

2023.1

v4n



**em Debate**  
PPGEU | UFSCar



A **Engenharia Urbana em Debate** é um periódico online de caráter acadêmico e científico, vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - PPGEU da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar e tem como objetivo publicar, de forma gratuita, pesquisas voltadas ao conhecimento e práticas sobre a gestão e atuação técnico-profissional no território.

#### Dados internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Engenharia Urbana em Debate / Universidade Federal de São Carlos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - PPGEU. v.4, n.1 (2023). São Carlos: 2023.

v.4, n.1 Fluxo contínuo com 2 números por ano  
Sumários em Português  
ISSN: 2675-830X digital

1. 1. Saneamento. 2. Urbanismo. 3. Geotécnica e Geoprocessamento. 4. Transportes. Universidade Federal de São Carlos II. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana.

CDD – 628



Periodicidade: Fluxo Contínuo com 2 números por ano

Suporte: Eletrônico

PPGEU - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana  
Universidade Federal de São Carlos  
Rodovia Washington Luis, km 235 - São Carlos - SP - BR  
CEP: 13565-905  
Telefone: (16) 3351-8295



Engenharia Urbana em Debate  
engurbdebate@gmail.com

## Corpo Editorial

Profa. Dra. Katia Sakihama Ventura  
Profa. Dra. Denise Balestrero Menezes  
Profa. Dra. Luciana Márcia Gonçalves  
Profa. Dra. Thais de Cassia Martinelli  
Guerreiro  
Profa. Dra. Elza Luli Miyasaka  
Profa. Dra. Juliana Cardoso Esteves

## Editoração

Priscila Kauana Barelli Forcel

## Comunicação Social

Lívia Mara de Almeida Melo  
Luis Gustavo Lucatelli

## Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Prof. Dr. Érico Masiero  
Profa. Dra. Denise Balestrero Menezes

## Conselho Editorial

- Prof. Dr. Rodrigo Melo Porto | EESC-USP
- Prof. Dr. Valdir Schalch | EESC-USP
- Prof. Dr. Paulo Sérgio Scalize | UFG
- Profa. Dra. Regina Mambelli Barros | UNIFEI - Itajubá
- Prof. Dr. Maurício Pinto | UnCuyo - AR
- Prof. Dr. Rodrigo Firmino | PUCPR
- Prof. Dr. Tiago Cunha | UFVMG
- Prof. Dr. Ricardo de Souza Moretti | UFABC UFRN
- Profa. Dra. Gisela Cunha Viana Leonelli | UNICAMP
- Profa. Dra. Leticia Peña Barrera | Univ. Autónoma de Ciudad de Juárez \_ México
- Prof. Dr. Cláudio César de Paiva | UNESP Araraquara
- Prof. Dr. José Augusto di Lollo | UNESP Ilha Solteira

Editorial ..... 5  
Profa. Dra. Juliana Cardoso Esteves  
Profa. Dra. Luciana Márcia Gonçalves

## ARTIGOS

ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE VAZÃO EM CORPOS D'ÁGUA SUPERFICIAIS ..... 6

Daniel Jadyr L. Costa  
Bene Eloi Mendes Camargo  
André Guilherme Pradebon Tolentino  
Jorge Akutsu  
Natalia Andricioli Periotto  
Marcel Okamoto Tanaka

AVLIAÇÃO ECONÔMICA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA INDÚSTRIAS LOCALIZADAS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO (RMRJ) ..... 26

Gustavo Rettore da Silva Paranhos  
Luciano Zanella

AVLIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE COMPARTILHAMENTO DE BICICLETAS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO ..... 46

Philippe Barbosa Silva  
Erasmu Rodrigues de Oliveira Filho

LEVANTAMENTO DE DADOS PARA GESTÃO DE REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO ..... 71

Leda Maria de Almeida Nelo

UMA BREVE ANÁLISE DA CIDADE DE SÃO PAULO, ATRAVÉS DA PLATAFORMA 156, SOB A PERSPECTIVA DE URBAN FACILITY MANAGEMENT ..... 91

Robson Quinello  
Graziela Boni

- Prof. Dr. Eduardo Augusto Werneck Ribeiro  
| Instituto Federal Catarinense
- Profa. Dra. Amarilis Lucia Casteli  
Figueiredo Gallardo | Poli/USP e Uninove
- Prof. Dr. José Luiz Albuquerque Filho | IPT
- Prof. Dr. Edmur Azevedo Pugliesi | UNESP  
Presidente Prudente
- Prof. Dr. Marco Musso | UniLaR - Uruguay
- Prof. Dr. Antonio Nelson Rodrigues da Silva  
| EESC-USP
- Prof. Dr. Licinio da Silva Portugal | UFRJ
- Profa Dra. Magaly Natalia Pazzian  
Vasconcellos Romão | Fac. de Tec. de Jahu
- Prof. Dr. Rui António Rodrigues Ramos |  
Escola de Engenharia - Univ. do Minho

## COMISSÃO EDITORIAL ..... 110



A Engenharia Urbana em Debate é registrada no Creative Commons

O conteúdo dos artigos é de inteira responsabilidade dos autores.

### **Prof. Dr. Juliana Cardoso Esteves**

Professora Doutora do Prog. de Pós-Graduação em Engenharia Urbana Univ. Fed. de São Carlos

orcid: [0000-0002-0854-1122](https://orcid.org/0000-0002-0854-1122)

[julianaesteves@estudante.](mailto:julianaesteves@estudante.ufscar.br)

[ufscar.br](http://ufscar.br)

### **Prof. Dr. Luciana Márcia Gonçalves**

Professora Doutora do Prog. de Pós-Graduação em Engenharia Urbana Univ. Fed. de São Carlos

orcid: [0000-0002-8206-239X](https://orcid.org/0000-0002-8206-239X)

[lucianamg@ufscar.br](mailto:lucianamg@ufscar.br)

Maiores informações, acesse: <https://www.engurbdebate.ufscar.br/>

A Revista Engenharia Urbana em Debate vem mantendo publicações periódicas desde seu lançamento em 2020, seguindo rigorosos critérios de um periódico científico. A revista conta com um Conselho Editorial composto por professores de diversas universidades brasileiras, garantindo uma avaliação criteriosa e de alta qualidade dos trabalhos submetidos.

A revista é vinculada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos e editada dentro da plataforma OJS, que agrega as revistas da instituição. Essa parceria garante que todo processo de avaliação seja gratuito, sem qualquer taxa de pagamento para submissão e disponibilizada Open Access.

Esses fatores são importantes para destacar a seriedade e comprometimento da revista com a promoção do diálogo entre pesquisadores e os avanços da Engenharia Urbana. A classificação da revista pelo Qualis Capes dentro do quadriênio 2017-2020 é um reconhecimento do trabalho realizado até o momento e, certamente, servirá de estímulo para a continuidade desse trabalho com excelência, com perspectivas de melhora nessa qualificação a cada avaliação. Todos os autores, revisores e colaboradores que participaram desse processo foram essenciais.

Recentemente, a revista foi indexada em duas bases de dados: Google Scholar e Latindex, uma conquista importante, uma vez que aumenta a visibilidade e o alcance de seus artigos e contribuições para a comunidade científica, feito que demandou esforço e dedicação de toda equipe editorial da revista.

A Revista Engenharia Urbana em Debate tem todo potencial para se tornar uma referência na área, promovendo a disseminação do conhecimento e contribuindo para o desenvolvimento da Engenharia Urbana em todo país, pois divulga projetos e resultados de pesquisas que têm sua relevância ampliada e reconhecida cada vez mais.

A equipe editorial e demais colaboradores se esforçam, cada dia mais, para manter o alto padrão de qualidade dos artigos assim como para continuar com a publicação de artigos inovadores e relevantes para a comunidade científica no âmbito da Engenharia Urbana, bem como se compromete com o aprimoramento dos processos editoriais a fim de garantir a efetividade da revista.



# ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE VAZÃO EM CORPOS D'ÁGUA SUPERFICIAIS

*Comparative analysis of methods for determining flow rate in surface water bodies*

*Análisis comparativo de métodos de medición de caudal en aguas superficiales*

**COSTA, D. J. L.<sup>1</sup>; CAMARGO, B. E. M.<sup>2</sup>; TOLENTINO, A. G. P.<sup>3</sup>; AKUTSU, J.<sup>4</sup>; PERIOTTO, N.A.<sup>5</sup>; TANAKA, M. O.<sup>6</sup>**

## Resumo

O conhecimento do comportamento hidrológico de bacias hidrográficas é importante para responder questões que abarcam o planejamento e a gestão dos recursos hídricos. A determinação de vazões em rios e canais é essencial para conhecer a disponibilidade hídrica superficial, com a finalidade de atendimento dos usos múltiplos da água. Diversos instrumentos e métodos podem ser utilizados para a execução de campanhas de medição de vazão. Neste trabalho realizou-se uma análise comparativa de quatro métodos de medição - flutuador, molinete velocimétrico, método acústico e método químico (método do traçador conservativo) – através da aferição de vazão em dois trechos de escoamentos superficiais, com o objetivo de verificar o comportamento e confiabilidade dos métodos aos casos aplicados. Dentre as formas de medição utilizadas, considera-se que o método do traçador químico apresentou maior confiabilidade nas duas situações estudadas. São relatadas as potencialidades e limitações para todos os métodos nos trechos em que eles foram aplicados. A consideração de características geométricas e hidráulicas das seções transversais como largura, profundidade e velocidade do escoamento, são considerados fatores importantes para a escolha dos métodos que podem ser aplicados com maior confiança para a determinação da vazão em condições de campo.

**Palavras-chave:** Hidrometria; Vazão; Métodos de medição; Análise comparativa

<sup>1</sup>Prof. Doutor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana Universidade Federal de São Carlos. [orcid: 0000-0003-1136-7986](https://orcid.org/0000-0003-1136-7986) daniel.costa@ufscar.br

<sup>2</sup>Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana Universidade Federal de São Carlos. [orcid: 0000-0002-3677-2753](https://orcid.org/0000-0002-3677-2753) bn.camargo@gmail.com

<sup>3</sup>Engenheiro Civil pela Universidade Federal de São. [orcid: 0009-0002-4327-731X](https://orcid.org/0009-0002-4327-731X) andrepradebon@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Prof. Doutor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana Universidade Federal de São Carlos. [orcid: 0009-0008-1206-7727](https://orcid.org/0009-0008-1206-7727) akutsu@ufscar.br

<sup>5</sup>Pós-doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais Universidade Federal de São Carlos. [orcid: 0000-0001-5950-5917](https://orcid.org/0000-0001-5950-5917) nataliaperiotto@gmail.com

<sup>6</sup> Prof. Doutor do Departamento de Ciências Ambientais Universidade Federal de São Carlos. [orcid: 0000-0001-5924-1886](https://orcid.org/0000-0001-5924-1886) marcel@ufscar.br

Data da Submissão:  
29junho2022

Data da Aprovação:  
07abril2023

Data da Publicação:  
22junho2023

COMO CITAR:

COSTA, D. J. L.; CAMARGO, B. E. M.; TOLENTINO, A. G. P.; AKUTSU, J.; PERIOTTO, N.A.; TANAKA, M. O.. ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE VAZÃO EM CORPOS D'ÁGUA SUPERFICIAIS. **Engenharia Urbana em Debate**. São Carlos, V4, n1, 2023. <https://doi.org/10.59550/engurbdebate.v4i1.69>



## Abstract

Understanding the hydrological behavior of watersheds is important to unravel questions that include the planning and management of water resources. Determining flow rate in rivers and channels is essential to determine surface water availability and comply the multiple uses of water. Diverse instruments and methods can be used in field campaigns of flow rate measurement. Here we carried out a comparative analysis of four methods, the float method, current meter, acoustic and chemical (conservative tracer method) methods, by determining flow rate of surface waters in two stream reaches to verify the behavior and reliability of the different methods to the studied reaches. The chemical method was the most reliable of all methods in both reaches. We present strengths and limitations for all methods in the studied reaches. Considering geometric and hydraulic characteristics of the transversal sections such as width, depth, and velocities are fundamental to choose the methods that can be used with greater confidence to determine flow rate in field situations.

**Keywords:** Hydrometry; Flow rate; Measurement methods; Comparative analysis

## Resumen

La comprensión del comportamiento hidrológico de las cuencas hidrográficas es importante para responder preguntas que abarcan la planificación y gestión de los recursos hídricos. La determinación de caudales en ríos y canales de agua es fundamental para conocer la disponibilidad de agua superficial, con el fin de atender los usos múltiples del agua. Se pueden utilizar varios instrumentos y métodos para ejecutar campañas de medición de flujo. En este trabajo se realizó un análisis comparativo de cuatro métodos de medición, flotador, molinete velocimétrico, método acústico y método químico (método trazador conservativo) a través de la medición de caudal en dos tramos de escorrentía superficial, con el fin de verificar el comportamiento y confiabilidad de los métodos a los casos aplicados. Entre los métodos de medición utilizados, el método químico mostró confiabilidad en ambos tramos. En los tramos donde se aplicaron, se reportan las potencialidades y limitaciones de todos los métodos. La consideración de las características geométricas e hidráulicas de las secciones transversales, como el ancho, la profundidad y la velocidad del flujo, es fundamental para elegir los métodos que se pueden aplicar con mayor confianza para determinar el caudal de agua en condiciones de campo.

**Palabras clave:** Hidrometría; Caudal; Métodos de medición; Análisis comparativo

## 1. INTRODUÇÃO

O levantamento da disponibilidade de água e o uso dos recursos hídricos de forma racional é um assunto que está cada vez mais em pauta nas agendas das sociedades atuais, diante das circunstâncias climáticas e da crescente demanda mundial por esse recurso. Apesar de ser considerado um país com elevada abundância hídrica, por possuir aproximadamente 13% das reservas de água doce do planeta, o Brasil possui algumas regiões em que a escassez de água está presente,

o que pode ser ocasionado por dois principais motivos: problemas climáticos ou consumo populacional elevado (COSTA et al, 2021).

A água é um bem essencial à vida e a sua conservação é de extrema importância para a humanidade. No Brasil, no ano de 1997, com a Lei Federal nº 9.433 (BRASIL, 1997), foi instituída a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), que define como um de seus fundamentos a água como sendo um recurso

natural limitado e dotado de valor econômico. Além disso, a PNRH tem como objetivo assegurar que a atual geração, assim como as futuras, tenha acesso à água de qualidade em quantidade suficiente através da utilização racional e integrada.

O alcance do objetivo da PNRH tem se tornado cada vez mais desafiador devido ao crescente desequilíbrio entre a disponibilidade e demanda hídrica em muitas bacias hidrográficas brasileiras, principalmente aquelas localizadas em grandes centros urbanos. Em algumas regiões a falta de água já não é mais um risco, mas sim uma realidade (CARVALHO et al, 2021; ONS, 2021; HUNT et al, 2022).

Há atualmente 223 “zonas de tensão” permanentes de disputas por água no Brasil, sendo que há dez anos, esse número era apenas 30. As “zonas de tensão” são regiões onde existem conflitos de interesse pelo uso da água e, devido à falta de disponibilidade para atendimento de todos os usos, foram abertos aproximadamente 63.000 Boletins de Ocorrência em delegacias do país nos últimos 5 anos (CAMPOREZ, 2020).

Nesse cenário, o entendimento do comportamento hidrológico, tanto em escalas locais e a nível global, é importante para responder questões hídricas que abarcam o planejamento, bem como a gestão dos recursos hídricos em todas as regiões do mundo (YU et al, 2020; DIXON et al, 2020). O entendimento do comportamento hidrológico relacionado à disponibilidade hídrica superficial depende primordialmente do conhecimento da vazão que escoam pelos rios. A aferição da vazão em corpos d’água, tanto naturais como artificiais, é uma atividade

de relativa complexidade devido ao comportamento dinâmico da vazão resultante de alterações que essa grandeza sofre ao longo do tempo e do espaço, na escala da bacia hidrográfica (NGOMA & WANG, 2018; LE COZ, et al, 2016). Além disso, as propriedades viscosas da água em interação com o substrato levam à formação de um perfil não uniforme de velocidades na seção transversal do canal, resultante essencialmente da propriedade viscosa da água (BIRD et al, 2007; COSTA et al, 2018), de modo que se houver deficiência em sua caracterização poderá haver falhas na determinação da vazão do escoamento.

São inúmeros os instrumentos e formas de medição de vazão em canais que podem ser escolhidos para que seja efetuada uma campanha de aferição (BOITEN 2008; WMO, 2010; FULLER, 2020), sendo que cada forma de medição possui vantagens e desvantagens ao se considerar os custos, características operacionais dos equipamentos e a faixa de medição de vazão (DOBRIYAL et al., 2017). Além disso, devem ser considerados para a definição do tipo de equipamento os erros associados ao próprio instrumento, durante a experimentação e tratamento dos dados. A medição da vazão é comumente realizada utilizando-se métodos de velocidade-área, sendo que diferentes estudos comparativos mostram que, dependendo das condições, diferentes métodos são favorecidos (SOUPIR et al., 2009; HUNDT & BLASCH, 2019; SCHUGERL et al., 2019)

A partir de métodos de medição de vazão como o flutuador, o molinete velocimétrico, o método acústico (ADV) e o método químico (traçador conservativo), foi realizado neste



trabalho uma análise comparativa dos resultados obtidos em campanhas de medição de vazão em dois trechos, sendo um em rio natural e outro em canal artificial, com intuito de verificar as potencialidades e limitações dos métodos aos casos aplicados.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Critérios adotados para a seleção dos trechos de escoamentos**

Os trechos de escoamentos desse trabalho foram selecionados considerando alguns critérios como: facilidade de acesso, trecho não poluído, disposição das margens dos canais predominantemente paralelas e retilíneas, e ausência de zonas de recirculação de água à montante das seções de aferição para reduzir a interferência na qualidade dos dados do método químico, com uso de traçadores conservativos. As zonas de recirculação são regiões do escoamento onde são formados vórtices de água, que podem reter uma parcela de massa do traçador (COSTA et al, 2018; LEVENSPIEL, 1999) e, por consequência, podem ocasionar efeitos deletérios na curva que caracteriza a passagem da pluma do experimento.

