejamento Urbano e Regional do município.

Neste contexto, foram realizadas pesquisas sobre as inundações em São José dos Campos e sobre a pluviometria regional no Vale do Paraíba e adjacências, cujo principal sub-produto foi o primeiro mapeamento de áreas de inundações para o município (Perrella, 1999; Perrella & Ferreira, 2000).

Como constatado por Perrella (1999), os Planos Diretores de São José dos Campos praticamente não tratam da problemática da Hidrologia Urbana. Além disto, a inexistência de um Plano Diretor de Drenagem Urbana, bem como o interesse pelas questões de cunho ambiental (deslizamento de encostas, erosão etc.), climatológico e de engenharia (obras de drenagem, em geral), apontou para a necessidade de se ampliar o conhecimento sobre o regime de chuvas em intervalos de tempo inferiores a 24 horas e de se obter uma equação de chuvas intensas para São José dos Campos, o que motivou as pesquisas feitas por Santos (1999), Santos & Waltz (1999) e Waltz (2000).

Como é bem sabido, para que os estudos hidrológicos e climatológicos de bacias urbanas alcancem sucesso é necessário que as variáveis de interesse sejam monitoradas continuamente, em intervalos de tempo pequenos, numa malha densa (daí a importância do sensoriamento remoto por radares e satélites), tal que haja compatibilidade com as escalas espacial e temporal dos fenômenos que atuam nessas bacias hidrográficas, como apontado, por exemplo, por Ferreira (1987) e por Ferreira & Calheiros (1995).

Por outro lado, inúmeros textos de Hidrologia (e.g., Tucci et al., 1995; Tucci, 1997), destacam que, em geral, é muito mais comum dispor de dados de chuva do que de vazão fluviométrica líquida, situação que motivou o desenvolvimento de modelos chuva-vazão ao longo dos tempos, o mais tradicional sendo o Método Racional, largamente aplicado em projetos de Drenagem Urbana.

Esse são alguns fatos que corroboram a importância das observações feitas por meio de pluviógrafos e a necessidade de se empregar metodologias que confirmem qualidade aos dados de chuva, qualidade esta que é caracterizada pelo grau de confiabilidade e de consistência das séries temporais obtidas.

No Brasil, a maioria das estações meteorológicas e hidrológicas são operadas convencionalmente, ou seja, os valores registrados pelos instrumentos são lidos pelos observadores e anotados em cadernetas ou planilhas. Em algumas estações meteorológicas, como as do Comando da Aeronáutica do Ministério da Defesa, já são utilizados sistemas informatizados dotados de programas computacionais configurados para incorporar as observações, que são digitadas pelo observador de plantão em tempo real e então armazenadas pelos programas, segundo padrões pré-estabelecidos. Em ambos os casos as leituras são feitas poucas vezes por dia.

Em algumas estações meteorológicas convencionais também são operados instrumentos dotados de registradores. Habitualmente, os observadores fazem a leitura da informação indicada no gráfico, nos horários estabelecidos pela rotina de observação, cuja sistemática raramente contempla intervalos inferiores a 1 (uma) hora.

Invariavelmente, estudos que se baseiam em dados hidrometeorológicos exigem a manipulação de grandes quantidades de dados, com vistas ao estabelecimento de parâmetros estatísticos (média, desvio padrão etc.) representativos da variável em estudo. Quando as observações são feitas convencionalmente, é necessário convertê-las para a forma digital, para que possam ser, em seguida, submetidas a testes informatizados de consistência e de validação.

No caso específico da preparação de uma base de dados pluviográficos, as informações encontram-se originalmente na forma de gráficos que são desenhados por uma pena em diagramas, como ilustra a Figura 1, a qual apresenta um exemplo de diagrama pluviométrico, com registros de precipitação. De imediato, a leitura das observações é do tipo visual, o que dificulta, limita e compromete o processamento dos dados e os estudos que exijam o emprego de um grande número de pluviogramas.

Quando da realização da presente pesquisa contemplou-se, inicialmente, a leitura visual, que parece ter sido a abordagem adotada por inúmeros autores que publicaram artigos sobre equações de chuvas intensas. Entretanto, como mencionado, além do estudo para a obtenção da equação de chuvas intensas, havia o interesse na investigação do regime pluvial das chuvas com durações inferiores a 24 horas, no município de São José dos Campos, fossem elas intensas ou não. Havia também a necessidade de se estabelecer uma metodologia computadorizada que fosse útil para o

processamento de pluviogramas obtidos em outros locais e que pudesse ser também empregada com outros tipos de diagramas.

Foi então feita uma busca na literatura especializada e constatou-se que em apenas poucos trabalhos sobre chuvas intensas os autores mencionavam o emprego de metodologias de digitalização de pluviogramas e, quando o faziam, não apresentavam o detalhamento necessário para sua implementação por terceiros e muito menos tornavam disponíveis os programas (Brandão & Hipólito, 1995; Martinez Júnior, 1999; Bemfica et al., 2000).

Assim, para tornar possível a utilização prática, ágil e confiável dos dados que compõem o acervo pluviométrico da estação meteorológica do aeroporto de São José dos Campos, no âmbito das pesquisas sobre chuvas intensas, realizadas por Waltz (2000), foi desenvolvida uma metodologia para a classificação e a digitalização de pluviogramas, bem como para a geração de uma base de dados de precipitação, obtidos em intervalos de 10 minutos, com uso de mesa digitalizadora e de técnicas computacionais. Esta metodologia é descrita a seguir, com razoável grau de detalhe.