O desenvolvimento experimental foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa teve-se o intuito de fazer um teste inicial em um canal natural (trecho do Rio Monjolinho) comparando-se os resultados do método do traçador conservativo (método químico) com o método acústico. O primeiro os autores consideram ser um método que precisa ser mais divulgado, pois é de custo relativamente baixo, apesar de possuir metodologia de aplicação e

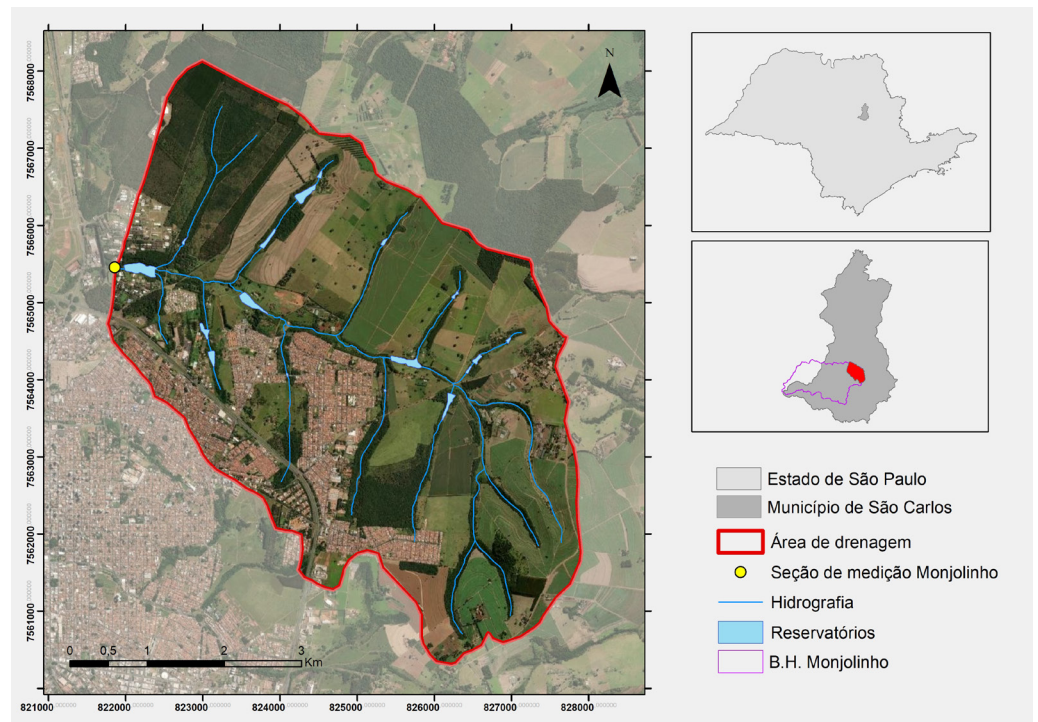
cálculo (tratamento de dados) mais complexa e, por isso, acaba sendo um método menos usual. O segundo (método acústico) por sua vez é mais consolidado no meio técnico, devido a sua facilidade de aplicação e suposta confiabilidade nos resultados obtidos, porém possui um custo relativamente elevado. Havendo a coerência dos resultados nessa primeira etapa, e maior familiaridade com a operação de ambos os equipamentos, os autores optaram por realizarem a segunda etapa do estudo em um canal retilíneo, para eliminar possíveis interferências que podem ser ocasionadas devido a presença de fundos irregulares e zonas de recirculação típicos de canais naturais, e dessa vez comparando-se o uso do traçador conservativo e do método acústico com mais dois métodos, sendo eles o método do flutuador e o molinete velocimétrico.

### **2.2 Área de estudo: trechos selecionados**

Para o desenvolvimento experimental foram utilizados dois trechos de cursos d'água localizados na região norte da área urbana do município de São Carlos, no estado de São Paulo. Um trecho se encontra no Rio Monjolinho, localizado à jusante da represa do *campus* da Universidade Federal de São Carlos. A seção de medição para esse trecho está localizada no mapa apresentado na Figura 1, e possui uma área de drenagem de aproximadamente 26,7 Km<sup>2</sup>.

Uma imagem onde foi definida a seção de medição no Rio Monjolinho está apresentada na Figura 2.

Figura 1. Mapa com a localização da seção de medição no Rio Monjolinho



Fonte: autoria própria.

Figura 2. Imagem do Rio Monjolinho.



Fonte: autoria própria.



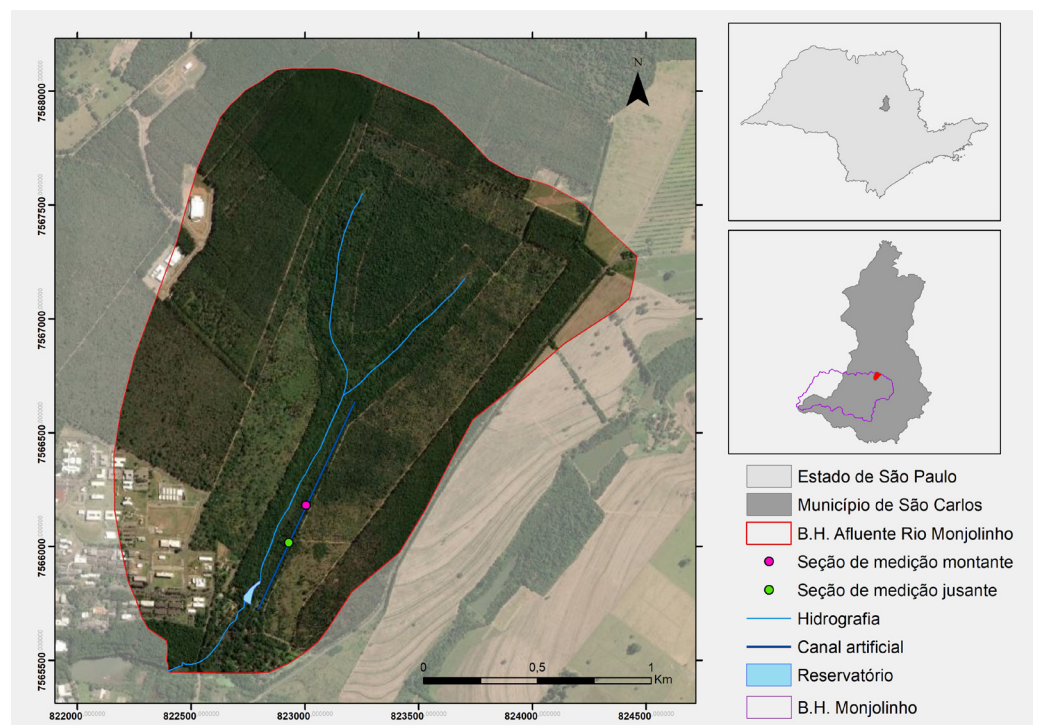
Para esse canal foram utilizados os seguintes métodos de medição da vazão: método químico e método acústico.

O outro trecho que foi definido para esse estudo se encontra em um canal artificial, construído em alvenaria, e está localizado de forma adjacente a um afluente do Rio Monjolinho, que por sua vez possui área de drenagem de aproximadamente 4Km<sup>2</sup>. No trecho do canal artificial, as análises foram divididas em

dois sub-trechos de medição, formados por características bastante distintas quanto à sua rugosidade e composição do fundo. Um sub-trecho está localizado na região de montante e o outro na região de jusante. A localização das seções de medições nos sub-trechos, de montante e de jusante, está apresentada no mapa da Figura 3.

Na Figura 4 estão apresentadas as imagens dos sub-trechos de montante e de jusante.

Figura 3. Mapa com localização das seções de medições nos sub-trechos de montante e jusante.



Fonte: autoria própria.

Figura 4. Imagem do sub-trecho de montante (4a) e sub-trecho de jusante (4b).



Fonte: autoria própria.

Havia a presença de algas no fundo na região montante (Figura 4a), enquanto na região de jusante as algas estavam ausentes e, portanto, o fundo era composto somente pela alvenaria (Figura 4b).

Por ser um canal construído, ou seja, do tipo artificial, o seu fundo e paredes laterais são uniformes. Para esse trecho foram aplicados os seguintes métodos de medição de vazão: flutuador, molinete velocimétrico, método químico e método acústico.

### 2.3 Métodos e instrumentos de aferição utilizados

Os métodos de medição da vazão diferem em relação à forma de determinar a velocidade média da água que passa por uma seção transversal de um canal. Considerando as dimensões fundamentais comprimento [L] e tempo [T], todos os métodos de medição realizados

nesse estudo utilizam a relação entre velocidade [L/T] e área [L<sup>2</sup>] para o cálculo da vazão [L<sup>3</sup>/T]. Desta forma foi primordial conhecimento das áreas das seções transversais em que foram realizadas as aferições, visto que a vazão (Q) pode ser obtida por meio do produto entre a área (A) e a velocidade média do escoamento (V), como apresentado nas Equações 1 e 2:

$$[L^3/T] = [L^2] \cdot [L/T] \quad [1]$$

$$Q = A \cdot V \quad [2]$$

A área da seção transversal é determinada por meio da medição da largura do rio e da profundidade em um número significativo de pontos ao longo da seção, que são chamados de verticais, que determinam os polígonos que compõem a seção transversal. Por outro lado, a velocidade média da água é estimada pelos diferentes métodos descritos a seguir.

### 2.3.1 Método do flutuador

Essa técnica envolve a medição do tempo de percurso de um objeto flutuante entre duas seções de um trecho previamente demarcado, para obter as grandezas necessárias para o cálculo da velocidade, como o comprimento e o tempo. Boiten (2008) sugere que os objetos utilizados como flutuadores fiquem no máximo 25% submersos, sendo preferível imersões menores do que 10% de sua área. Considerando a existência de um perfil não uniforme de velocidades nos escoamentos reais (BIRD et al, 2007), e que o flutuador será arrastado pelas linhas de corrente superficiais, que possuem predominância de velocidades relativamente maiores no âmbito desse perfil, o tratamento de dados provenientes do uso do método do flutuador tem como etapa final a aplicação do fator de correção (EPA, 1997; CETESB/ANA, 2011), com a tentativa de eliminar o efeito de superestimativa da velocidade média aferida. Cetesb/ANA (2011), recomenda o valor de 0,85 como fator corretivo para a estimativa de velocidade média na seção transversal. EPA (1997), por sua vez, recomenda utilizar um coeficiente de correção igual a 0,9 para rios com fundo barrento, e 0,8 para rios com fundo pedregoso. O uso de valores da literatura pode ser aceito quando as características do ambiente analisado, como a composição do fundo do canal, forem semelhantes as características imposta na literatura consultada. No entanto, a estimativa do fator de correção de forma empírica, através de estudos de aferição de vazão é a maneira mais confiável e, portanto, a mais recomendada. Nesse trabalho foi realizada uma análise considerando essas duas formas, onde pôde-se verificar que o uso estrito de consulta

à literatura pode levar a erros de estimativa de vazão significativos.

### 2.3.2 Método do molinete velocimétrico

Este método utiliza a determinação da velocidade de um fluido, por meio de sua correlação com o número de rotações de uma hélice ou conchas de um dispositivo chamado molinete (ABNT/NBR 13403, 1995). Cada rotação do molinete está relacionada com uma distância percorrida por uma partícula de água. O número de rotações medidos em determinada quantidade de tempo resulta na velocidade, de acordo com a curva de calibração do molinete.

Conforme a BS EN ISO 748 (2021), os molinetes devem ser produzidos, calibrados e mantidos de acordo com as normas locais ou do fabricante. Além disso, eles devem ser utilizados apenas para o intervalo em que foram calibrados e com equipamentos complementares similares aos que foram usados no processo de calibração.

Em cada vertical também é realizada a medição da velocidade com molinete hidrométrico, em um número adequado de pontos a diferentes profundidades, que por sua vez irão originar a velocidade média na vertical (SANTOS et al, 2001). O espaçamento e o número de verticais são importantes para a precisão do método de medição de vazão (FULLER, 2020). O número de verticais é estabelecido pelo tamanho, formato e regularidade do perfil de velocidade do corpo d'água.

Os números de posicionamentos do molinete com relação à profundidade da lâmina de água ( $p$ ), foi definida em função da profundidade total



da vertical, conforme metodologia proposta por Santos et al (2001) e Boiten (2008). Por exemplo, a definição "velocidade a 0,2p", significa a que a velocidade foi aferida a 20% de profundidade naquela vertical.

O molinete utilizado nesse trabalho foi o da marca General Oceanics, modelo 2030R, o qual possui rotor de alta velocidade (0,16 – 2,4m/s) (GENERAL OCEANICS, 2018).

### 2.3.3 Método acústico (Doppler)

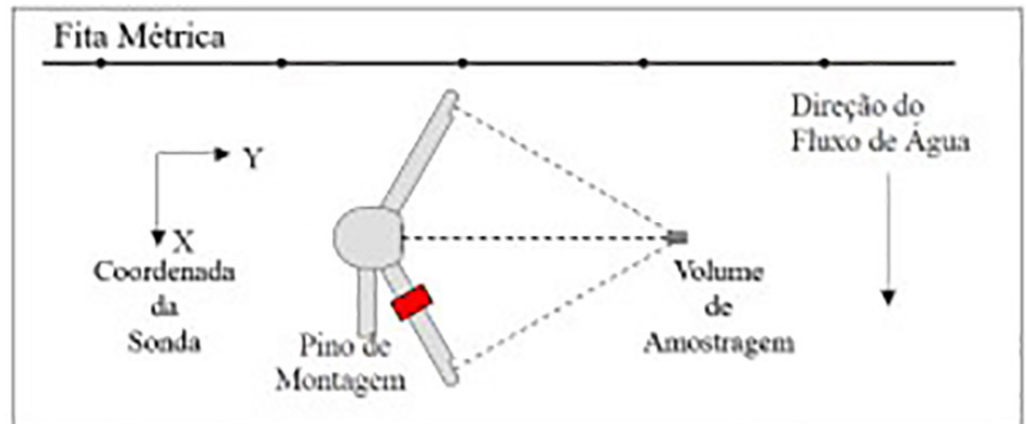
Para esse método foi utilizado o micro ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) FlowTracker® fabricado pela YSI, que faz uma aferição pontual no campo de velocidades e, por isso, possui algumas similaridades com relação aos molinetes velocimétricos quanto ao procedimento experimental em sua aplicação. Por meio da

seção transversal, deve-se realizar medições pontuais nas verticais previamente definidas. Sempre que possível deve ser realizado mais de uma medição em cada ponto, em diferentes profundidades, com o intuito de tornar o resultado mais confiável.

Esse sensor realiza a aferição pontual da velocidade em uma região denominada de "volume de amostragem", que fica localizada a 10 cm do transmissor acústico (SonTek/YSI, 2009), conforme esquema apresentado na Figura 5.

Considerando como referência a direção do fluxo de água, é importante garantir que a fita vermelha presente em um dos transmissores acústicos fique posicionada conforme o esquema apresentado na Figura 5.

Figura 5. Vista superior da sonda FlowTracker com orientação relativa ao fluxo de água.



Fonte: SonTek/YSI (2009).

### 2.3.4 Método químico (Método do traçador conservativo)

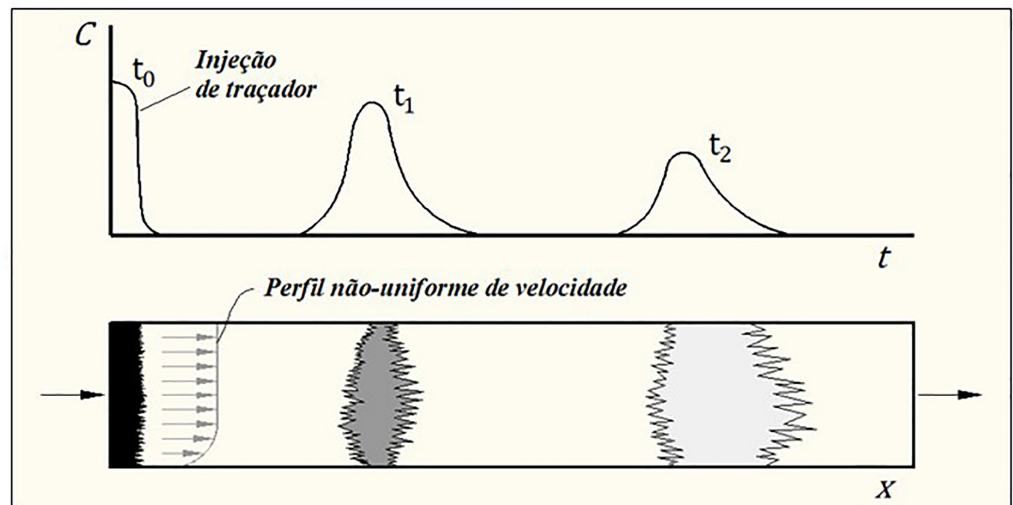
O uso de traçadores para a medição de vazão exige o entendimento dos princípios que envolvem a transferência de massa de substâncias conservativas em escoamentos. Os mecanismos de advecção, difusão molecular e difusão turbulenta governam esse tipo de transporte, e juntos formam o que é denominado de dispersão hidrodinâmica (BIRD et al, 2007; GIORGETTI, 2015). Esse é um método adequado para caracterizar escoamentos não-ideais, principalmente em situações onde há a presença de caminhos preferenciais e zonas de recirculação (LEVENSPIEL, 1999; METCALF & EDDY, 2014).

Neste trabalho o traçador foi lançado na forma de pulso, a partir

de uma solução salina de cloreto de sódio. A concentração utilizada foi de 20 gNaCl/L, sendo esse um valor significativamente abaixo da solubilidade desse sal, que é de 360 gNaCl/L a 20°C. Valores baixos de concentração são recomendados para que seja evitado o efeito de densidade do mesmo ao longo do escoamento, que pode prejudicar a qualidade da curva de curva de passagem da pluma de traçador a ser obtida durante o processo de medição (COSTA, 2015).

Na Figura 6 está apresentado um desenho esquemático típico da concentração (Figura 6a) e do comportamento visual da dispersão do traçador (Figura 6b) ao longo de escoamentos em canais, após a injeção ou despejo de traçador na forma de pulso.

Figura 6. Vista em perfil da seção longitudinal de um escoamento com a representação teórica da variação da concentração ( $C$ ) do traçador ao longo do tempo ( $t$ ) (6a) e do comportamento da massa de traçador ao longo do espaço ( $X$ ) (6b), após a sua injeção ou despejo na forma de pulso.



Fonte: autoria própria.

Como procedimento experimental para esse método obteve-se a velocidade média do escoamento [L/T], por meio da seguinte relação:

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{Distância}}{\text{Tempo (t)}} \quad [3]$$

A distância refere-se ao comprimento entre a seção de lançamento do traçador até a seção de aferição de passagem do mesmo, t é o tempo médio de passagem do traçador. No Rio Monjolinho o lançamento da solução salina ocorreu a uma distância de 39,4 metros da seção de medição de vazão. No canal artificial, a distância entre o lançamento do traçador e a seção de aferição foi de 10 metros.

Com a determinação da área (A) da seção transversal, a Equação 3 pode ser utilizada da seguinte forma:

$$A \cdot \text{Velocidade} = \frac{\text{Distância}}{\text{Tempo (t)}} \cdot A \quad [4]$$

A equação 4 é similar à Equação 5:

$$\text{Vazão (Q)} = \text{Velocidade} \cdot A \quad [5]$$

O tempo médio (t) de passagem da pluma de traçador em uma seção transversal pode ser definido pela Equação 6 ou 7:

$$t = \frac{\int_0^{\infty} t \cdot C \cdot dt}{\int_0^{\infty} C \cdot dt} \quad [6]$$

Sendo C a concentração do traçador no instante de tempo. A equação 6, se discretizada, tem a seguinte forma:

$$t = \frac{\sum t_i \cdot C_i \cdot \Delta t_i}{\sum C_i \cdot \Delta t_i} \quad [7]$$

A forma de aferição da passagem da pluma durante a execução do ensaio foi realizada de modo contínuo, com intervalos de tempo de 5s para o sensor Vernier e 30s para o sensor YSI. Com relação ao tempo total de amostragem recomenda-se que a definição desse período seja equivalente a aproximadamente três vezes o tempo médio estimado de passagem da pluma, para que o declínio da curva seja devidamente caracterizado (COSTA, 2015).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### *Trecho do Rio Monjolinho*

A seção analisada apresentava uma largura de 2,65 m, profundidade média de 0,19 m e declividade do trecho de 0,022 m/m. Para o método acústico foram definidas 9 verticais, o que representa uma quantidade maior do que a mínima recomendada por Santos et al (2001) e Boiten (2008). Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1. A vazão encontrada foi de 24,3 L/s.

Para o método químico, foram estipuladas 2 verticais, de modo que a seção transversal foi dividida em 2 sub-seções iguais, sendo utilizado um condutivímetro para cada sub-seção, posicionados a 0,6p. As verticais foram alocadas a 1/3 de distância da margem mais próxima. Os condutivímetros foram utilizados simultaneamente durante a passagem da pluma. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2. A vazão encontrada foi de 24,7 L/s.

Tabela 1. Resultados do método acústico no Rio Monjolinho.

Vertical	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
Distância da margem (m)	0,15	0,4	0,7	1	1,3	1,6	2	2,24	2,5	2,5
Profundidade (m)	0,18	0,22	0,24	0,24	0,25	0,26	0,2	0,13	0	NA
Largura da vertical (m)	0,2	0,275	0,3	0,3	0,3	0,35	0,32	0,25	desprezad	NA
Área da sub-seção (m <sup>2</sup> )	0,036	0,060	0,072	0,072	0,075	0,091	0,064	0,032	desprezad	0,503
Velocidade a 0.2p (m/s)	0,09	0,102	0,084	0,081	0,089	0,051	0,021	0,018	0	NA
Velocidade a 0.8p (m/s)	0,056	0,017	0,02	0,023	0,046	0,029	0,024	0,007	0	NA
Velocidade média na vertical (m/s)	0,073	0,059	0,052	0,052	0,067	0,04	0,022	0,012	0	NA
Vazão na sub-seção (m <sup>3</sup> /s)	0,002	0,003	0,003	0,003	0,005	0,003	0,001	0,000	0	0,0243
Vazão na sub-seção (L/s)	2,63	3,60	3,74	3,74	5,06	3,64	1,44	0,41	0	24,3

NA = não se aplica.

Fonte: autoria própria.

Tabela 2. Resultados do método químico no Rio Monjolinho.

Condutivímetro	Área da sub-seção (m <sup>2</sup> )	Tempo médio de passagem da pluma: t (s)	Velocidade (m/s)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Vazão média na seção total (L/s)
YSI	0,2515	803,6	0,0490	24,66	24,7
Vernier	0,2515	803,1	0,0491	24,68	

Fonte: autoria própria.

A curva de sólidos dissolvidos totais adimensional (SD<sub>adm</sub>) para cada sensor foi obtida através da equação 8:

$$SD_{adm} = \frac{SD}{SD_{máximo}} \quad [8]$$

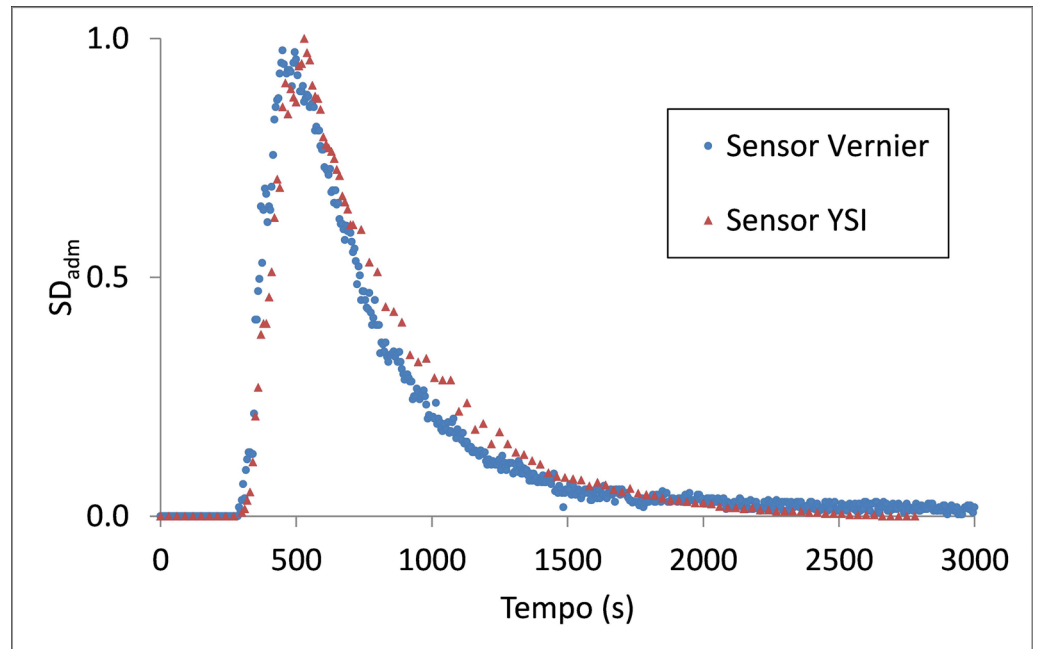
Em que SD se refere a quantidade de sólidos dissolvidos totais (mg/L) aferida no instante de tempo, e SD<sub>máximo</sub> se refere ao valor máximo de sólidos dissolvidos totais (mg/L) que foi encontrado durante o tempo total de amostragem.

As curvas de passagem com a concentração dos sólidos dissolvidos totais adimensional (SD<sub>adm</sub>) da pluma do traçador conservativo para os dois sensores foram muito similares, e podem ser verificadas na Figura 7. A vazão encontrada

pele método químico foi de 24,7 L/s, uma diferença de apenas 1,6% em relação à aferição usando-se o método acústico.

Ambos métodos apresentam resultados muito próximos dos valores de vazão, especialmente considerando-se canais mais homogêneos e de maior profundidade, como o analisado aqui (NORD et al., 2014; SCHUGERL et al., 2019). Entretanto, em situações de campo com maiores números de eventos de medição, o método da diluição pode apresentar grande erro relativo, enquanto em alguns casos o método acústico pode superestimar a vazão mensurada (SOUPIR et al., 2009). Desta forma, comparamos estes métodos com dois outros métodos adicionais em situações de diferentes composições do substrato e profundidade, conforme descrito abaixo.

Figura 7. Curvas de passagem do traçador conservativo para os dois condutivímetros utilizados.



Fonte: autoria própria.

A diferença encontrada para os valores de vazão com uso do método acústico (24,3 L/s) e do método químico (24,7 L/s) foi de apenas 1,6%, indicando haver aderência entre os resultados.

#### *Trecho do Canal Artificial*

O canal é definido com seção retangular com largura de 43 cm e declividade média de 0,032 m/m. No sub-trecho de montante, com a presença de algas, a profundidade da lâmina de água encontrada foi de 11 cm. No sub-trecho de jusante, sem a presença de algas, foi encontrada uma profundidade de 7 cm. Como a distância entre o início do sub-trecho de montante e o final do sub-trecho de jusante foi de apenas 20 metros, foram desconsiderados, para efeito de cálculos, as perdas por evaporação ou contribuições subterrâneas ao

longo do escoamento. Assim, a partir dessas considerações, considerou-se como válida a aplicação da equação da continuidade, nos sub-trechos de montante e de jusante, da seguinte forma:

$$V. A_{\text{sub-trecho de montante}} = V. A_{\text{sub-trecho de jusante}} \quad [9]$$

Deste modo, uma maneira de checar a confiabilidade dos resultados de medição de vazão para cada método aplicado no canal artificial, considerando o princípio da conservação da massa pressuposto na Equação 9, é que os valores de vazão obtidos à montante e a jusante devem ser iguais.

Os resultados encontrados para os métodos aplicados nos sub-trechos do canal artificial estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados das medições de velocidade e vazão no canal artificial.

<b>Sub-trecho de montante</b>			<b>Sub-trecho de jusante</b>		
<b>(com algas)</b>			<b>(sem algas)</b>		
Método	Velocidade Média (m/s)	Vazão média (L/s)	Método	Velocidade Média (m/s)	Vazão média (L/s)
Químico	0,169	8,0	Químico	0,263	7,9
Flutuador (sem fator de correção)	0,318	15,0	Flutuador (sem fator de correção)	0,357	10,8
Flutuador (fator de correção 0,85)	0,270	12,8	Flutuador (fator de correção 0,85)	0,303	9,2
Molinete	0,153	7,3	Molinete	0,193	5,8
Hidrométrico Acústico	0,196	9,3	Hidrométrico Acústico	0,191	5,7

Fonte: autoria própria.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 1, com relação ao método acústico houve divergências entre os resultados de vazão encontrados para os dois sub-trechos, sendo 9,3 L/s para o sub-trecho de montante e 5,7 L/s para o sub-trecho de jusante, uma diferença de 38,7%, quando espera-se encontrar equivalência nos resultados considerando os princípios que regem a equação da continuidade, na forma apresentada pela Equação 9. Dentre os motivos que podem ter ocasionado essa diferença relatam-se as dificuldades operacionais inerentes encontradas em campo, quanto a certeza do posicionamento do equipamento na seção transversal do canal. De acordo com a metodologia empregada, deve-se haver um posicionamento

preciso do "volume de amostragem" (Figura 5) do FlowTracker durante a medição, principalmente por se tratar de um canal com pequenas dimensões como esse pois, devido ao perfil não-uniforme de velocidades, o posicionamento inadequado do equipamento pode ocasionar importantes desvios na idealidade dos resultados. Ressalta-se que o "volume de amostragem" do FlowTracker não é possível de ser visualizado, sendo esse um fator que pode contribuir para os erros de medição, principalmente em se tratando de canais ou rios de pequeno porte. Em comparação com o método do traçador, SCHUGERL et al. (2019) verificaram que o ADV pode resultar em maiores ou menores estimativas de velocidade média, dependendo



das condições do fluxo de água e homogeneidade do canal. Por outro lado, *NORD et al. (2014)* verificaram que equipamentos do tipo Doppler podem subestimar as velocidades do fluxo na presença de sedimentos e partículas finas sendo transportados pela água. Desta forma, diferentes métodos podem ser mais precisos dependendo das condições de campo, como a presença de vegetação aquática ou outros obstáculos que dificultem a obtenção de medições com o ADV, ou diluição e transporte corretos ao se usar o método do traçador.

Com relação ao flutuador, verifica-se que este foi o método que apresentou a maior discrepância entre os resultados obtidos, comparando-se os sub-trechos de montante e jusante para o mesmo método. Isso se justifica pelo fato de que ao realizar a sua trajetória na superfície da água, o flutuador se encontra em uma região com elevados valores de velocidades, que geralmente são próximos ou iguais à velocidade máxima da seção. Considerando ainda a particularidade de haver algas presentes no fundo do canal no sub-trecho de montante, que ocupavam em torno de 50% do perfil inferior da lâmina de água, isso favoreceu bastante a resistência ao escoamento na região inferior da seção, havendo o efeito compensatório de velocidades muito elevadas na região superior da seção transversal por onde o objeto flutuante se posicionou. Em estudos de campo, o método dos flutuadores pode apresentar alta acurácia quando comparado a medições diretas da vazão em cursos d'água, especialmente considerando-se maiores profundidades (*HUNDT & BLASCH, 2019; SOUPIR et al., 2009*). O método dos flutuadores possui a vantagem de ter um

custo relativamente muito baixo, entretanto necessita ser aplicado mediante estudos que determinem ou preveem o fator de correção da vazão do escoamento que está sendo analisado, para que não ocorra a superestimativa dos valores encontrados. Neste trabalho, no sub-trecho de montante, em que houve a presença de algas no fundo do canal, o fator de correção encontrado para o método do flutuador foi de 0,53. No sub-trecho de jusante, com o fundo limpo construído em alvenaria, o fator de correção encontrado para o método flutuador foi de 0,73. Esses fatores de correção foram calculados tomando-se como referência os resultados obtidos com o uso do método químico, pois verifica-se que este foi o método que mais obteve confiabilidade em seus resultados, considerando o princípio de conservação da massa. Esses fatores de correção encontrados, tanto para o sub-trecho de jusante quanto para o sub-trecho de montante, foram menores do que os sugeridos na literatura por *CETESB/ANA (2011)* (fator de correção 0,85) e *EPA (1997)* (fator de correção 0,9 a 0,8). Isso significa que, para o caso do canal artificial, se a correção de vazão for realizada a partir de valores de referência da literatura consultada, ainda assim haverá a superestimativa da mesma. Na Tabela 3, não foi apresentado o cálculo de correção da vazão a partir do fator proposto por *EPA (1997)*, pois as características do fundo do canal artificial estudado não se assemelham com os dois tipos de formação propostos nessa referência.

Os resultados obtidos com o molinete velocimétrico também não foram similares ao comparar os sub-trechos de montante e jusante, não atendendo ao princípio da equação

de continuidade. Relata-se que durante o seu posicionamento e medição nas seções transversais do canal, o equipamento não realizou as rotações da hélice de maneira adequada, pois houveram algumas colisões do mesmo com o fundo do canal na lâmina de 7 cm, o que possivelmente contribuiu com a subestimativa da velocidade. Também foi possível observar que no outro trecho, com 11 cm de lâmina, as algas reduziram significativamente a velocidade do escoamento na região inferior da seção, podendo ter ficado abaixo do limite de sensibilidade do equipamento. Dentre os métodos de medição utilizados nesse trabalho, o uso do molinete velocimétrico é um método relativamente de baixo custo, quando comparado com o método acústico, porém de custo mais elevado que o flutuador, e com custo similar ao método químico. Ressalta-se que o molinete utilizado possui elevada confiabilidade relatada em literatura (SOUPIR et al., 2009) e também conforme verificado pelos autores do presente trabalho em outras condições experimentais. A partir das observações realizadas em campo, os autores entendem que a condição ideal para aplicação do molinete utilizado é que o mesmo seja aplicado com lâmina líquida mínima do escoamento a partir de 10 cm. Entende-se que o seu uso em condições de lâminas menores do que 10 cm deve estar condicionado a uma análise de seu comportamento por meio de processos de validação.

Com relação ao método químico, a diferença encontrada para os valores de vazão, nos sub-trechos de montante (8,0 L/s) e de jusante (7,9 L/s), foi de 1,3%. Assumindo os possíveis erros que podem existir em uma campanha de medição de vazão, essa diferença é consideravelmente

pequena ou insignificante. Assim, verifica-se que, dentre os métodos utilizados, o método químico foi o que mais se aproximou da condição de atender o princípio da equação de continuidade. Esse método tem como vantagem ser capaz de aferir escoamentos com velocidades muito baixas, em faixas geralmente não detectáveis por molinetes velocimétricos. Em escoamentos com velocidades elevadas ele também pode ser utilizado, entretanto, nesses casos deve-se ter o cuidado para que a frequência de amostragem seja compatível com o tempo de passagem da pluma de traçador. Em ambas as condições (baixa e alta velocidade), o método da diluição apresentou menos erros que o ADV em condições de campo (SU & LANGHAMMER, 2014). Como diretriz inicial pode-se considerar que será necessário um tempo total de aferição em torno de três vezes o tempo médio de passagem da pluma. O método químico possui como desvantagens a necessidade de preparação da solução contendo o traçador conservativo e também, durante sua aplicação no campo, é necessária a atenção sobre duas seções transversais, sendo a de lançamento do traçador e, mais a jusante, a de sua aferição onde deve ser posicionado o sensor ou amostrador. Essas condições podem exigir a necessidade de mais pessoas do que quando comparado com o método do molinete velocimétrico. Quanto à instrumentação envolvida, o seu custo é equivalente ao método do molinete.

De acordo com a revisão de DOBRIYAL et al. (2017), os diferentes métodos usados no presente estudo apresentam diferenças em diversos aspectos. Estes autores consideraram que os métodos químico e do

flutuador teriam menor acurácia que os métodos acústico e do molinete velocimétrico, mas teriam menor custo. O método químico teria maior impacto no ambiente (dependendo da composição do traçador) e maior dificuldade operacional para obtenção de dados de campo. Por outro lado, diferentes estudos comparativos que avaliaram diferentes métodos em campo chegaram a conclusões diversas, como descrito acima. Desta forma, dependendo das condições de campo e dos recursos disponíveis, diferentes métodos podem ser mais efetivos para medições adequadas da vazão de cursos d'água.

#### 4. CONCLUSÕES

Com os ensaios realizados nesse trabalho foi possível conhecer potencialidades e limitações sobre os métodos utilizados. Mediante os pressupostos assumidos e condições analisadas, o método químico apresentou confiabilidade de aplicação nos dois tipos de escoamentos que ocorreram no canal artificial e no rio natural.

Nos estudos desenvolvidos, para o método simplificado do flutuador, recomenda-se o uso do fator de correção 0,73, para canal com fundo em alvenaria e 0,53, para canal com fundo em alvenaria com a presença de algas.

Verifica-se que para o planejamento experimental de campanhas de medição de vazão é importante que na fase de seleção dos métodos sejam considerados os custos envolvidos com a instrumentação, a viabilidade de sua aplicação considerando as características da seção de medição como largura e profundidade da lâmina de água, e também, as faixas de velocidade do escoamento.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de iniciação tecnológica concedida ao terceiro autor; à Profa Dra. Sonia Maria Couto Buck do Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos por viabilizar a realização de alguns ensaios deste trabalho; à Dra. Débora Bessi do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos pela ajuda na coleta de dados do Rio Monjolinho.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13403: *Medição de vazão em efluentes líquidos e corpos receptores - Escoamento livre - Procedimento*. Rio de Janeiro. 1995.

BIRD, R.B.; STEWART, W.E. & LIGHTFOOT, E.N. *Transport phenomena*, 2nd ed, 2007.