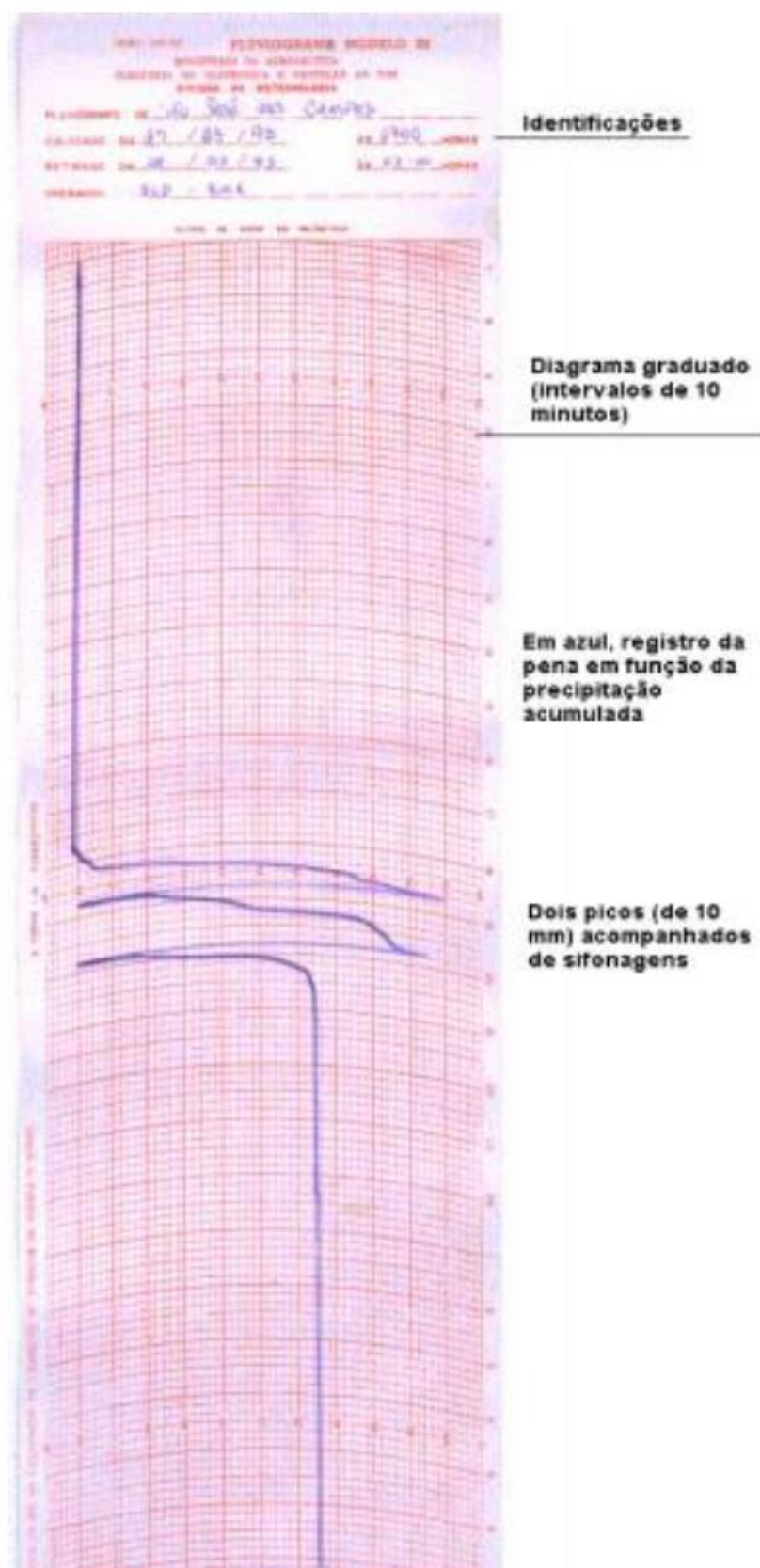


Figura 1 – Exemplo de pluviograma da estação meteorológica do Aeroporto de São José dos Campos –SP, operada pelo Comando da Aeronáutica do Ministério da Defesa.

DADOS

Para o desenvolvimento da metodologia de digitalização, foram empregados os registros pluviográficos de São José dos Campos (1973 a 1984 e 1993 a 1998), fornecidos pela Divisão de Ciências Atmosféricas (ACA) do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), do Centro Técnico Aeroespacial (CTA), depositário do acervo de dados meteorológicos do Comando da Aeronáutica do Ministério da Defesa. A estação do aeroporto de São José dos Campos-SP, tem número sinótico 83829, está localizada em 23° 14' S de latitude e em 45° 51' W de longitude, numa altitude de 640 m acima do nível médio do mar, e é equipada com um pluviógrafo Fuess, do tipo sifão, com área de captação de 200 cm².