BOITEN, W. *Hydrometry: A Comprehensive Introduction to the Measurement of Flow in Open Channels*. CRC Press/Balkema, 3rd Edition, 2008.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. *Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1997.

BS EN ISO 748. *Hydrometry — Measurement of liquid flow in open channels — Velocity area methods using point velocity measurements*, 2021.

CAMPOREZ, P. Sede, escassez e

- mortes no interior do Brasil. *Jornal: O Estado de S. Paulo, São Paulo*, 02 de fev. de 2020.
- CARVALHO, A. P. P. et al. Potential water demand from the agricultural sector in hydrographic sub-basins in the southeast of the state of São Paulo-Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 319, n. January, p.1-15, 2021.
- CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO/ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimentos, comunidade aquáticas e efluentes líquidos*. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.
- COSTA, D.J.L. *Modelo Matemático para Avaliação Hidrodinâmica de Escoamentos em Regime Não-permanente*. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.
- COSTA D.J.L. et al. Hydrodynamic evaluation of retention time in non-steady state reactors using the N-CSTR model and numerical simulation. *Desalination and Water Treatment*, v.132, p.30-41, 2018.
- COSTA, D.J.L. et al. Medição do consumo de água em propriedades rurais: desafios e alternativas tecnológicas. In: PALHARES, J.C.P., *Produção animal e recursos hídricos: uso da água nas dimensões quantitativa e qualitativa e cenários regulatórios e de consumo*. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 97 – 156.
- DIXON, H. et al. Intergovernmental cooperation for hydrometry – what, why and how? *Hydrological Sciences Journal*, Special Issue: Hydrological data: Opportunities and barriers, 2020.
- Dobriyal, P., Badola, R., Tuboi, C., & Hussain, S. A. A review of methods for monitoring streamflow for sustainable water resource management. *Applied Water Science*, 7(6), 2617-2628, 2017.
- EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Stream Flow. In: *Office Of Water: Monitoring Water Quality. Volunteer stream monitoring: a methods manual*. Washington: EPA, 1997.
- FULLER, D. *Hydrometry: Principles and Practice*. Callisto Reference, 2020.
- GENERAL OCEANICS. *Operators Manual: Digital Flowmeter Mechanical and Electronic 2030 and 2031 Series*, 2018.
- GIORGETTI, M.F. *Fundamentos de fenômenos de transporte para estudantes de engenharia*. 1ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- HUNT, J. D. et al. Energy crisis in Brazil: Impact of hydropower reservoir level on the river flow. *Energy*, v. 239, 2022.
- HUNDT, S., & BLASCH, K. Laboratory assessment of alternative stream velocity measurement methods. *PloS One*, 14(9), e0222263.019. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222263>. Acesso em 12 jun. 2022.
- LE COZ, J. et al. Estimating the Uncertainty of Streamgauging Techniques Using In Situ Collaborative Interlaboratory Experiments. *Journal of Hydraulic Engineering*, 142 (7),

2016. DOI: <https://doi.org/10.1061/29HY.1943-7900.0001109>. Acesso em 12 jun. 2022
- LEVENSPIEL, O. *Chemical reaction engineering*, 3rd ed., New York: Wiley & Sons Inc., 1999.
- METCALF & EDDY, Inc. *Wastewater engineering: treatment and resource recovery*. McGraw-Hill, 5ª ed., 2014.
- NGOMA, D.; WANG, Y. Hhaynu micro hydropower scheme: Mbulu – Tanzania comparative river flow velocity and discharge measurement methods. *Flow Measurement and Instrumentation*, vol. 62, p 135-142. 2018.
- NORD, G. et al. Applicability of acoustic Doppler devices for flow velocity measurements and discharge estimation in flows with sediment transport. *Journal of Hydrology*, 509, 504-518, 2014.
- ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. *Nota à Imprensa - Esclarecimentos em relação à nota técnica sobre avaliação das condições de atendimento eletroenergético do sistema interligado nacional - Estudo prospectivo junho a novembro de 2021*. Disponível em: <http://www.ons.org.br/Paginas/Noticias/Nota-a-imprensa-Esclarecimentos-em-relacao-a-nota-tecnica-Avaliacao-das-Condicoes-de-Atendimento-Eletroenergetico-do-SIN.aspx>. Acesso em: 13 mai. 2022.
- SANTOS, I. et al. *Hidrometria Aplicada*. Curitiba: LACTEC - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001.
- SCHUGERL, R., VELISKOVA, Y., & KIMLICKOVA, T. Comparison of the discharge and flow velocity values determined by ADV device and indicator method. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science* (Vol. 362, No. 1, p. 012056). IOP Publishing, 2019.
- SONTEK/YSI. *Manual do usuário do ADV® de mão do FlowTracker®*. YSI Environmental Company, 2009.
- SOUPIR, M. L., MOSTAGHIMI, S., & MITCHEM, JR, C. E. A comparative study of stream-gaging techniques for low-flow measurements in two Virginia tributaries 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 45(1), 110-122, 2009.
- SU, Y. & LANGHAMMER, J. (2014). Feasibility of using a salt tracer dilution method to estimate stream flow in small mountainous catchments in the Sumava Mountains. *Proceedings of the 2nd Biannual CER Comparative European Research Conference*. p. 106-109.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. *Manual on Stream Gauging*. Chairperson, Publications Board, Geneva 2, Switzerland, 2010.
- YU, Z. et al. Preface: Hydrological processes and water security in a changing world. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, v. 383, n. 4, p. 3-4, 2020.

# AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA INDÚSTRIAS LOCALIZADAS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO (RMRJ)

*Water supply economical assessment for industries located in the Rio de Janeiro Metropolitan Region (RJMR)*


*Evaluación económica del suministro de agua para las industrias ubicadas en la Región Metropolitana de Río de Janeiro (RMRJ)*


**PARANHOS, G. R. S.<sup>1</sup>; ZANELLA, L.<sup>2</sup>**

## Resumo

Indústrias em operação e em fase de instalação da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) encontram-se em situação eminente de escassez hídrica, concorrendo com o abastecimento humano em relação à captação de águas doces superficiais. Estas indústrias devem optar por alternativas de adução de água que promovam o equilíbrio entre disponibilidade e demanda, assim como a conservação dos recursos hídricos no estado. A pesquisa apresentada desenvolve uma avaliação econômica de alternativas de abastecimento de água para indústrias localizadas na RMRJ, principalmente nas proximidades da Baía de Guanabara. São avaliadas alternativas de abastecimento a partir da captação de água bruta superficial, dessalinização de água do mar e reúso de água tratada em Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) da RMRJ, que podem ser implementadas em conjunto ou de forma independente. Os cenários de oferta de água para as alternativas de abastecimento consideram vazões entre 1.000 m<sup>3</sup>/h (0,28 m<sup>3</sup>/s) até 2.000 m<sup>3</sup>/h (0,56 m<sup>3</sup>/s). Os cálculos financeiros foram realizados sobre despesas de capital (CAPEX) e despesas operacionais (OPEX) dos sistemas de abastecimento acrescidos de tributos, considerando o tempo de depreciação de ativos de 20 anos (período de concessão) e a amortização de diferido de 5 anos. Os resultados indicam a proposta de reúso de águas provenientes de ETEs municipais para finalidades industriais como a alternativa mais atrativa do ponto de vista econômico.

**Palavras-chave:** Escassez hídrica; alternativas de abastecimento de água; captação de água bruta; dessalinização; reúso industrial.

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Química, Universidade Federal de São Paulo.  orcid: [0009-0009-1131-5503](https://orcid.org/0009-0009-1131-5503) grsparanhos@gmail.com

<sup>2</sup>Prof. Dr. do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Centro Tecnológico do Ambiente Construído.  orcid: [0000-0002-4380-7096](https://orcid.org/0000-0002-4380-7096) lucianoz@ipt.br

Data da Submissão:  
30junho2022  
Data da Aprovação:  
14abril2023  
Data da Publicação:  
22junho2023

COMO CITAR:

PARANHOS, G. R. S.; ZANELLA, L.. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA INDÚSTRIAS LOCALIZADAS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO (RMRJ). **Engenharia Urbana em Debate**. São Carlos, V4, n1, 2023. <https://doi.org/10.59550/engurbdebate.v4i1.70>





## Abstract

Industries in operation and in the installation phase of the Rio de Janeiro Metropolitan Region (RJMR) have been facing an imminent situation of water scarcity, competing with the human supply for surface fresh water. These industries should develop water supply alternatives, aiming at a balance between availability and demand, as well as the conservation of water resources in the state. The research presented develops a economical assessment of water supply alternatives for RMRJ industries, mainly near Guanabara Bay. Water supply alternatives are evaluated due to abstraction of raw water from the Guandu River; desalination of sea water of Guanabara Bay and reuse of final effluents from Waste Water Treatment Plants (WWTPs) of RJMR, which can be implemented together or independently. Water provision scenarios for the supply alternatives consider flows between 1,000 m<sup>3</sup>/h (0.28 m<sup>3</sup>/s) to 2,000 m<sup>3</sup>/h (0,56 m<sup>3</sup>/s). Financial analysis were made based on capital expenditure (CAPEX) and operating expense (OPEX) of water supply systems plus taxes, considering an asset depreciation time over 20 years (concession period) and amortization of deferred over 5 years. Results indicate the proposal to reuse water from municipal WWTPs for industrial use as the most attractive alternative from an economic point of view.

**Keywords:** Water scarcity; water supply alternatives; raw water intake; desalination; industrial reuse.

## Resumen

Las industrias en funcionamiento y en proceso de instalación en la Región Metropolitana de Río de Janeiro (RMRJ) se encuentran en una situación eminente de escasez de agua, compitiendo con el abastecimiento humano en relación a la captación de agua dulce superficial. Estas industrias deben optar por alternativas de abastecimiento de agua que promuevan el equilibrio entre la disponibilidad y la demanda, así como la conservación de los recursos hídricos en el estado. La investigación presentada desarrolla una evaluación económica de alternativas de abastecimiento de agua para industrias localizadas en la RMRJ, principalmente cerca de la Bahía de Guanabara. Se evalúan alternativas de abastecimiento de agua a partir de la captación de agua cruda superficial, desalinización de agua de mar y reutilización de agua tratada en Plantas de Tratamiento de Efluentes (ETEs) de la RMRJ, que pueden ser implementadas en conjunto o de forma independiente. Los escenarios de abastecimiento de agua para las alternativas de suministro consideran caudales entre 1.000 m<sup>3</sup>/h (0,28 m<sup>3</sup>/s) hasta 2.000 m<sup>3</sup>/h (0,56 m<sup>3</sup>/s). Los cálculos financieros se realizaron sobre los gastos de capital (CAPEX) y de operación (OPEX) de los sistemas de abastecimiento más impuestos, considerando un tiempo de depreciación de los activos de 20 años (período de concesión) y una amortización de los activos diferidos de 5 años. Los resultados señalan la propuesta de reutilización del agua de las depuradoras municipales para usos industriales como la alternativa más atractiva desde el punto de vista económico.

**Palabras clave:** Escasez de agua; alternativas de suministro de agua; captación de agua bruta; desalinización; reutilización industrial.

## 1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o uso da água está disseminada no conjunto da indústria brasileira, sobretudo as hidrointensivas (CNI, 2012; LIMA, 2018) e que têm operações em zonas de escassez hídrica (CNI, 2012; BRASIL, 2017). A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) formada por 22 municípios (RIO DE JANEIRO, 2018) encontra-se em situação de criticidade qualitativa de água (BRITTO, 2016). A RMRJ é altamente povoada e concentra indústrias responsáveis por destacar o Estado do Rio de Janeiro como produtor do segundo maior PIB industrial do Brasileiro (IBGE, 2022). As demandas hídricas para as atividades industriais na RMRJ concorrem com o abastecimento público (BRASIL, 2015; BRITTO, 2016). A projeção é de falta d'água no estado em 2035, quando a demanda para o consumo urbano será superior à oferta projetada (FIRJAN, 2015). Face à disputa de águas superficiais

entre abastecimento industrial e o consumo humano, estratégias de abastecimento de água industrial devem considerar alternativas diferentes da captação de água bruta superficial.

Em regiões costeiras, a dessalinização da água salgada do mar, das águas salobras superficiais ou subterrâneas, pode ser utilizada para abastecimento hídrico humano ou industrial. As tecnologias de dessalinização da água são enquadradas em processos térmicos ou processos de separação por membrana (BURGARDT, 2017). Na dessalinização de águas salobras e salgadas, os processos por membrana apresentam vantagens técnicas e financeiras em comparação com os processos térmicos (MOREIRA *et al.*, 2018).

Em regiões densamente povoadas, a estratégia de reúso de águas inicialmente consideradas inservíveis ao abastecimento humano, como águas tratadas em estações de tratamento de esgotos municipais, torna-se bem avaliada para o abastecimento da indústria (MIERZWA; HESPANHOL, 2005). A prática de reúso apresenta justificativas auspiciosas, tais como: menor risco contra a falta de suprimento de água de outras fontes, a preservação de fontes de qualidade elevada, proteção ambiental, tendência de economia de recursos e benefícios sociais, e valorização da imagem da empresa junto à sociedade (HESPANHOL; GONÇALVES, 2004).

O presente estudo desenvolve a avaliação financeira de três alternativas de abastecimento de água industrial na região da Baixada Fluminense, a saber: 1) captação de água bruta do rio Guandu; 2)

dessalinização de água do mar; 3) reúso de água tratada em Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) da RMRJ. As premissas de suprimento hídrico consideram a qualidade de água para fins industriais (água industrial), em cenários de vazões de 1.000 m<sup>3</sup>/h (0,28 m<sup>3</sup>/s) e 2.000 m<sup>3</sup>/h (0,56 m<sup>3</sup>/s).

As avaliações financeiras consideram apenas os custos dos sistemas de tratamento. Não são contemplados os custos do sistema adutor, que consiste de estação elevatória e tubulações adutoras para transferência das águas até as plantas de tratamento e para os locais de utilização das águas tratadas, bem como os custos dos emissários de rejeitos. O estudo tem vistas para segurança hídrica do setor industrial presente na RMRJ e a garantia dos usos múltiplos da água, em perspectiva econômica de desenvolvimento sustentável.

## 2. MÉTODOS

### 2.1 Dimensionamento de Sistemas de Tratamento de Águas

Para cada alternativa de abastecimento foram concebidos pré-projetos de tratamento de águas e realizadas análises econômico-financeiras, que permitem a comparação da oferta de água e dos custos envolvidos. O presente estudo analisou os cenários de abastecimento em vazões de 1.000 m<sup>3</sup>/h (0,28 m<sup>3</sup>/s) e 2.000 m<sup>3</sup>/h (0,56 m<sup>3</sup>/s), de acordo com a disponibilidade do recurso hídrico e as características técnicas das alternativas de abastecimento.

Após elaboração do dimensionamento do sistema, para composição de custos do processo de tratamento, foram consultadas empresas de engenharia

e fornecedoras de equipamentos reconhecidas no mercado brasileiro, que fazem parte da lista de opções de fornecedores (vendor list) das principais empresas de sistemas de tratamento de águas e efluentes. Todos os valores reportados são referenciais para composição de custos e não possuem as margens utilizadas pelas empresas fabricantes (Original Equipment Manufacturers - OEMs).

## 2.2 Análise Financeira

A análise de custos de investimento (CAPEX) dos sistemas de tratamento de águas toma como premissa preços médios de equipamentos de tratamento de água disponíveis para o mercado brasileiro praticados nos anos de 2020 e 2021, revisados em 2022, os gastos em construção civil, tubulações e válvulas, componentes de elétrica, instrumentação e controle, montagem eletromecânica, posta em marcha, pré-operação e assistência técnica, serviços de engenharia e coordenação.

Para os custos de construção civil, foram estimados os volumes de concreto de cada planta, a partir das dimensões dos tanques, e utilizado um custo de R\$ 5.000,00/m<sup>3</sup> concreto, no qual já estão embutidos valores de supervisão de obra, formas, mobilização, etc. Para a posta em marcha, pré-operação e assistência à partida foi previsto o acompanhamento de um técnico até o início do processo.

Para as propostas de equipamentos a serem importados apresentadas em dólares (US\$), foi utilizada cotação de R\$ 5,30/US\$ atingida entre os anos de 2020, 2021 e 2022, para conversão em reais (R\$). No cálculo do custo em reais, também

é necessário adicionar os impostos brasileiros pertinentes, bem como custeio de trâmite portuário e frete até o cliente final. Considera-se para os equipamentos importados um Ex-Tarifário especial, que reduz o custo do imposto de importação.

Os custos de operação (OPEX) consideram bens consumíveis e serviços prestados, como:

- Operadores (custos diretos);
- Custo de insumos (energia elétrica; outros);
- Custos de produtos químicos utilizados;
- Controle de qualidade (laboratório e certificações);
- Custos de disposição de lodo;
- Custos de manutenção;
- Outros custos necessários (custos indiretos de gerenciamento, engenharia e administração).

Para cálculos do custo de energia utilizada em equipamentos de tratamento e bombas foram utilizadas as tarifas ALTA TENSÃO - ESTRUTURA HORO-SAZONAL AZUL da LIGHT, estabelecidas pela Revisão Tarifária Periódica de 2022 da Light SESA. Para equipamentos de tratamento e bombas em operação contínua foram consideradas 20 horas diárias em jornada fora de ponta e 4 horas diárias em jornada de ponta.

Os cálculos financeiros foram realizados sobre CAPEX e OPEX das alternativas de abastecimento acrescidos de tributos, considerando o tempo de depreciação de ativos de 20 anos (período de concessão) e a

amortização de diferido de 5 anos.

O Retorno sobre Investimento (*Return on Investment* - ROI) exigido do investimento em capital próprio é o que será utilizado para o cálculo da tarifa de equivalência financeira. Esta taxa é característica de cada empreendedor e também do tipo de projeto estudado, mais especificamente como o projeto altera o nível de risco sistemático do empreendedor. No Brasil constata-se que para a concessão de estradas e sistemas de água em projetos estruturados o ROI tem sido da ordem de 14% após a consideração do imposto de renda. Recentemente, a economia brasileira mostra brusca variação no comportamento das taxas de juros, em função da taxa básica da economia. A expectativa é que estas concessões venham a operar com taxas de juros mais baixas do que as históricas observadas. Neste sentido, considera-se a taxa de 16% a.a (real e após imposto de renda) como adequada para o cálculo das tarifas de equilíbrio.

Durante o período de concessão, foi atribuído um percentual de 2,0% do valor do CAPEX ao ano em reinvestimentos para recomposição de ativos, e a taxa de financiamento com valor de 6,7% a.a. sobre o valor total de investimento.

Foram considerados como impostos incidentes sobre a renda de água o PIS/COFINS de 9,25%. e ICMS de 19%. A inclusão ou não do imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (ICMS) deverá ser detalhadamente estudada por tratar-se de "água de reúso". Considera-se duas situações: com e sem ICMS, que são aplicadas também para captação de água bruta do Rio Guandu e para dessalinização. A alíquota do Imposto

de Renda de Pessoa Jurídica (IRPJ) adotada é de 32%.

A análise de investimento é disponibilizada em quadros comparativos de CAPEX, OPEX e da tarifa de equilíbrio das alternativas de abastecimento, e permite a interpretação das opções de investimento mais vantajosas.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

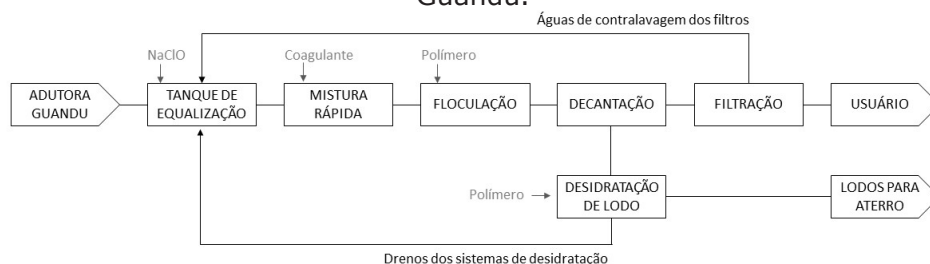
#### **3.1. Captação de Água Bruta do Rio Guandu**

Para a qualidade de água bruta do Rio Guandu, considera-se um sistema de tratamento baseado na clarifloculação, composto pelas seguintes etapas de processo:

- Uso de Hipoclorito de Sódio (NaClO) para oxidação química e ajuste de pH;
- Sistema químico-físico composto de coagulação com Cloreto Férrico ( $FeCl_3$ ), floculação com polímero aniônico e separação de sólidos por decantação lamelar;
- Filtração em filtros sob pressão em dupla camada (areia e antracito);
- Retorno de águas de contralavagem dos filtros e do sistema de desidratação para o tanque de equalização instalado no início do tratamento;
- Espessamento de lodo em adensadores e desaguamento em centrífugas com dosagem de polímero catiônico;
- Disposição final do lodo em aterro sanitário.

A Figura 1 apresenta o diagrama de proposto para água bruta do rio blocos simplificado do tratamento Guandu.

Figura 1. Diagrama simplificado do tratamento de água bruta do rio Guandu.



Fonte: Elaboração própria.

O tratamento de clarifloculação proposto tem condição de garantir os valores de parâmetros de qualidade de água referenciados na Tabela 1, tomando em consideração dados encontrados no plano de monitoramento do rio Guandu realizado pelo INEA (INEA, 2012) e a eficiência alcançada por esta tecnologia de tratamento de águas.

Os custos de investimento para as ETAs com processo de clarifloculação são apresentados na Tabela 2. O CAPEX total da ETA convencional de clarifloculação para abastecimento de água a partir do rio Guandu no Cenário 1 de 1.000 m<sup>3</sup>/h é de R\$ 25.306.414,00 e no Cenário 2 de 2.000 m<sup>3</sup>/h é de R\$ 37.280.640,00.

Tabela 1. Qualidade de água esperada após o tratamento em ETA para abastecimento com água bruta.

Parâmetro	pH	Cor (mg Pt/L)	Turbidez (NTU)	Sulfatos (mg/L)	Ferro Total (mg/L)	Alumínio Total (mg/L)	Cloro total (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais - SDT (mg/L)	Sólidos Suspensos Totais - SST (mg/L)
Valor após ETA	6 a 7	< 5,0	< 5,0	< 20,0	< 0,3	< 1,2	0,5	150	< 5,0

Fonte: autoria própria.

Tabela 2. CAPEX do sistema de clarifloculação para abastecimento com água bruta.

Cenários	Equipamentos (R\$)	Civil (R\$)	Tubulação e Válvulas (R\$)	Elétrica, Instrumentação e Controle (R\$)	Montagem Eletromecânica (R\$)	Posta em Marcha, Pré- operação e Assistência Técnica (R\$)	Engenharia e Coordenação (R\$)
ETA							
Cenário 1 1.000 m <sup>3</sup> /h	10.560.214,00	3.337.440,00	1.689.634,00	3.168.064,00	3.854.478,00	396.000,00	2.300.583,00
ETA							
Cenário 2 2.000 m <sup>3</sup> /h	15.784.773,00	4.688.280,00	2.525.564,00	4.735.432,00	5.761.442,00	396.000,00	3.389.149,00

Fonte: autoria própria.

Na Tabela 3 são apresentados os dados utilizados como base de cálculo do OPEX das plantas de tratamento da água do rio Guandu para dois diferentes cenários de vazões de adução, com uma vida útil (lifespan) de 20 anos. O OPEX total da ETA convencional de clarifloculação para abastecimento de água a partir do rio Guandu no Cenário 1 de 1.000 m<sup>3</sup>/h é de R\$ 2,95/m<sup>3</sup> e no Cenário 2 de 2.000 m<sup>3</sup>/h é de R\$ 2,75/m<sup>3</sup>.

Tabela 3. OPEX do sistema de pré-tratamento e clarifloculação para abastecimento com água bruta.

Cenários	Energia (R\$/m <sup>3</sup> )	Disposição de Lodos (R\$/m <sup>3</sup> )	Produtos Químicos (R\$/m <sup>3</sup> )	Centrífuga (R\$/m <sup>3</sup> )	Manutenções Gerais (R\$/m <sup>3</sup> )	Equipe Operacional (R\$/m <sup>3</sup> )	Análises de Monitoramento (R\$/m <sup>3</sup> )
ETA							
Cenário 1 1.000 m <sup>3</sup> /h	0,14	1,24	1,20	0,003	0,035	0,23	0,11
ETA							
Cenário 2 2.000 m <sup>3</sup> /h	0,12	1,24	1,20	0,002	0,026	0,11	0,05

Fonte: autoria própria.

### 3.2 Dessalinização de Água do Mar

Esta alternativa visa promover a dessalinização de água do mar para utilização na indústria. A captação de água do mar para plantas de dessalinização pode ser feita de forma direta e indireta. As captações diretas são estruturas que extraem água direto do oceano. Podem ser construídas off-shore abaixo da superfície da água ou como um canal aberto (BURGARDT, 2017).

Captações indiretas retiram a água do mar de um ponto abaixo do fundo do mar ou do solo e seu uso depende das condições da geologia e hidrogeologia local, e das especificações de projeto. Os tipos de captação indiretas convencionalmente são mais complexas que as estruturas de captação direta e incluem poços verticais, poços horizontais, poços inclinados, poços de perfuração horizontal e galerias de infiltração (BURGARDT, 2017).

Para o estudo de caso optou-se por realizar a captação pelo método de

canal artificial aberto, através de um canal de tomada de água do mar existente ou a ser construído.

O conceito do projeto de dessalinização, o qual foi tomado como base para levantamento dos custos, consiste em:

- Captação de água do mar através do canal de tomada de água existente ou a ser construído;
- Instalação de sistema de pré-tratamento no canal de tomada de água com gradeamento grosseiro e fino;
- Instalação de tratamento químico-físico, com adição de agente oxidante, coagulante e separação de sólidos em suspensão por flotação;
- Desaguamento do lodo em centrífugas com dosagem de polímero catiônico;
- Disposição final do lodo em



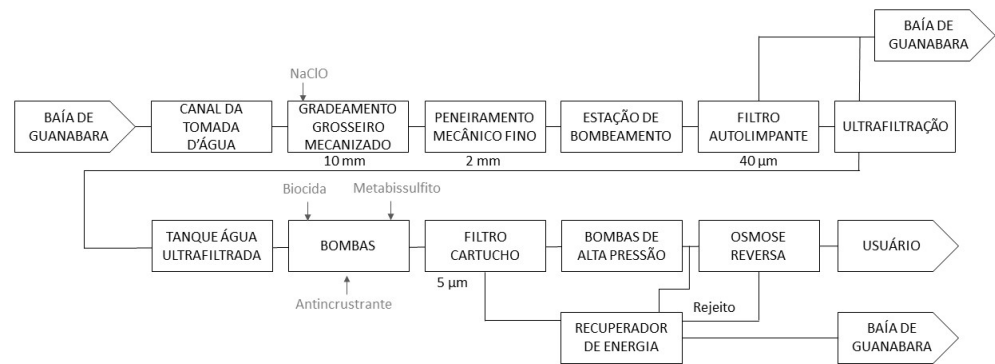
aterro sanitário;

- Implantação da planta de dessalinização com sistema de ultrafiltração (UF) e osmose reversa (OR);
- Retorno do rejeito salino para o mar.

de boa qualidade para alimentar a osmose reversa e aumentar sua vida útil. A osmose reversa será responsável pela remoção dos sais da água do mar, fornecendo água com concentração máxima de sólidos totais dissolvidos de 250 mg/L. A concepção da planta de dessalinização segue o previsto no diagrama simplificado da Figura 2.

Considerou-se o processo de ultrafiltração para assegurar água

Figura 2. Diagrama simplificado do sistema de dessalinização.



Fonte: Elaboração própria.

Para qualidade de água tratada são esperados os valores de parâmetros referenciados na Tabela 4, baseando-se nas eficiências das tecnologias de tratamento propostas. Além dos

parâmetros referenciados na Tabela 4, considera-se necessária a ausência de Coliformes (com valores dados em NMP/100 mL) e Enterococos (com valores dados em NMP/100 mL).

Tabela 4. Qualidade de água esperada após osmose reversa (OR) para dessalinização.

Parâmetro	pH	DBO (mg/L)	Oxigênio Dissolvido – OD (mg/L)	Turbidez (NTU)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais - SDT (mg/L)
Valor após OR	6,8	< 1	8	< 0,1	< 0,3	< 1	< 1	< 1	< 250

Fonte: autoria própria.

Os custos de investimento para pré-tratamento e ultrafiltração são apresentados de forma indissociada na Tabela 5. A qualidade da água após estes processos garantirá o perfeito funcionamento da osmose reversa, que reduzirá a salinidade em níveis

apropriados para o uso industrial. O CAPEX total do sistema de pré-tratamento e ultrafiltração (UF) para dessalinização no Cenário 1 de 1.000 m<sup>3</sup>/h é de R\$ 79.453.798,00 e no Cenário 2 de 2.000 m<sup>3</sup>/h é de R\$ 134.961.810,00.

Tabela 5. CAPEX do sistema de pré-tratamento e ultrafiltração (UF) para dessalinização.

Cenários	Equipamentos (R\$)	Civil (R\$)	Tubulação e Válvulas (R\$)	Elétrica, Instrumentação e Controle (R\$)	Montagem Eletromecânica (R\$)	Posta em Marcha, Pré-Operação e Assistência Técnica (R\$)	Engenharia e Coordenação (R\$)
<b>Pré-Tratamento + UF</b>							
<b>Cenário 1</b> 1.000 m <sup>3</sup> /h	32.235.854,00	6.879.480,00	8.058.964,00	9.670.756,00	14.989.672,00	396.000,00	7.223.073,00
<b>Pré-Tratamento + UF</b>							
<b>Cenário 2</b> 2.000 m <sup>3</sup> /h	55.496.414,00	10.471.280,00	13.874.104,00	16.648.924,00	25.805.833,00	396.000,00	12.269.255,00

Fonte: autoria própria.

Os custos de investimento para o sistema de osmose reversa são apresentados na Tabela 6. O CAPEX total do sistema de osmose

reversa (OR) para dessalinização no Cenário 1 de 1.000 m<sup>3</sup>/h é de R\$ 41.721.323,00 e no Cenário 2 de 2.000 m<sup>3</sup>/h é de R\$ 73.744.120,00.

Tabela 6. CAPEX do sistema de osmose reversa (OR) para dessalinização.

Cenários	Equipamentos (R\$)	Civil (R\$)	Tubulação e Válvulas (R\$)	Elétrica, Instrumentação e Controle (R\$)	Montagem Eletromecânica (R\$)	Posta em Marcha, Pré-Operação e Assistência Técnica (R\$)	Engenharia e Coordenação (R\$)
<b>OR</b>							
<b>Cenário 1</b> 1.000 m <sup>3</sup> /h	16.072.395,00	5.146.600,00	4.018.099,00	4.821.718,00	7.473.664,00	396.000,00	3.792.848,00
<b>OR</b>							
<b>Cenário 2</b> 2.000 m <sup>3</sup> /h	29.443.727,00	7.315.000,00	7.360.932,00	8.833.118,00	13.691.333,00	396.000,00	6.704.011,00

Fonte: autoria própria.

O processo de dessalinização pelo tratamento proposto, ultrafiltração e osmose reversa, tem aproveitamento de aproximadamente 40 - 50% da vazão de alimentação (BURGARDT, 2017). Dessa forma, as adutoras que levam a água do mar até a planta de dessalinização devem ser dimensionadas para 3 vezes a vazão de produção de água industrial. Por se tratar de água do mar, o material a ser considerado para a tubulação da adutora e emissário deverá ser aço inox, apresentando custos mais elevados se comparados ao do aço carbono.

O retorno do rejeito salino para o corpo hídrico receptor poderá ser feito por gravidade em uma tubulação de diâmetro fixo, que atende à todos cenários de vazões, não necessitando

de sistema de bombeamento. Mesmo desconsiderado o investimento na estação elevatória, o CAPEX do emissário é elevado, devido ao material da tubulação, sua extensão e aos custos de assentamento de tubulação.

Na Tabela 7 é apresentado um resumo contemplando todos os custos envolvidos no fornecimento de água dessalinizada à uma indústria instalada em região próxima ao mar. Devido às grandes vazões utilizadas no processo de dessalinização, os valores dispendidos com estruturas tratamento da água do mar mostram-se bastante elevados. Os custos do sistema de adução de água do mar e retorno do rejeito salino para o mar não foram estimados neste estudo.

Nos itens abaixo são apresentados os dados utilizados como base de cálculo do OPEX das plantas de dessalinização, para uma vida útil (lifespan) de 20 anos.

Os custos operacionais para o sistema de pré-tratamento e

ultrafiltração são apresentados na Tabela 8 considerando o preço por metro cúbico de água tratada. O OPEX total do sistema de pré-tratamento e ultrafiltração (UF) para dessalinização no Cenário 1 de 1.000 m<sup>3</sup>/h é de R\$ 2,67/m<sup>3</sup> e no Cenário 2 de 2.000 m<sup>3</sup>/h é de R\$ 2,50/m<sup>3</sup>.

Tabela 7. CAPEX TOTAL para dessalinização.

Cenários	Pré-Tratamento + UF (R\$)	OR (R\$)	CAPEX Total Dessalinização (R\$)
Cenário 1 1.000 m <sup>3</sup> /h	79.453.798,00	41.721.323,00	121.175.121,00
Cenário 2 2.000 m <sup>3</sup> /h	134.961.810,00	73.744.120,00	208.705.930,00

Fonte: autoria própria.

Tabela 8. OPEX do sistema de pré-tratamento e ultrafiltração (UF) para dessalinização.

Cenários	Energia (R\$/m <sup>3</sup> )	Disposição de Lodos (R\$/m <sup>3</sup> )	Produtos Químicos (R\$/m <sup>3</sup> )	Reposição de Membranas (R\$/m <sup>3</sup> )	Manutenções Gerais (R\$/m <sup>3</sup> )	Análises de Monitoramento (R\$/m <sup>3</sup> )
Pré-Tratamento + UF Cenário 1 1.000 m <sup>3</sup> /h	0,69	0,01	1,43	0,41	0,02	0,11
Pré-Tratamento + UF Cenário 2 2.000 m <sup>3</sup> /h	0,58	0,01	1,43	0,41	0,02	0,05

Fonte: autoria própria.

Os custos operacionais para o sistema de osmose reversa são apresentados na Tabela 9 considerando o preço por metro cúbico de água tratada. As análises de monitoramento indicadas na composição do OPEX desta alternativa contemplam apenas a água aduzida no processo

de dessalinização e não se estendem ao monitoramento do corpo hídrico de água salgada. O OPEX total do sistema de osmose reversa (OR) para dessalinização no Cenário 1 de 1.000 m<sup>3</sup>/h é de R\$ 3,76/m<sup>3</sup> e no Cenário 2 de 2.000 m<sup>3</sup>/h é de R\$ 3,70/m<sup>3</sup>.

Tabela 9. OPEX do sistema de osmose reversa (OR) para dessalinização.

Cenários	Energia (R\$/m <sup>3</sup> )	Produtos Químicos (R\$/m <sup>3</sup> )	Reposição de Membranas (R\$/m <sup>3</sup> )	Reposição de Cartuchos (R\$/m <sup>3</sup> )	Manutenções Gerais (R\$/m <sup>3</sup> )	Análises de Monitoramento (R\$/m <sup>3</sup> )
OR Cenário 1 1.000 m <sup>3</sup> /h	2,71	0,65	0,26	0,03	0,01	0,11
OR Cenário 2 2.000 m <sup>3</sup> /h	2,70	0,65	0,26	0,03	0,01	0,05

Fonte: autoria própria.

Observa-se na Tabela 9 que o maior custo de operação do sistema de osmose reversa é em energia. Isto ocorre em função das elevadas vazões de tratamento e do bombeamento necessário para permear a água pela membrana de osmose reversa. Comparativamente, a Tabela 8 e Tabela 9 mostram que o custo operacional total do sistema de osmose reversa é maior que o de pré-tratamento e ultrafiltração, mesmo

que a osmose reversa apresente valores mais otimistas de consumo de produtos químicos, de reposição de membranas e manutenção geral.

A Tabela 10 apresenta os custos operacionais do sistema completo de dessalinização, considerando o preço por metro cúbico de água tratada. Os custos operacionais do emissário são nulos pois este sistema opera por gravidade.

Tabela 10. OPEX TOTAL para dessalinização.

Cenários	Pré-Tratamento + UF (R\$/m <sup>3</sup> )	OR (R\$/m <sup>3</sup> )	OPEX Total Dessalinização (R\$/m <sup>3</sup> )
Cenário 1 1.000 m <sup>3</sup> /h	2,67	3,76	6,43
Cenário 2 2.000 m <sup>3</sup> /h	2,50	3,70	6,20

Fonte: autoria própria.

### 3.3 Reúso de Água Tratada em ETEs da RMRJ

O presente estudo considera somente a análise das ETEs com vazões de projeto mais representativas da RMRJ, a dizer: ETE Alegria, ETE Penha, ETE Pavuna e ETE Sarapuí. Estas ETEs operam atualmente em vazão inferior à de projeto e torna-se necessário elevar a vazão de tratamento de esgotos nestas estações para atender a todos cenários de abastecimento contemplados neste estudo.