PROCEDIMENTOS INICIAIS: CLASSIFICAÇÃO DOS PLUVIOGRAMAS E ESTABELECIMENTO DOS PERÍODOS COM DADOS

Para que fosse possível se estabelecer os períodos com dados, bem como as eventuais falhas, foi necessário fazer, inicialmente, um levantamento preliminar, já que os diagramas da estação do Aeroporto de São José dos Campos encontravam-se apenas parcialmente classificados.

Assim sendo, o primeiro procedimento para a preparação do acervo, visando sua futura manipulação, foi a separação dos diagramas, por ano e mês, seguida de uma ordenação pelos dias, para cada mês. Neste procedimento, caracterizado integralmente pela manipulação individual dos diagramas, procedeu-se à retirada de grampos, cliques e demais objetos que haviam sido colocados numa primeira tentativa de classificação, realizada, na maioria das vezes, na estação de origem dos dados.

Nesta fase, foi gerada uma tabela descritiva onde estão relacionados todos os registros de precipitação para cada mês e ano existentes no acervo, bem como as faltas de dados verificadas durante a reclassificação dos mesmos. Como exemplo, na Figura 2 é apresentada parte da tabela descritiva gerada.

Por meio de contatos oficiais, mantidos entre a ACA-IAE-CTA e o Laboratório de Meteorologia (LabMet) da UniVap, foi estabelecida uma sistemática de retirada dos diagramas do acervo, visando compatibilizar o ritmo de digitalização dos mesmos no LabMet, com a preservação dos registros no ambiente da ACA-IAE-CTA, já que a preocupação daquele órgão quanto à segurança do acervo é bastante acentuada em vista da condição ímpar de cada um destes registros.

		CADASTRO DE DIAGRAMAS	
DIAGRAMA	Nº SINÓTICO	SIGLA DA ESTACÃO	PERÍODO
IPMA-DR-105-9	83829	SBSJ	10/09/73 a 16/12/73
IPMA-DR-105-19	83829	SBSJ	03/01/74 a 28/09/74
IPMA-DR-105-19	83829	SBSJ	29/09/74 a 30/12/74
IPMA-DR-105-19	83829	SBSJ	30/12/74 a 10/02/75
IPMA-DR-105-19	83829	SBSJ	01/03/75 a 26/10/75
IPMA-DR-105-19	83829	SBSJ	29/10/75 a 30/12/75
IPMA-DR-105-19	83829	SBSJ	31/12/75 a 09/02/76
IEMA-DR-105-62	83829	SBSJ	14/02/76 a 01/01/77
IEMA-DR-105-62	83829	SBSJ	31/01/78 a 31/12/78
IEMA-DR-105-62	83829	SBSJ	31/12/78 a 01/01/80
IEMA-DR-105-62	83829	SBSJ	01/01/80 a 29/09/80
IEMA-DR-105-62	83829	SBSJ	04/10/80 a 07/12/80
IEMA-DR-105-62	83829	SBSJ	08/12/80 a 30/12/80
IEMA-DR-105-62	83829	SBSJ	30/12/80 a 28/12/81
IEMA-DR-105-62	83829	SBSJ	28/12/81 a 31/12/82
IEMA-DR-105-62	83829	SBSJ	31/12/82 a 31/12/83
IEMA-DR-105-62	83829	SBSJ	31/12/83 a 01/02/84
IEMA-DR-105-62	83829	SBSJ	03/03/84 a 02/08/84
IEMA-DR-105-62	83829	SBSJ	30/12/92 a 18/02/93
IEMA-DR-105-62	83829	SBSJ	19/02/93 a 27/11/93
IEMA-DR-105-62	83829	SBSJ	29/11/93 a 31/12/93
IEMA-DR-105-62	83829	SBSJ	31/12/93 a 27/12/94
IEPV-105-62	83829	SBSJ	27/12/94 a 25/02/95
IEPV-105-62	83829	SBSJ	26/02/95 a 14/04/95
IEPV-105-62	83829	SBSJ	21/04/95 a 08/05/95
IEPV-105-62	83829	SBSJ	11/05/95 a 31/12/95
IEPV-105-62	83829	SBSJ	31/12/95 a 01/09/96
IEPV-105-62	83829	SBSJ	02/09/96 a 31/12/96
IEPV-105-62	83829	SBSJ	31/12/96 a 31/12/97
IEPV-105-62	83829	SBSJ	31/12/97 a 29/08/98
IEPV-105-62	83829	SBSJ	01/10/98 a 01/11/98

Figura 2 – Exemplo da tabela descritiva gerada na fase de reclassificação dos pluviogramas.

EQUIPAMENTOS

A mesa digitalizadora utilizada foi conseguida por empréstimo junto ao ITA (Instituto Tecnológico da Aeronáutica) do CTA, equipamento este adquirido por meio de um projeto custeado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Trata-se de uma mesa digitalizadora Hitachi, modelo HDG 1515D, no tamanho A3.

Todos os programas computacionais foram desenvolvidos em microcomputadores do tipo PC.

PROGRAMA COMPUTACIONAL DE DIGITALIZAÇÃO

A digitalização dos valores de chuva a partir dos gráficos existentes nos diagramas exigiu o desenvolvimento de programas computacionais que fazem a leitura dos sinais captados pela porta serial do microcomputador, sinais estes vindos da mesa digitalizadora. Este programa realiza a

conversão dos valores registrados (ordenada do diagrama) para valores relativos de altura de precipitação e, assim, permite a criação de arquivos que contêm o total da chuva ocorrida durante todo o período coberto por um diagrama, em intervalos de 10 minutos, conforme a escala gráfica (abscissa) utilizada no pluviograma (ver Figura 1).