O conceito do projeto, o qual foi tomado como base para levantamento dos custos, consiste na coleta do esgoto tratado à nível secundário da ETE, implantação de Tratamento biológico terciário do tipo MBR, com remoção biológica de nitrogênio, nas áreas próximas às ETEs (quando há área disponível) e implantação de sistema de osmose reversa para remoção de salinidade

do efluente tratado pelo processo biológico terciário. Não foram estimados custos da construção elevatória e adutora que conduzirá a água de reúso da ETE de interesse até a indústria.

Considera-se que as águas tratadas em ETEs seriam desviadas de corpos hídricos superficiais para servirem à indústria por meio do reúso. O presente estudo não conduziu a análise do impacto de déficit hídrico nos corpos receptores e nas captações de água a jusante dos pontos de lançamento de efluentes das ETEs.

O conceito do projeto, o qual foi tomado como base para levantamento dos custos, consiste em:

- Recuperação das águas de

ETEs e condução até sistema de pré-tratamento;

- Instalação de pré-tratamento com gradeamento fino;
- Instalação de um tratamento biológico terciário com separação de sólidos por membranas submersas de ultrafiltração (MBR);
- Adição de coagulante no reator de membranas para garantir remoção de fósforo até os níveis desejados;
- Recirculação da MBR para a câmara anóxica, com vazão de 3 vezes a de alimentação;
- Os lodos gerados em excesso nos processos biológicos serão extraídos e serão enviados para um adensador. De forma geral, os lodos biológicos purgados apresentam baixa concentração de sólidos, com valores variando entre 1,0 a 1,5%, em média e apresentam características de difícil desidratação. Portanto, para proporcionar um lodo mais concentrado, permitindo que a centrífuga a ser instalada seja de menor porte e opere com maior estabilidade e eficiência, proporcionando um lodo desidratado com menor umidade, optou-se por prever a instalação de adensadores, apesar de referências em literatura indicarem que o lodo do MBR pode ser enviado diretamente para desidratação. Assim, os adensadores foram dimensionados de acordo com a carga de sólidos gerada;
- Desaguamento do lodo em centrífugas do tipo decanter com dosagem de polímero catiônico;
- Disposição final do lodo em aterro sanitário;

- É previsto uma etapa complementar de osmose reversa que tem como objetivo principal reduzir a concentração de sais presentes no esgoto. O permeado da osmose reversa será utilizado para reúso e o rejeito poderá ser descartado nos corpos hídricos superficiais;

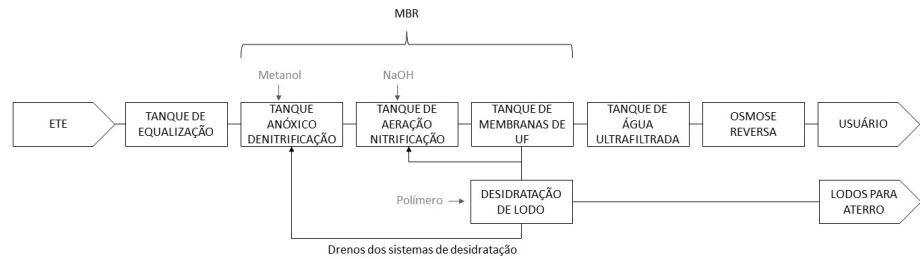
- Instalação de uma unidade de Ultrafiltração que irá assegurar uma água isenta de sólidos suspensos, patógenos e baixíssimas concentrações de metais, fornecendo uma água própria para reúso.

Ao final do processo biológico, a biomassa precisa ser separada do esgoto tratado. Na MBR, o processo de separação se dará por membranas de ultrafiltração submersas. A recirculação da MBR para a câmara anóxica, com vazão de 3 vezes a de alimentação é proporcionada por uma bomba centrífuga instalada no fim do tanque.

Compostos nitrogenados não são aceitáveis para água de reúso, exigindo etapas complementares de nitrificação e desnitrificação, realizadas em ambiente aeróbio e anóxico, respectivamente. A etapa de desnitrificação é benéfica ao sistema pois proporciona a remoção de matéria orgânica sem a necessidade de introdução de oxigênio, reduzindo o tamanho do reator aeróbio durante o dimensionamento e recuperando uma fração de alcalinidade, que é consumida na nitrificação. As etapas se complementam com um sistema de recirculação contínua entre os reatores aeróbios e anóxicos.

A configuração do sistema de reúso de água tratada em ETEs da RMRJ contempla estações de tratamento com processo descrito no diagrama simplificado da Figura 3.

Figura 3. Diagrama simplificado do sistema de reúso de ETEs.



Fonte: Elaboração própria.

São esperados os valores de parâmetros da Tabela 11 para qualidade de água após os sistemas de MBR e osmose reversa. Além dos parâmetros referenciados na Tabela 11, considera-se necessária a

ausência de Coliformes (com valores dados em NMP/100 mL) e Escherichia Coli (com valores dados em NMP/100 mL).

Tabela 11. Qualidade de água

esperada após o tratamento em MBR e osmose reversa para reúso de água tratada em ETEs.

Parâmetro	pH	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais - SDT (mg/L)
Após MBR	7	< 10,0	< 5,0	< 1,0	< 0,5	< 5,0	< 5,0	< 5,0	600
Após OR	7	< 10,0	< 1,0	< 1,0	< 0,5	< 5,0	< 5,0	< 5,0	100

Fonte: autoria própria.

Os custos de investimento para o sistema de MBR são apresentados na Tabela 12. O investimento em equipamentos desse sistema é inferior ao sistema de ultrafiltração da dessalinização (Tabela 5). O CAPEX total do sistema de MBR para reúso de água tratada em ETEs no Cenário 1 de 1.000 m<sup>3</sup>/h é de R\$46.867.206,00 e no Cenário 2 de 2.000 m<sup>3</sup>/h é de R\$ 84.089.390,00.

Tabela 12. CAPEX do sistema de MBR para reúso de água tratada em ETEs.

Cenários	Equipamentos (R\$)	Civil (R\$)	Tubulação e Válvulas (R\$)	Elétrica, Instrumentação e Controle (R\$)		Montagem Eletromecânica (R\$)	Posta em Marcha, Pré-Operação e Assistência Técnica (R\$)	Engenharia e Coordenação (R\$)
MBR								
Cenário 1 1.000 m <sup>3</sup> /h MBR	21.023.772,00	3.842.167,00	3.363.804,00	6.307.132,00	7.673.677,00	396.000,00	4.260.655,00	
Cenário 2 2.000 m <sup>3</sup> /h	38.581.662,00	5.637.367,00	6.173.066,00	11.574.499,00	14.082.307,00	396.000,00	7.644.490,00	

Fonte: autoria própria.



Os custos de investimento para osmose reversa são apresentados na Tabela 13. Os custos de investimento em equipamentos de osmose reversa da alternativa de dessalinização (Tabela 6) são aproximadamente duas vezes superiores aos custos deste sistema na alternativa de reúso de água tratada em ETEs da RMRJ. Convém destacar que altas vazões de tratamento da água do mar são necessárias para produção de água industrial pela alternativa de dessalinização. O CAPEX total do sistema de osmose reversa (OR) para reúso de água tratada em ETEs no Cenário 1 de 1.000 m<sup>3</sup>/h é de R\$23.100.983,00 e no Cenário 2 de 2.000 m<sup>3</sup>/h é de R\$ 39.080.450,00.

Tabela 13. CAPEX do sistema de osmose reversa (OR) para reúso de água tratada em ETEs.

Cenários	Equipamentos (R\$)	Civil (R\$)	Tubulação e Válvulas (R\$)	Elétrica, Instrumentação e Controle (R\$)	Montagem Eletromecânica (R\$)	Posta em Marcha, Pré- operação e Assistência Técnica (R\$)	Engenharia e Coordenação (R\$)
<b>OR</b>							
<b>Cenário 1 1.000 m<sup>3</sup>/h</b>	7.823.535,00	5.481.000,00	1.564.707,00	2.347.061,00	3.520.591,00	264.000,00	2.100.089,00
<b>OR</b>							
<b>Cenário 2 2.000 m<sup>3</sup>/h</b>	14.094.196,00	7.780.000,00	2.818.839,00	4.228.259,00	6.342.388,00	264.000,00	3.552.768,00

Fonte: autoria própria.

Na Tabela 14 é apresentado um resumo contemplando todos os custos de investimento envolvidos no fornecimento de água de reúso a partir dos esgotos tratados à nível secundário pelas ETEs da RMRJ.

Tabela 14. CAPEX TOTAL para reúso de água tratada em ETEs.

Cenários	MBR (R\$)	OR (R\$)	CAPEX Total Reúso ETE (R\$)
<b>Cenário 1 1.000 m<sup>3</sup>/h</b>	46.867.206,00	23.100.983,00	69.968.189,00
<b>Cenário 2 2.000 m<sup>3</sup>/h</b>	84.089.390,00	39.080.450,00	123.169.840,00

Fonte: autoria própria.

Nos itens abaixo são apresentados os dados utilizados como base para cálculo do custo de operação das plantas, para um tempo de vida útil (lifespan) de 20 anos.

Os custos operacionais para o sistema de MBR são apresentados na Tabela

15 considerando o preço por metro cúbico de água tratada. O OPEX total do sistema de MBR para reúso de água tratada em ETEs no Cenário 1 de 1.000 m<sup>3</sup>/h é de R\$ 0,99/m<sup>3</sup> e no Cenário 2 de 2.000 m<sup>3</sup>/h é de R\$ 0,89/m<sup>3</sup>.

Tabela 15. OPEX do sistema de MBR para reúso de água tratada em ETEs.

Cenários	Energia (R\$/m³)	Disposição de Lodos (R\$/m³)	Produtos Químicos (R\$/m³)	Manutenções Gerais (R\$/m³)	Reposição de Membranas (R\$/m³)	Manutenção de Centrifugas (R\$/m³)	Equipe de Operadores (R\$/m³)	Análises de Monitoramento (R\$/m³)
MBR Cenário 1 1.000 m³/h	0,25	0,03	0,121	0,07	0,19	0,0006	0,22	0,11
MBR Cenário 2 2.000 m³/h	0,33	0,03	0,119	0,064	0,18	0,0003	0,11	0,05

Fonte: autoria própria.

Para o OPEX da osmose reversa tratada em ETEs no Cenário 1 de não foi considerado o custo com operadores, pois este valor já foi atribuído à operação da ETA. Os custos operacionais para o sistema de osmose reversa são apresentados na Tabela 16 considerando o preço por metro cúbico de água tratada. O OPEX total do sistema de osmose reversa (OR) para reúso de água tratada em ETEs no Cenário 1 de 1.000 m³/h é de R\$ 1,31/m³ e no Cenário 2 de 2.000 m³/h é de R\$ 1,21/m³.

A Tabela 17 apresenta os custos operacionais do sistema completo de reúso de água tratada em ETEs, considerando o preço por metro cúbico de água tratada.

Tabela 16. OPEX do sistema de osmose reversa (OR) para reúso de água tratada em ETEs.

Cenários	Energia (R\$/m³)	Produtos Químicos (R\$/m³)	Manutenções Gerais (R\$/m³)	Reposição de Membranas (R\$/m³)	Reposição de Cartuchos (R\$/m³)	Análises de Monitoramento (R\$/m³)
OR Cenário 1 1.000 m³/h	0,27	0,37	0,38	0,16	0,03	0,11
OR Cenário 2 2.000 m³/h	0,27	0,37	0,34	0,16	0,02	0,05

Fonte: autoria própria.

Tabela 17. OPEX TOTAL para reúso de água tratada em ETEs.

Cenários	MBR (R\$/m³)	OR (R\$/m³)	OPEX Total Reúso ETE (R\$/m³)
Cenário 1 1.000 m³/h	0,99	1,31	2,30
Cenário 2 2.000 m³/h	0,89	1,21	2,10

Fonte: autoria própria.

### 3.4 Resumo de CAPEX e OPEX das Alternativas

Os custos de investimentos para as alternativas de abastecimento hídrico são sintetizados na Tabela 18 em dois cenários de vazões.

Enquanto a captação de água bruta do rio Guandu é a que exige menor investimento de infraestrutura, a alternativa de dessalinização

desponta como a mais onerosa em todos dois cenários de vazões estudados.

Os custos operacionais, por sua vez, são sintetizados na Tabela 19 para os mesmos dois cenários de vazões. Para a alternativa de abastecimento deve-se considerar que o OPEX é

fortemente influenciado pelos custos de adução. Quanto mais distante a fonte hídrica da planta de tratamento e do local de utilização das águas, maior a demanda de energia para bombeamento necessária.

Tabela 18. CAPEX das alternativas de abastecimento em 2 cenários de vazões.

Cenários	Captação Guandu (R\$)	Dessalinização (R\$)	Reúso de ETE (R\$)
<b>Cenário 1</b> 1.000 m <sup>3</sup> /h	25.306.414,00	121.175.121,00	69.968.189,00
<b>Cenário 2</b> 2.000 m <sup>3</sup> /h	37.280.640,00	208.705.930,00	123.169.840,00

Fonte: autoria própria.

Tabela 19. OPEX das alternativas de abastecimento em 2 cenários de vazões.

Cenários	Captação Guandu (R\$/m <sup>3</sup> )	Dessalinização (R\$/m <sup>3</sup> )	Reúso de ETE (R\$/m <sup>3</sup> )
<b>Cenário 1</b> 1.000 m <sup>3</sup> /h	2,95	6,43	2,30
<b>Cenário 2</b> 2.000 m <sup>3</sup> /h	2,75	6,20	2,10

Fonte: autoria própria.

A dessalinização mantém altos valores para OPEX. No caso da dessalinização o alto custo de energia não está atrelado à distância da fonte hídrica, mas à elevada vazão de operação da planta de tratamento.

### 3.5 Tarifa de Equilíbrio

A composição da tarifa de equilíbrio pretende encontrar a valor em reais do metro cúbico de água tratada que viabilize projeto. A tarifa de equilíbrio representa o valor pago pelo consumidor que permite a recuperação de investimentos dentro do prazo estipulado.

O cálculo da tarifa de equilíbrio considera o CAPEX e OPEX das

alternativas de abastecimento acrescidos de tributos, considerando o tempo de depreciação de ativos de 20 anos (período de concessão) e a amortização de diferido de 5 anos. Foi acrescido ao CAPEX TOTAL das alternativas um percentual de 2,0% ao ano em reinvestimentos, para recomposição de ativos durante o período de concessão. Para taxa de financiamento utilizou-se o valor de 6,7% a.a. sobre o valor de investimento acrescido do valor de reinvestimento. Para todas alternativas foi adotado o período de um ano e meio após obtenção do financiamento para instalação dos sistemas, e a taxa de atratividade do projeto em 16% a.a..

Foi considerada a alíquota do Imposto de Renda de Pessoa Jurídica (IRPJ) adotada de 32%, a taxa de 9,25% para PIS/COFINS e para avaliação da tarifa de equilíbrio acrescida de ICMS o valor de 19% correspondente a este tributo.

A inclusão ou não do imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (ICMS) deverá ser detalhadamente

Tabela 20. Tarifas de equilíbrio sem ICMS para as alternativas de abastecimento em 2 cenários de vazões.

Cenários	Captação Guandu	Dessalinização	Reúso de ETE
	(R\$/m <sup>3</sup> )	(R\$/m <sup>3</sup> )	(R\$/m <sup>3</sup> )
<b>Cenário 1</b>			
1.000 m <sup>3</sup> /h	4,50	12,54	5,50
<b>Cenário 2</b>			
2.000 m <sup>3</sup> /h	4,27	11,24	4,52

Fonte: autoria própria.

A alternativa de abastecimento de água bruta do rio Guandu possui as melhores tarifas de equilíbrio para os dois cenários estudados. O investimento no cenário de abastecimento de 2.000 m<sup>3</sup>/h de água bruta do rio Guandu mostra-se mais atrativo que o cenário de menor vazão, considerando que não há necessidade de instalação de nova adutora e sua capacidade atende às duas opções de abastecimento.

O custo do metro cúbico de água de uma mesma alternativa de abastecimento tende a diminuir à medida que a vazão de adução aumenta. Quanto maior a vazão de adução mais vantajoso torna-se o investimento de abastecimento.

O custo do metro cúbico de água varia expressivamente entre as alternativas de abastecimento, podendo quase triplicar na comparação entre a

estudada por tratar-se de "água de reúso". Considera-se duas situações: com e sem ICMS, que são aplicadas também para captação de água bruta do Rio Guandu e para dessalinização. As tarifas de equilíbrio para as alternativas de abastecimento são apresentadas na Tabela 20 sem ICMS, e na Tabela 21 acrescidas do ICMS.

mais econômica e a mais onerosa (dessalinização). O CAPEX e OPEX da dessalinização, com necessidade de elevados investimentos em sistemas de membranas (MBR e osmose reversa) e de equipamentos de reposição/manutenção, tornam esta alternativa a mais custosa entre as opções de abastecimento avaliadas.

O reúso de ETEs mostra-se a melhor alternativa de abastecimento para vazões superiores a 2.000 m<sup>3</sup>/h, independente da ETE selecionada.

A aplicação de ICMS sobre a tarifa de equilíbrio não é necessária para todas alternativas estudadas e sua real utilização deve ser avaliada junto às empresas de água e Receita Federal. Com finalidade comparativa e elucidativa, a Tabela 21 apresenta o valor de ICMS somado ao custo do metro cúbico de água para todas alternativas de abastecimento.

Tabela 21. Tarifas de equilíbrio com ICMS para as alternativas de abastecimento em 2 cenários de vazões.

Cenários	Captação Guandu	Dessalinização	Reúso de ETE
	(R\$/m <sup>3</sup> )	(R\$/m <sup>3</sup> )	(R\$/m <sup>3</sup> )
Cenário 1	5,72	15,95	7,00
1.000 m <sup>3</sup> /h			
Cenário 2	5,44	14,31	5,75
2.000 m <sup>3</sup> /h			

Fonte: autoria própria.

#### 4. Conclusão

Dentre as alternativas de abastecimento de água para indústrias da RMRJ identificadas como promissoras, a saber: 1) captação de água bruta do rio Guandu; 2) dessalinização de água do mar; 3) reúso de água tratada em Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs), a captação de água bruta do rio Guandu mostra-se a mais econômica para o abastecimento nos dois cenários de vazões avaliados. As tarifas de equilíbrio encontradas para o abastecimento com água doce superficial foram de 4,50 R\$/m<sup>3</sup> para o cenário de 1.000 m<sup>3</sup>/h e de 4,27 R\$/m<sup>3</sup> para o cenário de 2.000 m<sup>3</sup>/h. O CAPEX e OPEX de tratamento da água doce superficial é inferior ao das demais alternativas de abastecimento devido à instalação de uma ETA de clarifloculação, que utiliza equipamentos convencionais de tratamento e tem custo operacional otimizado.