O programa de digitalização foi desenvolvido no LabMet da UniVap, utilizando-se o ambiente de programação QuickBasic, da Microsoft, já que o mesmo oferece meios para a obtenção de dados por meio de uma porta serial do microcomputador PC, à qual estava conectada a mesa digitalizadora. Além disso, este ambiente de programação facilita a transferência do programa para outras instituições, pelo fato de ser o QuickBasic um programa comumente disponível.

Os principais critérios adotados para o desenvolvimento do programa foram:

- a) os diagramas seriam digitalizados no período entre a colocação e a retirada dos mesmos, obedecendo-se o padrão empregado nas estações de observação meteorológica, ou seja, colocação e retirada de diagramas às sete horas da manhã de cada dia;
- b) a digitalização deveria levar em conta o intervalo mínimo de tempo de dez minutos entre os registros de precipitação, já que esta é a menor fração de tempo registrada graficamente no diagrama, na busca de maior precisão no processo;
- c) para ajustar a escala dos eixos do gráfico à escala utilizada na mesa digitalizadora, antes do início da digitalização da curva de precipitação, seriam lidos pelos programa dois pontos de referência digitalizados a partir do gráfico, os quais corresponderiam aos limites mínimo e máximo de precipitação, quais sejam, 0,0 e 10,0 mm, no horário em que teve início o primeiro evento de precipitação registrado no diagrama. O horário de início seria fornecido ao programa através do teclado do microcomputador e, a ele, o programa acrescentaria intervalos de tempo de 10 minutos para cada registro digitalizado;
- d) o início da digitalização dar-se-ia pela informação ao programa da data de retirada do diagrama, o que definiria o intervalo de tempo, ao qual o mesmo se referia, e informaria sobre a existência de registro de precipitação para esta data de retirada. Este procedimento se fez necessário pois, em alguns casos, quando não havia precipitação no período de 24 horas, o diagrama não era retirado, e ocorria sobreposição de um novo período de 24 horas de observação. Isto acontece por vários motivos, em especial para economizar diagramas. Nota-se que, quando não há

ocorrência de precipitação, fica registrada uma linha contínua na base do diagrama, normalmente próxima ao eixo de 0,0 (zero) milímetro;

- e) para os casos em que a pena do registrador tivesse desenhando um risco muito grosso, causado pelo vazamento de tinta da pena ou por manipulação incorreta, a digitalização seria efetuada no ponto médio da espessura da linha de registro, visando minimizar os efeitos deste problema de registro;
- f) todos os registros seriam digitalizados, independentemente da quantidade de precipitação registrada, limitada naturalmente à precisão mínima do equipamento e do diagrama, equivalente a 0,1 milímetro;
- g) seriam gerados arquivos individuais em disco para cada diagrama, reproduzindo-se a seqüência histórica de forma similar à dos diagramas; e,
- h) os arquivos gerados obedeceriam ao seguinte critério de nomenclatura: PDDMMAA.DAT,

onde:

P – para identificar dados de precipitação;

DD – o dia a que se refere o diagrama digitalizado (dia de retirada do diagrama);

MM – o mês a que se refere o diagrama digitalizado;

AA – o ano a que se refere o diagrama digitalizado; e,

DAT – extensão escolhida para o arquivo que, corriqueiramente, é utilizada nos meios computacionais para indicar um conjunto de dados.

PROCESSO DE DIGITALIZAÇÃO

A digitalização propriamente dita obedeceu a ordem histórica de obtenção de dados, tendo sido iniciada pelos registros do ano de 1973. O procedimento de digitalização, conforme determinado pelo programa, mostrou-se operacionalmente eficiente e conferiu grande rapidez ao processo. Também conferiu precisão significativa aos dados, já que, concomitantemente à digitalização dos diagramas, os valores obtidos iam sendo apresentados na tela, o que permitiu verificar, logo de início, a consistência entre a leitura visual da quantidade de chuva registrada nos diagramas e os valores totalizados pelo programa de digitalização.

Em alguns diagramas, os observadores haviam anotado o total da chuva no período, o que facilitou ainda mais a comparação entre os registros do diagrama e a totalização feita pelo programa.

INTEGRAÇÃO DOS DADOS

Todos os arquivos resultantes do processo de digitalização dos pluviogramas foram integrados, isto é, foram reunidos e organizados, com a finalidade de facilitar sua manipulação em cálculos e utilizações futuras. Para tanto, foram desenvolvidos programas em linguagem Fortran, empregando-se o compilador Power Station® da Microsoft, que atendem três finalidades básicas:

(1) arquivos para aplicações anuais; (2) arquivos para aplicações mensais; e, (3) arquivos para aplicações diárias.

Esses programas de integração, em vista dos critérios de organização adotados, permitem a um futuro usuário conhecer a estrutura do acervo (dias com e sem registro, falta de dados etc.) e as características da massa de dados disponível, bem como obter outras informações com os dados de seu interesse. Ainda, deve ser notado que em todos os casos foram preservadas as alturas pluviométricas de 10 minutos, ou seja, não foram feitas totalizações.