Os cenários de adução adicional de água superficial do rio Guandu incorrem à negociação com a CEDAE e o INEA, assim como com os Comitê Guandu-RJ e CEIVAP. Uma vez que a alternativa concorre com o abastecimento público, a captação de água bruta do rio Guandu não é promissora. Considerados os

aspectos normativos que promovem o uso prioritário da água para consumo humano e os aspectos ambientais que primam pela segurança hídrica através da conservação de recursos naturais, torna-se imprescindível que a captação de água bruta superficial seja sempre avaliada além dos aspectos financeiros.

Para as outras alternativas de abastecimento foram igualmente realizados estudos em cenários de abastecimento com vazões de 1.000 m<sup>3</sup>/h e 2.000 m<sup>3</sup>/h. Para sistemas de dessalinização foram dimensionados tratamentos com ultrafiltração e osmose reversa. Para sistemas de reúso foram dimensionados tratamentos com equipamentos de membrana MBR e osmose reversa.

Os sistemas de dessalinização e de reúso têm maior facilidade na concessão de licenças de obras pelos órgãos ambientais, pois possuem forte apelo ambiental e boa imagem perante a opinião pública. São projetos amparados por tecnologia de ponta, consolidada no mercado de tratamento de águas e efluentes, que entregam performance de tratamento quando em condições ideais de operação.

A proposta de dessalinização de água do mar mostra-se uma alternativa vantajosa no que tange o equilíbrio entre disponibilidade e demanda de água, no entanto, não é a mais economicamente atrativa. O elevado CAPEX e OPEX de membranas de dois sistemas consecutivos de filtração operando em elevadas vazões, considerados os valores de tecnologias atualmente existentes, torna esta alternativa de abastecimento de água onerosa e pouco atrativa.

Em função dos projetos de captação de água do mar serem altamente dependentes das condições locais e o descarte do rejeito salino possivelmente impactar o ecossistema próximo à zona de mistura, são necessárias atividades de monitoramento contínuo do corpo hídrico receptor, não contempladas neste estudo. Atividades de monitoramento do mar podem representar uma parcela significativa do OPEX de projeto e então contribuir para inviabilidade da alternativa de dessalinização. As avaliações de dessalinização de águas do mar devem contemplar um criterioso EIA/RIMA, onde serão definidas as estratégias, locais e frequências de monitoramento do mar, respeitando o equilíbrio ecológico através da conservação da biodiversidade local.

A prática do reúso de águas tratadas em ETES da RMRJ em sistemas industriais cumpre metas de racionalização de uso da água. Esta alternativa é uma opção robusta para o suprimento de água, que permite manter a continuidade de negócios em eventos que imponham restrições ao consumo industrial.

Em perspectiva atual, as vazões operacionais das ETES da RMRJ são

bastante inferiores às vazões de projeto consideradas. Para que a solução de reúso de águas tratadas em ETES seja apreciada em um horizonte próximo de investimentos, devem ser contempladas vazões de duas ou mais ETES, e/ou estimulada a captação e tratamento de esgotos na RMRJ, de forma a atingir a capacidade operacional das ETES.

Além da articulação estadual promovida por meio do INEA e da CEDAE, a iniciativa de reúso de água tratada em ETES carece de constante articulação com os municípios onde as ETES estão instaladas e também aqueles envolvidos na instalação da infraestrutura de adução. Convém destacar a necessidade de consulta ao Comitê de Bacia da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e de Jacarepaguá (CBH-BG), uma vez que as águas tratadas em ETES seriam desviadas de corpos hídricos superficiais para servirem à indústria por meio do reúso.

Para a apreciação completa das alternativas de abastecimento, além dos aspectos econômicos de tratamento de águas, também devem ser avaliados aspectos técnicos ambientais, normativos e institucionais, de forma que contribuam para o planejamento e a gestão integrada dos recursos hídricos.

## 5. REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). *Água na indústria: uso e coeficientes técnicos*. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2017.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). *Conjuntura dos*



- recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras – Edição Especial.* Brasília: ANA, 2015.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Produto Interno Bruto - PIB.* Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php> >. Acesso em: 12 de março de 2022.
- BRITTO, A. L., FORMIGA-JOHNSON, R. M., CARNEIRO, P. R. F. *Abastecimento Público e Escassez Hidrossocial na Metrópole do Rio de Janeiro.* Ambiente & Sociedade. São Paulo, 2016.
- BURGARDT, T. ; SENS, M. L. ; Guedes, T. L. *Filtração em sedimento de mar como pré-tratamento a osmose inversa.* Revista Hydro. São Paulo, 2017.
- Confederação Nacional da Indústria (CNI). *Avanços da indústria brasileira rumo ao desenvolvimento sustentável: síntese dos fascículos setoriais.* Confederação Nacional da Indústria. Brasília: CNI, 2012.
- Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN). *Manual de conservação e reúso de água na indústria / Sistema FIRJAN.* Rio de Janeiro: 2015.
- HESPANHOL, I.; GONÇALVES, O.M. (Coord.). *Conservação e Reúso de Água – Manual de Orientações para o setor industrial – Volume 1.* São Paulo: FIESP/CIESP, 2004.
- Instituto Estadual do Ambiente (INEA). *Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim. Comitê da Bacia Hidrográfica Guandu (RJ).* Rio de Janeiro: INEA, 2012.
- LIMA, E. P. C. *Água e Indústria: experiências e desafios.* 1ª. ed. / Eduardo Pedroza da Cunha Lima: Infinita Imagem, 2018. 119 p.
- MIERZWA, J.C.; HESPANHOL, I. *Água na indústria – Uso racional e reúso.* Oficina de Textos. São Paulo, 2005.
- MOREIRA, F. S.; RANGEL, A. L.; ANTUNES, A. M.; BORSCHIVER, S. *Membranas poliméricas para dessalinização da água: uma avaliação da balança comercial brasileira.* Cad. Prospec., Salvador, v. 11, Edição Especial, p.440-452, abr./jun. 2018.
- RIO DE JANEIRO, 2018. *Lei Complementar no 184, de 27 de dezembro de 2018.*

# AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE COMPARTILHAMENTO DE BICICLETAS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO

*Evaluation of alternatives for the implementation of a bicycle sharing system in an educational institution*

*Evaluación de alternativas para la implantación de un sistema de bicicletas compartidas en un centro educativo*


**SILVA, P. B.<sup>1</sup>; FILHO, E. R. O.<sup>2</sup>**

## Resumo

Os Sistemas de Compartilhamentos de Bicicletas (SCB) são notadamente agentes importantes no fomento à mobilidade sustentável em diversas cidades no mundo, inclusive em ambientes acadêmicos, onde esses sistemas podem ser integrados, aos das cidades, ou próprios. O trabalho teve como objetivo geral a avaliação de alternativas de implantação de SCB no Campus Rio Verde do IF Goiano, utilizando-se do Método de Análise Hierárquica (AHP). Em suma, o processo metodológico consistiu na identificação da demanda potencial de usuários para o sistema, por meio da aplicação de um questionário de origem-destino, seguida da análise e investigação dos dados, com posterior definição, dimensionamento e avaliação das alternativas. Os dados e informações coletados através do questionário subsidiaram a concepção de quatro alternativas, duas delas sob a diligência da instituição de ensino, sendo uma do tipo com estação e outra do tipo sem estação, e as outras duas delegadas à empresa privada do setor (uma do tipo com estação e outra do tipo sem estação). Para a aplicação do método, foram determinados critérios e subcritérios de interesse à análise, que foram julgados em relação uns aos outros pela equipe de direção da Instituição. Por sua vez, o trabalho ficou responsável por comparar as alternativas frente os subcritérios, e com base nos quadros de julgamentos, o método AHP permitiu hierarquizar as quatro alternativas, apresentando a "Alternativa 2" como a mais bem ranqueada, servindo de auxílio aos gestores na escolha do SCB mais apropriado ao cenário do Campus.

**Palavras-chave:** Mobilidade sustentável, Sistema de Compartilhamento de Bicicletas, Método de Análise Hierárquica.

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Civil, Instituto Federal Goiano.  orcid: [0000-0002-1603-1050](https://orcid.org/0000-0002-1603-1050) filho\_erasmo@outlook.com

<sup>2</sup>Prof. Dr. do Departamento de Engenharia Civil do Instituto Federal Goiano.  orcid: [0000-0003-3249-9603](https://orcid.org/0000-0003-3249-9603) philippe.silva@ifgoiano.edu.br

Data da Submissão:  
05julho2022  
Data da Aprovação:  
03junho2023  
Data da Publicação:  
22junho2023

COMO CITAR:

SILVA, P. B.; FILHO, E.R.O.. AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE COMPARTILHAMENTO DE BICIBLETAS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO. **Engenharia Urbana em Debate**. São Carlos, V4, n1, 2023. <https://doi.org/10.59550/engurbdebate.v4i1.71>



## Abstract

Bicycle Sharing Systems (BSS) are notably important agents in promoting sustainable in the promotion of sustainable mobility in several cities in the world, including in academic environments, where these systems can be integrated with those of the cities, or be their own. The general objective of this study was to evaluate alternatives for the implementation of a BMS in the Rio Verde Campus of the IF Goiano, using the Hierarchical Analysis Method (AHP). In short, the methodological process consisted of identifying the potential demand of users for the system, through the application of an origin-destination questionnaire, followed by data analysis and investigation, with subsequent definition, sizing and evaluation of alternatives. The data and information collected through the questionnaire subsidized the conception of four alternatives, two of them under the diligence of the educational institution, being one of the type with station and the other one of the type without station, and the other two delegated to the private company of the sector (one of the type with station and the other one of the type without station). For the application of the method, criteria and sub-criteria of interest to the analysis were determined, which were judged in relation to each other by the Institution's management team. In turn, the work was responsible for comparing the alternatives against the subcriteria, and based on the judgment tables, the AHP method allowed the four alternatives to be ranked, presenting "Alternative 2" as the best ranked, serving as an aid to managers in choosing the most appropriate BMS for the Campus scenario.

**Keywords:** Sustainable mobility, Bicycle Sharing System, Hierarchical Analysis Method.

## Resumen

Los Sistemas de Bicicletas Compartidas (SBC) son agentes de notable importancia en la promoción de la movilidad sostenible en varias ciudades del mundo, incluso en ambientes académicos, donde estos sistemas pueden ser integrados, a las ciudades, o propios. O trabalho tem como objetivo geral a avaliação de alternativas para a implementação de BMS no Campus Rio Verde do IF Goiano, utilizando o Método de Análise Jerárquica (AHP). En resumen, el proceso metodológico consistió en la identificación de la demanda potencial de los usuarios para el sistema, a través de la aplicación de un cuestionario de origen-destino, seguido de análisis e investigación de datos, con posterior definición, dimensionamiento y evaluación de alternativas. Los datos e informaciones recogidos a través del cuestionario subvencionaron el diseño de cuatro alternativas, dos de ellas bajo la diligencia de la institución educativa, siendo una del tipo con estación y otra sin estación, y las otras dos delegadas a la empresa privada del sector (una del tipo con estación y otra sin estación). Para la aplicación del método, se determinaron criterios y subcriterios de interés para el análisis, que fueron juzgados entre sí por el equipo directivo de la Institución. A su vez, el trabajo se encargó de comparar las alternativas frente a los subcriterios, y a partir de las tablas de juicio, el método AHP permitió la clasificación de las cuatro alternativas, presentando la "Alternativa 2" como la mejor clasificada, sirviendo así de ayuda a los gestores en la elección del SGE más adecuado para el escenario del Campus.

**Palabras clave:** Movilidad sostenible, sistema de bicicletas compartidas, método de análisis jerárquico.

## 1. INTRODUÇÃO

A priorização dos modos não motorizados é uma necessidade cada vez mais patente em meio aos índices crescentes de congestionamentos, acidentalidade viária, poluição do ar, sonora, visual e outros problemas recorrentes nos meios urbanos (BRASIL, 2012).

Nesse contexto, os sistemas de compartilhamento de bicicletas (SCB) têm sido cada vez mais

difundidos ao redor do mundo, tendo experimentado impressionante crescimento na última década. O compartilhamento de bicicletas é uma solução sustentável para atender à demanda de pessoas por transporte nesse modal sem ter que arcar com os custos e as responsabilidades de ter uma bicicleta própria. Tem em geral baixo custo e prazo de implantação (ADÃO; AURAS, 2019).

Cadurin e da Silva (2017) afirma que as universidades correspondem a um importante polo gerador de tráfego (PGT), sendo responsáveis por elevados volumes de viagens produzidas e atraídas regularmente. Sendo assim, as políticas de transportes das universidades impactam diretamente na mobilidade urbana das cidades em que estão inseridas. Assim como as áreas urbanas, os *campi* universitários brasileiros possuem, em geral, infraestrutura e política voltada principalmente para os deslocamentos realizados por modos motorizados individuais (CADURIN E DA SILVA, 2017).

Dessa forma, o presente trabalho, que tem como objetivo a proposição de um sistema de compartilhamento de bicicletas no Campus Rio Verde do Instituto Federal Goiano, se justifica. Se pretende fomentar a mobilidade sustentável e qualidade de vida no campus, estimulando uma nova forma de deslocamento e de encarar o uso de bicicleta não apenas como forma de atividade física, mas como um modo de transporte.

## **2 SISTEMAS DE COMPARTILHAMENTO DE BICICLETAS (SCB)**

A primeira pessoa que propôs um sistema público de bicicletas compartilhadas no mundo foi Luud

Schimmelpennink, em 1965, seu objetivo era reduzir o tráfego de automóveis no centro da cidade de Amsterdam. Após isso surgiu a 1ª geração de bicicletas compartilhadas e desde então os quesitos de tecnologia, segurança, controle, monitoramento e cobrança foram aprimorados resultando na 2ª e 3ª geração. Atualmente os sistemas se encontram na 4ª geração, onde a tecnologia é uma grande aliada, e algumas inovações como cartões universais, estações móveis e modulares e painéis solares já estão sendo usadas (ITDP, 2014; DeMAIO, 2009).

Gazolla e Pereira (2018) definem os sistemas de compartilhamento de bicicletas (SCB) como um conjunto de unidades ou partes que permitem aos usuários retirar as bicicletas em uma determinada estação e deixá-las em outras estações do sistema.

No contexto universitário brasileiro, os sistemas presentes em instituições de ensino são classificados em: sistemas integrados e sistemas próprios. Os sistemas integrados são sistemas próprios das cidades que contam com estações no entorno ou dentro das universidades. Enquanto os sistemas próprios estão fixados e pertencem as instituições de ensino. A Tabela 1 apresenta alguns sistemas próprios de universidades.

Tabela 1 - Compilado de alguns SCB próprios de universidades, com operação parcial ou completamente automatizada.

<b>Nome sistema</b>	<b>Universidade</b>	<b>Tipo</b>	<b>Operação</b>	<b>Nº Bikes</b>	<b>Nº Estações</b>
<b>Vamos de Bike</b>	USP (Pirassununga – SP)	Com estação	Parcialmente Automatizada	30	1
<b>Bicivates</b>	Univates (Lajeado – RS)	Com estação	Parcialmente Automatizada	120	4
<b>Estação Bike</b>	UFJF (Juiz de Fora – MG)	Com estação	Automatizada	30	1
<b>Integra UFRJ</b>	UFRJ (Rio de Janeiro – RJ)	Com estação	Automatizada	60	8

Fonte: Adaptado de Oliveira, da Silva e de Andrade (2019).

Os sistemas próprios acima citados possuem algumas características em comum, como serem gratuitos, com estações, destinados à comunidade universitária e com circulação limitada ao interior do campus, embora alguns permitam o acesso de outros usuários e deslocamentos externos. Possuem também semelhanças com outros sistemas de compartilhamento, como exigir cadastro prévio, ter retirada e devolução ocorrendo em estações fixas, ter um tempo de uso ilimitado e um intervalo mínimo entre usos (OLIVEIRA; DA SILVA; DE ANDRADE, 2019).

Embora cada vez mais os sistemas caminhem para o uso da automação, alguns sistemas em universidades brasileiras ainda são manuais, devido ao porte menor dessas unidades de ensino e a dificuldade financeira de migrar para o modelo mais moderno. Em geral, esses programas são financiados pelas próprias universidades ou coordenações específicas. O compartilhamento é exclusivo à comunidade universitária,

sem a cobrança de qualquer taxa, com a retirada e devolução ocorrendo em um mesmo local, onde ocorrem o registro do empréstimo em livros de controle e a entrega da chave que libera o veículo (OLIVEIRA; DA SILVA; DE ANDRADE, 2019).

De acordo com Oliveira, Da Silva e De Andrade (2019), os sistemas mal sucedidos apresentaram um começo promissor, com um bom número de empréstimos. Porém, o uso passou a decair com falhas nos veículos e no sistema, e com mudanças na política de transporte das instituições.

Gazolla e Pereira (2018) apontam que os principais benefícios advindos da implantação de sistemas de bicicletas compartilhadas em universidades são: redução na utilização das linhas de ônibus internas ao campus; redução no uso de automóveis; redução na demanda por estacionamento; redução da emissão de gases poluentes; melhoria da saúde dos estudantes; e atração de novos ciclistas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da Área de Estudo

O Campus Rio Verde do Instituto Federal Goiano está localizado na região sudoeste do Estado de Goiás, sendo instituição de referência na oferta de cursos técnicos, de graduação e pós-graduação. Atualmente possui mais de 5000 estudantes, 100 técnicos-administrativos e 150 docentes. Em relação às características físicas do campus, a instituição pode ser dividida em duas partes, uma acima da Rodovia Sul Goiana (Parte 1), onde estão localizados os blocos pedagógicos, pavilhões, laboratórios,

espaços de convivência e setores administrativos, e outra abaixo da Rodovia Sul Goiana (Parte 2), onde está localizada a Fazenda Escola do campus. A instituição apresenta topografia predominantemente plana e área total de 2.110.000 m<sup>2</sup> (2,11 km<sup>2</sup>). Considerando a área de estudo e a necessidade de divisão para análise e proposição do SCB, foi realizado o zoneamento, conforme apresentado na Figura 2. A Figura 3 identifica as Partes 1 e 2 e a área urbana no entorno.