ARQUIVOS PARA APLICAÇÕES ANUAIS

Na primeira integração foram montados os diretórios para cada ano do conjunto de dados. Nestes diretórios os arquivos de dados foram organizados pela ordenação natural que o sistema operacional MS-Windows 95 provê, e que tem por base o nome dos arquivos. Isto viabiliza a manutenção de uma estrutura perfeitamente inteligível, já que o nome dos arquivos é de fácil entendimento e possibilita a imediata identificação do período de dados a que se referem.

ARQUIVOS PARA APLICAÇÕES MENSAIS

Visando facilitar a manipulação do conjunto de dados por programas de computador para cálculos estatísticos, procedeu-se à integração dos mesmos em meses, para cada ano do acervo. Assim sendo, foi desenvolvido um programa que realiza a leitura de cada um dos arquivos de dados diários e compõe, em um único arquivo, todos os meses de cada ano, separando-se os meses pelos dígitos 99, o que caracteriza o final dos dados de um certo mês e conseqüente início do mês seguinte. Desta forma, foi criado um novo diretório onde encontram-se dezoito arquivos correspondentes a cada ano de dados digitalizados. Na Figura 3 encontra-se uma ilustração de arquivo para aplicações anuais e mensais, referente ao ano de 1974.

```

São José dos Campos - 1974
mes: 1
dia   hh:mm  precip (mm)
30    9:40   0.1
30    9:50   0.0
30    10: 0   0.0
30    10:10   0.6
30    10:20   0.2
30    10:30   0.0
30    10:40   0.0
30    10:50   0.1
30    11: 0   2.1
30    11:10   0.0
99
mes: 2
3     16: 0   0.0
3     16:10   0.0
3     16:20   0.5
3     16:30   0.5
3     16:40   0.4
3     16:50   0.3
3     17: 0   0.6
3     17:10   0.2
3     17:20   0.1
3     17:30   0.1

```

Figura 3 – Ilustração de arquivo para aplicações anuais e mensais.

ARQUIVOS PARA APLICAÇÕES DIÁRIAS

Como já mencionado, a data de identificação dos arquivos diários corresponde à data de retirada do diagrama. De acordo com o procedimento padrão de observação, a troca de diagramas realiza-se às sete horas da manhã de cada dia. Portanto, os dados referentes a um mesmo dia podem ser encontrados em dois diferentes arquivos. Isto poderia constituir uma dificuldade adicional, durante a manipulação dos dados, para um usuário que não conhecesse esse procedimento ou mesmo que para ele não estivesse atento.

Para facilitar a manipulação do acervo, bem como para evitar a geração de dados incorretos devido aos motivos expostos, foram transferidos dos arquivos mensais de dados os valores correspondentes ao período compreendido entre as 00 horas e as 23h50 min, obtendo-se desta forma o registro digitalizado da precipitação no período das 24 horas de um dia. Na Figura 4 encontra-se uma ilustração de arquivo para aplicações diárias.

```

São José dos Campos: 03/06/83
Precipitação acumulada: 13.8 mm
dia    hh:mm    precip(mm)
3      7:10    0.4
3      7:20    0.3
3      7:30    0.3
3      7:40    0.1
3      7:50    0.0
3      8: 0    0.0
3      8:10    0.0
3      8:20    0.0
3      8:30    0.0
3      8:40    0.0
3      8:50    0.0
3      9: 0    0.0
3      9:10    0.0
3      9:20    0.0
3      9:30    0.0
3      9:40    0.0
3      9:50    0.0
3     10: 0    0.0
3     10:10    0.0
3     10:20    0.0
3     10:30    0.0
3     10:40    0.0
3     10:50    0.0
3     11: 0    0.0
3     11:10    0.0
3     11:20    0.0
3     11:30    0.0
3     11:40    0.0
3     11:50    0.0
3     12: 0    0.0
3     12:10    0.2
3     12:20    0.3
3     12:30    0.2
3     12:40    0.1
.....

```

Figura 5 – Ilustração de arquivo para aplicações diárias.

CRITÉRIOS EMPREGADOS NA CONSISTÊNCIA DOS ARQUIVOS E DOS DADOS

Considerada a grande quantidade de dados manipulados e a perspectiva de que a metodologia possa vir a ser utilizada para outras séries de dados ainda maiores, tornou-se necessário desenvolver programas de computador que permitissem ampliar a segurança na base de dados. Tal iniciativa visou garantir que os arquivos expressem o mais fielmente possível os dados registrados originalmente e

que os dados sejam compatíveis com as normais climatológicas esperadas para a região de abrangência da estação meteorológica empregada.

CONSISTÊNCIA DOS ARQUIVOS

No que se refere à consistência dos arquivos, foram desenvolvidas rotinas de teste, implementadas por meio programas computacionais, que permitiram identificar possíveis inconsistências, entre elas as que se referem às datas e à repetição e segmentação de horários. Tais inconsistências puderam ser listadas ainda no processo de digitalização, enquanto os diagramas iam sendo manipulados individualmente. Isto permitiu evidenciar os problemas decorrentes de eventuais manuseios indevidos da informação, os quais podem prejudicar a obtenção de resultados consistentes quando da utilização dos dados em processos computacionais.

Neste ponto, merece destaque uma problemática que ocorreu com alguma frequência durante a manipulação dos diagramas originais, no decorrer do processo de digitalização.

Embora o diagrama devesse ser retirado regularmente às 7 horas da manhã, diariamente, em alguns casos o registro de precipitação se estendia até mais tarde, por exemplo, até por volta das 07h40 min ou mesmo das 08 horas. Nestes casos, ao se observar o diagrama subsequente, esperava-se que o registro começasse no instante do intervalo de tempo seguinte ao registrado no diagrama anterior, ou seja, às 07h50 min e às 08h10 min, respectivamente. Ainda, havia a possibilidade de que o diagrama subsequente tivesse início exatamente no mesmo horário do término do anterior, como resultado de uma troca rápida e eficiente de diagramas.

Tais situações claramente caracterizavam um erro de operação que, num primeiro momento, comprometia o registro horário das chuvas no período compreendido pelo diagrama subsequente, pois ficava evidente que havia um atraso no horário registrado no diagrama em relação ao horário em que efetivamente o fenômeno meteorológico estava ocorrendo.

Nestas circunstâncias, foi necessário aventar algumas alternativas decisórias, já que a precipitação ocorrida entre o horário correto e o horário efetivo de retirada do diagrama não tinha, segundo a prática da observação meteorológica, como ser registrada no diagrama subsequente, já que o mesmo deveria ser instalado com a pena registradora posicionada no horário imediatamente seguinte à última observação anterior.

Caso o registro de precipitação indicasse 0,0 mm, tal problemática não surtia nenhum efeito prático quanto à consistência dos arquivos. No entanto, isso dava um trabalho de interpretação significativo

quando havia registro de precipitação superior a 0,0 mm, tanto no final do diagrama quanto no início do diagrama subsequente.

Isto poderia ocorrer quando o diagrama subsequente era iniciado às 07 horas, caracterizando uma sobreposição de dados, e era preciso decidir entre duas chuvas registradas para um mesmo período do dia. A decisão ficava a cargo do digitalizador, que se valia das informações contidas no MET-R para decidir entre as duas chuvas. Se esta estratégia se mostrasse insuficiente, o critério adotado era o de optar pela chuva registrada no último horário do pluviograma anterior. Ainda, poderia ocorrer, que o diagrama subsequente fosse iniciado depois da 07h10min, e o atraso caracterizasse uma interrupção no registro do evento. Nesta situação, mesmo quando parecia se tratar de um único evento, considerou-se que houveram duas chuvas: uma que terminou no horário de retirada do diagrama anterior, e outra, que começou no início do diagrama subsequente, ou seja, não foram feitos preenchimentos de falhas.

CONSISTÊNCIA DOS DADOS

Após adquirir confiança suficiente nos arquivos gerados com os dados digitalizados, partiu-se para a etapa de análise de consistência dos dados, por meio de programas de computador desenvolvidos para este fim em linguagem Fortran.

A análise de consistência dos dados foi dividida em duas fases. A primeira foi de confrontação dos dados digitalizados com os dados registrados no formulário MET-R, gerado na mesma estação meteorológica que originou os pluviogramas.

No formulário MET-R são registrados os valores máximos de precipitação e o total acumulado em períodos de 24 horas, como ilustra a Figura 5.

Desta forma, a simples confrontação com estes valores já indicaria, com boa margem de segurança, que os dados digitalizados estariam de acordo com os verificados na estação e registrados pelos observadores, que se encarregam de realizar o registro no formulário MET-R.

MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA												
DIRETORIA DE ELETRÔNICA E PROTEÇÃO AO VÔO												
DIVISÃO DE METEOROLOGIA AERONÁUTICA												
FORMULÁRIO METEOROLÓGICO MET - R												
ESTAÇÃO:SBSJ				ANO:1996					MÊS:JUNHO			
DIA	TEMPERATURA			UMIDADE			PRESSÃO			PRECIPITAÇÃO		
	MAX	MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX	MIN	MED	TOTAL	HORA	MAX. 60min
1	28	12	18	95	42	76	451	400	429	T	0:10	T
2	18	14	15	100	88	95	485	428	460	16	1:30	8
3	20	13	16	98	54	82	492	463	478			
4	22	13	17	100	46	80	491	458	478			
5	24	11	17	94	44	71	483	442	462			
6	19	13	16	100	76	92	477	431	448	28	2:00	13
7	29	12	16	100	58	88	464	431	447			
8	21	11	15	100	59	87	502	438	471			
9	22	11	15	97	60	84	525	483	500			
10	22	13	17	94	48	76	509	467	488			
11	22	9	15	100	43	79	504	459	478			
12	23	8	15	100	45	82	512	463	486			
13	24	9	16	100	44	81	497	445	470			
14	26	11	17	96	48	79	464	421	444			
15	26	10	17	100	44	78	457	405	427			
16	28	9	18	100	39	74	430	395	406			
17	29	13	20	98	35	68	411	376	393			
18	29	12	20	98	38	70	420	385	400			
19	26	12	18	98	50	80	453	410	429			
20	26	17	20	100	55	84	454	419	437			
21	29	15	21	100	31	69	441	397	419			
22	25	16	19	92	52	78	452	418	434			
23	27	14	18	98	40	83	466	420	442			
24	24	16	19	100	54	81	462	422	442			
25	29	16	21	98	42	72	432	387	412			
26	29	15	21	100	43	77	415	354	385			
27	28	16	20	100	43	83	394	334	356	68	4:50	30
28	17	12	14	100	72	93	426	392	406	28	6:30	6
29	15	10	12	100	65	86	497	406	450			
30	17	9	13	98	60	84	515	480	495			
31												
MÉDIAS										SOMATORIO		MAXIMO
	24	12	17	98	51	80	466	421	442	140	15:00	30

Figura 5 – Exemplo de formulário MET-R

Como resultado dos testes de consistência realizados na primeira fase, foram identificados alguns dias em que a digitalização não era compatível com as informações registradas no MET-R. Após serem listados todos estes dias, buscou-se, por meio de verificação no pluviograma original, identificar motivos que levaram à discrepância entre os dois registros. Entre os fatores determinantes para as diferenças encontradas, destacaram-se:

- a) diagramas que foram utilizados em mais de um período de 24 horas, tendo havido precipitação em mais de um destes intervalos. Este fato impediu que, durante a digitalização, fosse identificado o dia exato de ocorrência da chuva. Numa primeira etapa, diagramas com esta problemática foram excluídos do processo. Quando se trata do MET-R isto não acarreta dúvidas, já que o formulário é preenchido a cada hora, sendo possível ao observador registrar a chuva no momento de sua ocorrência. Portanto, com o auxílio do MET-R, pôde-se identificar o dia exato de ocorrência e reincorporar os diagramas inicialmente rejeitados ao processo de digitalização;
- b) alguns diagramas apresentavam discontinuidades na linha de registro da precipitação, por falta de tinta na pena ou por outro fator mecânico que impedia o registro durante um determinado intervalo de tempo. Assim sendo, a precipitação digitalizada referia-se exclusivamente ao traçado efetivamente existente no pluviograma. Entretanto, no formulário MET-R, o intervalo que no diagrama não constava registro, apresentava valores acumulados para o total horário que envolvia a falha. Porém, neste caso, o diagrama não foi redigitalizado, já que a variação em intervalos de 10 minutos não era conhecida (como mencionado, o MET-R só registra totais horários) e optou-se por não fazer preenchimento de falhas;
- c) em diagramas que apresentavam chuvas intensas, com o registro alcançando o limite de 10,0 mm de precipitação em pequenos intervalos de tempo, foram encontrados alguns poucos casos em que havia uma diferença de contagem do número de “picos” entre o registrado no MET-R e o digitalizado. Para estes casos, a solução foi uma minuciosa leitura visual, sendo realizada a correção do arquivo digitalizado em apenas um dos casos.

A segunda fase do procedimento de consistência envolveu a geração de diversos gráficos, representativos dos valores médios de precipitação para os diferentes períodos permitidos pelo conjunto de dados, que possibilitaram a comparação dos comportamentos dos dados pluviográficos com a normal climatológica conhecida para a região de abrangência da estação. Apesar de seu caráter qualitativo, este procedimento foi útil pois indicou que o conjunto de dados processados era consistente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi satisfatoriamente alcançado, ou seja, a metodologia de classificação e digitalização de pluviogramas, e de geração de uma base de dados pluviográficos, estruturada em

arquivos anuais, mensais e diários, e submetido a critérios de crítica e de consistência, foi desenvolvida e implementada com sucesso.

Por meio dela, os dados de chuva contidos nos pluviogramas da estação meteorológica do aeroporto de São José dos Campos puderam ser resgatados em um quarto do tempo que seria gasto se fosse empregada a inspeção visual para este fim. O grau de confiabilidade alcançado permitiu que os dados de chuva fossem manipulados com segurança por ocasião da realização das pesquisas que levaram à obtenção de uma equação de chuvas intensas para São José dos Campos (Waltz, 2000). As informações contidas nesta base de dados são de imediata utilização e podem ser ampliadas e/ou reanalisadas a qualquer momento.

A partir desta base de dados, foi gerado uma outra base, que segue os formatos empregados pelo DAEE/Fundação CTH (1999), visando inclusão em próximas edições deste CD-ROM que contém o Banco de Dados Pluviográficos do Estado de São Paulo.

Por exigir baixo investimento em equipamentos e em recursos computacionais e ser de fácil implementação, a metodologia desenvolvida poderá contribuir para que os dados contidos em pluviogramas passem a ser digitalizados sistematicamente, de modo a ampliar a disponibilidade de informações pluviográficas (alta resolução temporal) confiáveis e a permitir a realização de pesquisas que visem um conhecimento climatológico mais detalhado para as regiões onde este registro é efetuado, conhecimento este que tem aplicação em diversas áreas, como a Hidrologia e Climatologia Urbana, o Planejamento Urbano e Regional, a Previsão Numérica de Tempo e a estimativa de precipitação por satélites e radares.

Deve ser ressaltado que esta metodologia pode ser empregada para a digitalização de diversos tipos de diagramas como, por exemplo, os de termógrafos e linígrafos.

Os códigos-fonte dos programas computacionais desenvolvidos não foram explicitados neste artigo, mas estão disponíveis para qualquer interessado. Para obtê-los, basta entrar em contato com o primeiro autor deste artigo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem: à Divisão de Ciências Atmosféricas (IAE/CTA), depositária do acervo de dados meteorológicos do Comando da Aeronáutica do Ministério da Defesa, pelo fornecimento dos registros pluviográficos da estação meteorológica do aeroporto de São José dos Campos; ao ITA/CTA, pelo

empréstimo da mesa digitalizadora; e, ao Prof. Jójhy Sakuragi, chefe do LabMet/Univap, pela colaboração no desenvolvimento dos programas computacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEMFICA, Daniela da Costa; GOLDENFUM, Joel A.; SILVEIRA, André L. L. da. Análise da aplicabilidade de padrões de chuva de projeto a Porto Alegre. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 5, n. 4, out./dez., 2000, p. 5-16.

BRANDÃO, Cláudia; HIPÓLITO, João Nuno A. R. Análise de precipitações intensas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11./e/SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, ABRH, Recife/PE, 1995. Anais... Recife: ABRH, 1995. 4 v., v. 1, p. 129-133.

BRANDÃO, Ingrid Neves. Estudo hidrológico preliminar da Bacia do Rio Pararangaba: características físicas, critério de amostragem temporal e impacto da urbanização. 1999. 67 f. Trabalho Final de Curso (Técnico em Meteorologia) – Colégio Técnico “Antônio Teixeira Fernandes”, FVE/UniVap, São José dos Campos.

BRANDÃO, Ingrid Neves; FERREIRA, Marlene Elias. Bacia do Rio Pararangaba (São José dos Campos – SP): características físicas e impacto da urbanização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBMET, 2000. 1 CD-ROM. HI00007. 8p. p.1414-1421.

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (São Paulo-SP)/Fundação CTH. Banco de dados pluviográficos do Estado de São Paulo. 1999. Convênio DAEE- USP, 1999. 1 CD-ROM.

FERREIRA, Marlene Elias. Possíveis aplicações de satélites meteorológicos na área de recursos hídricos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 7./e/SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS, 3., 1987, Salvador- BA. Anais... São Paulo: ABRH, 1987. 4v., v.2, p.206-212.

FERREIRA, Marlene Elias et al. Cálculo de um reservatório de detenção destinado a mitigar o impacto da urbanização em um bairro de São José dos Campos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12. Vitória-ES, 1997. Anais... Vitória: ABRH, 1997. 4v., v.3, p.655-660.

FERREIRA, Marlene Elias, BRANDÃO, Ingrid Neves. Bacia do Rio Pararangaba (São José dos Campos – SP): novos critérios de amostragem temporal para medições de chuva e vazão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBMET, 2000. 1 CD-ROM. HI00008. 6p. p.1422-1427.

FERREIRA, Marlene Elias; CALHEIROS, Roberto Vicente. Hidrologia e satélites ambientais: aspectos operacionais no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11./e/SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, ABRH, Recife/PE, 1995. Anais... Recife: ABRH, 1995. 4v., v.1, p.367-372.

GUGELMIN, José Antônio; PORTELLA, Paulo Eliseu. Digitalização de dados meteorológicos horários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 8./e/CONGRESSO LATINO-AMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGIA, 2., 1994, Belo Horizonte-MG. Anais... Belo Horizonte: SBMET, 1994. 3v., v.2, p.357-360.

MARTINEZ JÚNIOR, Francisco. Análise das precipitações intensas no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., Belo Horizonte/MG, ABRH, 1999. Anais...2.ed. São Paulo: ABRH, 2000. 1 CD-ROM. Trabalho 4, 23 p.

PERRELLA, Ana Catarina Farah. Estudo e localização das áreas de inundação em São José dos Campos-SP, com base em dados da Defesa Civil e na pluviometria regional, como subsídio ao Planejamento Urbano. 1999. 90 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos.

PERRELLA, Ana Catarina Farah; FERREIRA, Marlene Elias. Localização das áreas de inundação em São José dos Campos-SP e espacialização da precipitação no Vale do Paraíba e áreas do litoral paulista, como subsídio ao Planejamento Urbano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 4., Rio de Janeiro, 2000. Anais... Rio de Janeiro: UFRJ/CLIMAGEO, 2001. CD-ROM (no prelo).

SANTOS, Giuliano Ricardo dos. Preparação da base de dados digitalizados de precipitação para São José dos Campos-SP. 1999. 91 f. Trabalho Final de Curso (Técnico em Meteorologia) – Colégio Técnico “Antônio Teixeira Fernandes”, FVE/Univap, São José dos Campos.

SANTOS, Giuliano Ricardo dos; WALTZ, Roberto Cordeiro. Preparação da base de dados necessária à análise de frequência de chuvas intensas. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 3., São José dos Campos-SP, 1999. Anais...São José dos Campos: Univap, 1999. p. 45.

TUCCI, Carlos E. M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. 2. ed., Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997. 943 p.

TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. de (Orgs.). Drenagem urbana. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995. 428 p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v. 5).

WALTZ, Roberto Cordeiro. Estudo climatográfico de chuvas máximas e obtenção da primeira equação de chuvas intensas para São José dos Campos. 2000. 112 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos.

 conhecimentolivre.org/home
 contato@conhecimentolivre.org
 [editoraconhecimentolivre](https://www.instagram.com/editoraconhecimentolivre)

TÓPICOS EM RECURSOS HÍDRICOS

VOLUME II