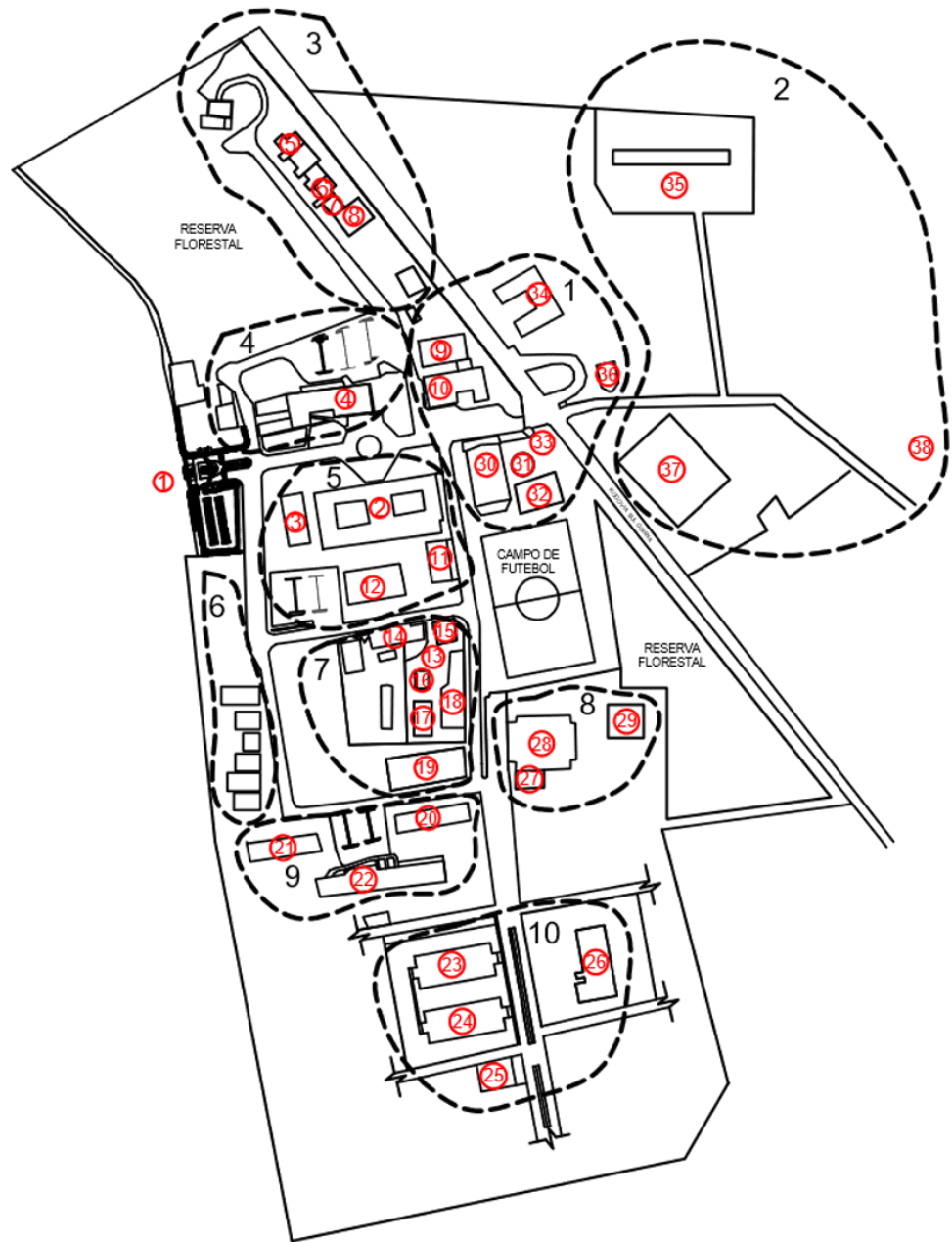
Figura 1: Vista superior do Campus Rio Verde do IF Goiano (Partes 1 e 2).



Fonte: Google Earth (2022)



Figura 2: Zoneamento proposto na área de estudo.



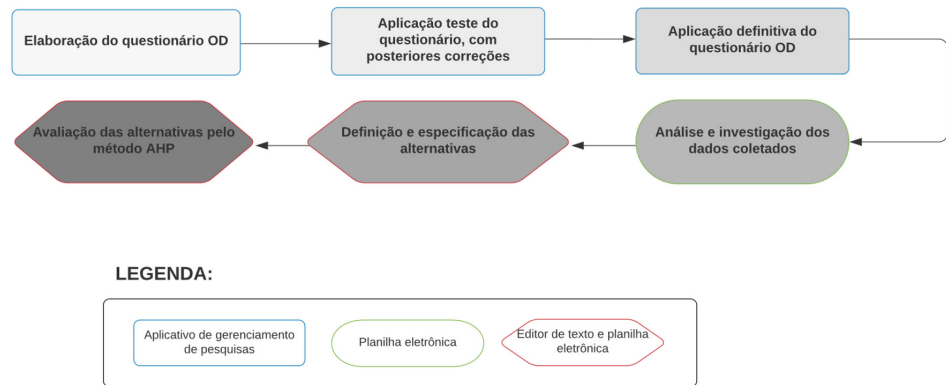
Fonte: autoria própria

### 3.2 Etapas Metodológicas

Na Figura 3 estão apresentadas as etapas metodológicas do trabalho. A primeira etapa consistiu na elaboração de um questionário objetivando avaliar a demanda pelo SCB, focando nas questões de Origem e Destino, em traçar o perfil do público que frequenta o campus,

determinar as principais linhas de desejo internas, e também fornecer as opiniões dos frequentadores com relação as atuais condições de mobilidade do campus e acerca da possível implantação de um SCB na instituição.

Figura 3: Fluxo metodológico de desenvolvimento do trabalho.



Fonte: autoria própria

Após elaboração e execução de ajustes, o questionário foi aplicado de modo remoto, obtendo-se 390 respostas válidas, o que superou o tamanho mínimo de amostra para um grau de confiança de 95% e margem de erro de 5%.

Finalizada a aplicação, procedeu-se à compilação, análise e investigação dos dados coletados. A partir dos dados sintetizados e individuais, pôde-se entender e abstrair informações relevantes, tais como as linhas de desejo internas, as variáveis e fatores que mais interferem em uma possível implantação do sistema, as opiniões dos frequentadores com relação as atuais condições de mobilidade no instituto e com relação ao sistema.

Com base nos instrumentos fornecidos pela análise e investigação dos dados coletados e nas possibilidades existentes, pôde-

se efetuar a elaboração de quatro alternativas, em consonância com os aspectos técnicos previstos no ITDP (2018). Posteriormente, procedeu-se com especificação de cada uma delas em conformidade com as diretrizes e parâmetros do ITDP (2018).

Por fim, de modo a realizar uma avaliação multicritério das soluções desenvolvidas foi aplicado o Método de Análise Hierárquica (AHP).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

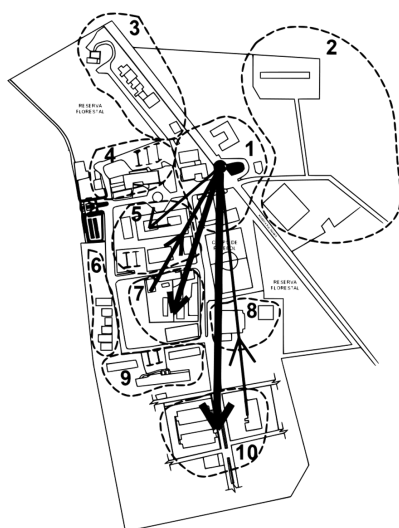
### 4.1 Análise dos Dados Coletados

Os respondentes do questionário se dividiram entre alunos, docentes e técnico-administrativos, permitindo entender as características pessoais dos potenciais usuários do SCB, deslocamentos frequentes no campus e concordância com o uso de bicicletas nos trajetos internos.

Com base nos dados obtidos das questões de origem-destino, foram elaboradas linhas de desejo entre as zonas do Campus. As linhas de desejo expressam as principais demandas de deslocamentos entre as áreas do campus e são instrumentos importantes para o dimensionamento do sistema de compartilhamento de bicicletas. Os cinco principais trajetos tiveram a Zona 1 como ponto de partida ou ponto de chegada, conforme indica a Figura 4.

Figura 4: Linhas de desejo internas (cinco trajetos com maior demanda de deslocamento).

### LINHAS DE DESEJO INTERNAS - CINCO TRAJETOS MAIS FREQUENTES



Zona 1 - DPPG, Bloco II, Ginásio, Refeitório e Cantina, Biblioteca;

Zona 2 - Fazenda e Auditório Jatobá;

Zona 3 - NAIF, Polo de Inovação, Coordenação de Assistência Estudantil e Laboratório de Fisiologia Vegetal;

Zona 4 - Bloco Administrativo e Salão Social;

Zona 5 - Bloco Pedagógico I, Sala dos Professores, Secretaria dos Cursos Técnicos e Superiores, Almoxarifado e Bloco da Informática (Computação);

Zona 6 - Casa dos funcionários e Polo de Inovação Embrapii;






Zona 7 - Bloco Alimentos/Química, Laboratórios Alimentos e Química e Bloco Pedagógico III;

Zona 8 - Bloco da Mecanização e Laboratório Hidráulica/Irrigação;

Zona 9 - Bloco da Zootecnia e Blocos Multidisciplinares;

Zona 10 - Prédios das Engenharias, Prédio da Agroquímica, Laboratório Microbiologia.

#### LEGENDA:

-  1º trajeto - Zona 1 pra zona 10
-  2º trajeto - Zona 1 pra zona 7
-  3º trajeto - Zona 7 pra zona 1
-  4º trajeto - Zona 10 pra zona 1
-  5º trajeto - Zona 1 pra zona 5

Fonte: autoria própria

De acordo com a Figura 4, nota-se que as zonas que concentram os maiores fluxos de deslocamento são: Zona 1 (Que conta com o refeitório, lanchonete, biblioteca, bloco II, ginásio e a DPPG), Zona 5 (pedagógico I, sala dos professores, secretária dos cursos técnicos e superiores, bloco da Informática), Zona 7 (bloco Alimentos/Química, laboratórios Alimentos/Química, pedagógico III) e Zona 10 (prédio das Engenharias, prédio da Agroquímica e Laboratório de Microbiologia).

Nos trajetos destacados na Figura 4, a principal frequência de deslocamento assinalada pelos respondentes foi de "5 vezes por semana". O modo de locomoção mais utilizado foi o "a pé", o que sinaliza mais uma potencialidade para um futuro SCB, já que há possibilidade desses indivíduos migrarem para o modo ciclovitário. No que se refere aos motivos de deslocamento, o mais assinalado foi "assistir aulas". Finalmente, para cumprir os trajetos, os(as) respondentes assinalaram

em sua maioria que levam “até 5 minutos” pra tal objetivo, informação que reafirma as condições favoráveis de utilização de bicicletas no Campus, posto que são alternativas ideais para deslocamentos curtos.

O questionário também revelou a insatisfação de 47,7% dos respondentes com o tempo dispendido para se deslocar dentro do campus, sendo que 92% dos insatisfeitos se deslocam a pé em seus trajetos mais frequentes dentro da instituição. E ainda, os principais da insatisfação foram: distâncias longas, inadequação das vias para deslocamento, falta de segurança e falta de vagas de estacionamento. Também foi possível verificar que o fator que mais influencia na não utilização de bicicletas no Campus seria a falta de segurança, principalmente à noite.

Quanto à implantação de um SCB no

campus, o nível de aceitação foi de 96,6%, notando-se que uma futura implantação seria bem aceita pela comunidade. Além disso, quando questionados se em caso de não poderem utilizar seu modo de transporte corrente, qual seria a opção que utilizariam, 81,5% disseram que utilizariam a bicicleta do sistema a ser implantado, enquanto 13,1% marcaram que se deslocariam a pé, e outros 5,4% se deslocariam com bicicleta própria. Adicionalmente, se observou que 77% das respostas a outra pergunta revelaram que a presença de ciclovias e/ou ciclofaixas influência na decisão do respondente em usar ou não o sistema de compartilhamento de bicicletas.

Outra questão permitiu a análise da percepção dos respondentes quanto a distância máxima aceitável para o deslocamento por bicicleta entre as áreas do campus, que pode ser visualizada na Tabela 2.

Tabela 2 - Distância máxima aceitável para o deslocamento entre as áreas do Campus por bicicletas.

<b>Distância máxima aceitável (m)</b>	<b>Quantidade</b>	<b>% do Total</b>
<b>1800 (11 minutos)</b>	165	42,3%
<b>1500 (9 minutos)</b>	29	7,4%
<b>1100 (6,5 minutos)</b>	59	15,1%
<b>900 (5,5 minutos)</b>	59	15,1%
<b>700 (4,5 minutos)</b>	27	6,9%
<b>500 (3 minutos)</b>	35	9%
<b>300 (2 minutos)</b>	9	2,3%
<b>100 (1 minuto)</b>	7	1,8%
<b>Total</b>	<b>390</b>	<b>100%</b>

Fonte: autoria própria

## 4.2 Definição e Especificação das Alternativas

Com base nos dados presentes na Tabela 2, se tem uma média ponderada de aproximadamente 1,3 km (1300 metros) como distância máxima aceitável para o deslocamento por bicicletas entre as áreas do campus, conseguindo-se atender toda a área da Parte 1 do campus (porção da Instituição ao lado de cima da rodovia Sul Goiana).

Por fim, em questões de preferência declarada, em que se apresentaram diferentes cenários de condição meteorológica, período do dia e distância do trajeto, o meio de deslocamento mesmo rejeitado foi o por bicicleta, enquanto o mais rejeitado foi o deslocamento de moto.

As alternativas definidas para o sistema de bicicletas compartilhadas foram concebidas a partir das diretrizes estabelecidas no Guia de Planejamento de Sistemas de Bicicletas Compartilhadas, publicação do ITDP (2018).

A definição do modelo de sistema de compartilhamento de bicicletas e da forma de serviço (implantação, operação e manutenção) são itens essenciais ao planejamento desses programas. Com base nisso e nas orientações e diretrizes do ITDP (2018), foram definidas e especificadas as alternativas de sistemas de compartilhamento de bicicletas expressas na Tabela 09.

Tabela 3 - Rol de alternativas para SCB no Campus Rio Verde do IF Goiano.

Alternativa	Implantação, operação e manutenção (Responsabilidade)	Modelo
Alternativa 1	Empresa privada (Empresa A)	Com estação ( <i>docking</i> )
Alternativa 2	Empresa privada (Empresa A)	Sem estação ( <i>dockless</i> )
Alternativa 3	Instituição	Com estação ( <i>docking</i> )
Alternativa 4	Instituição	Sem estação ( <i>dockless</i> )

Fonte: autoria própria

### 4.2.1 Dimensionamento dos sistemas

As quatro alternativas foram dimensionadas, em termos de quantidade de estações e quantidade de bicicletas, a partir das diretrizes do Guia de Planejamento de Sistemas de Bicicletas Compartilhadas do ITDP. Com relação ao número de bicicletas, o ITDP recomenda um número entre 10 a 30 bicicletas para cada 1000

habitantes. Para as estações, de 10 a 16 estações por km<sup>2</sup>. Com base nessas recomendações e considerando-se o típico cenário de uma universidade, tendo em vista as informações e características do Campus, a Tabela 4 apresenta os resultados obtidos do dimensionamento.



Tabela 4 - Quantidade de bicicletas, estações e patinetes elétricos das alternativas.

<b>Alternativa</b>	<b>Quantidade de bicicletas</b>	<b>Quantidade de estações</b>	<b>Quantidade de patinetes elétricos</b>
<b>Alternativa 1</b>	50	10	10
<b>Alternativa 2</b>	60	-	-
<b>Alternativa 3</b>	50	10	10
<b>Alternativa 4</b>	60	-	-

Fonte: autoria própria

Observa-se que nas alternativas 1 e 3, ambas "com estação", foram adicionados patinetes elétricos, essa escolha foi feita, pois esses patinetes poderão ser alternativas interessantes a deslocamentos intrazonas, além disso, como irão funcionar sem estações, poderão suprir a demanda de transporte onde não há presença de estações, complementando a oferta de meios de deslocamento.

Nas alternativas 2 e 4, ambas "sem estação", optou-se por aumentar a quantidade de bicicletas (em relação as alternativas 1 e 3), já que o investimento inicial para sistemas sem estações é menor se comparado a sistemas com estações (ITDP,

2018). Em virtude dessa maior oferta de bicicletas e pelo fato do sistema *dockless* não ficar limitado à localidade fixa de estações, não foram adicionados patinetes elétricos nas alternativas 2 e 4.

O ITDP (2018) sugere que os sistemas tenham entre 2 e 2,5 vagas de estacionamento para cada bicicleta, evitando que os usuários se deparem com estações lotadas que impeçam a entrega da bicicleta no momento desejado. Com base nisso, nas alternativas 1 e 3 (com estações), são necessárias no mínimo 100 vagas. A Tabela 5 indica uma maneira otimizada de distribuição das 100 vagas e 50 bicicletas nas estações das alternativas 1 e 3.

Tabela 5 - Distribuição de vagas e bicicletas por estação - Alternativas 1 e 3.

*Código	Nome	Tipo		Quantidade de vagas	Quantidade de bicicletas
		Tronco	Capilar		
ET. 01	Portaria principal		x	10	5
ET. 02	Administrativo - Pedagógico II		x	10	5
ET. 03	Biblioteca		x	10	5
ET. 04	Refeitório - Ginásio	x		10	5
ET. 05	Alimentos - Pedagógico III	x		10	5
ET. 06	Engenharias - Agroquímica e Prédio Alimentos - Biologia	x		10	5
ET. 07	Olericultura e Fruticultura		x	10	5
ET. 08	Avicultura e cunicultura		x	10	5
ET. 09	Ovinocultura e caprinocultura - Suinocultura		x	10	5
ET. 10	Bovinocultura		x	10	5
		Total		100	50

**\*Obs: ET - Estação**

Fonte: autoria própria

As estações foram posicionadas em conformidade com os locais de maior demanda de deslocamento. As estações 04, 05 e 06 foram marcadas como estações-tronco, que são aquelas localizadas nos locais onde há maior demanda por deslocamentos tanto para origem, quanto para destino. Logo, nesses pontos provavelmente haverá maior concentração de bicicletas do que nas outras estações.

A sugestão na Tabela 5 para a distribuição da quantidade total de vagas e, naturalmente, do tamanho de cada estação foi feita para o número sugerido de 50 bicicletas. Ao se introduzir mais bicicletas no sistema, seja pelo aumento de demanda, ou outro motivo, novas vagas devem ser criadas, ampliando-se o tamanho de cada estação, ou

então se instalando estações novas na mesma proporção.

#### 4.2.2 Localização das estações (Alternativas 1 e 3)

As Figuras 5 e 6 apresentam a localização sugerida das 10 estações das alternativas 1 e 3, de acordo com os princípios orientados pelo ITDP (2018), visando oferecer conforto, conveniência e comodidade aos usuários.

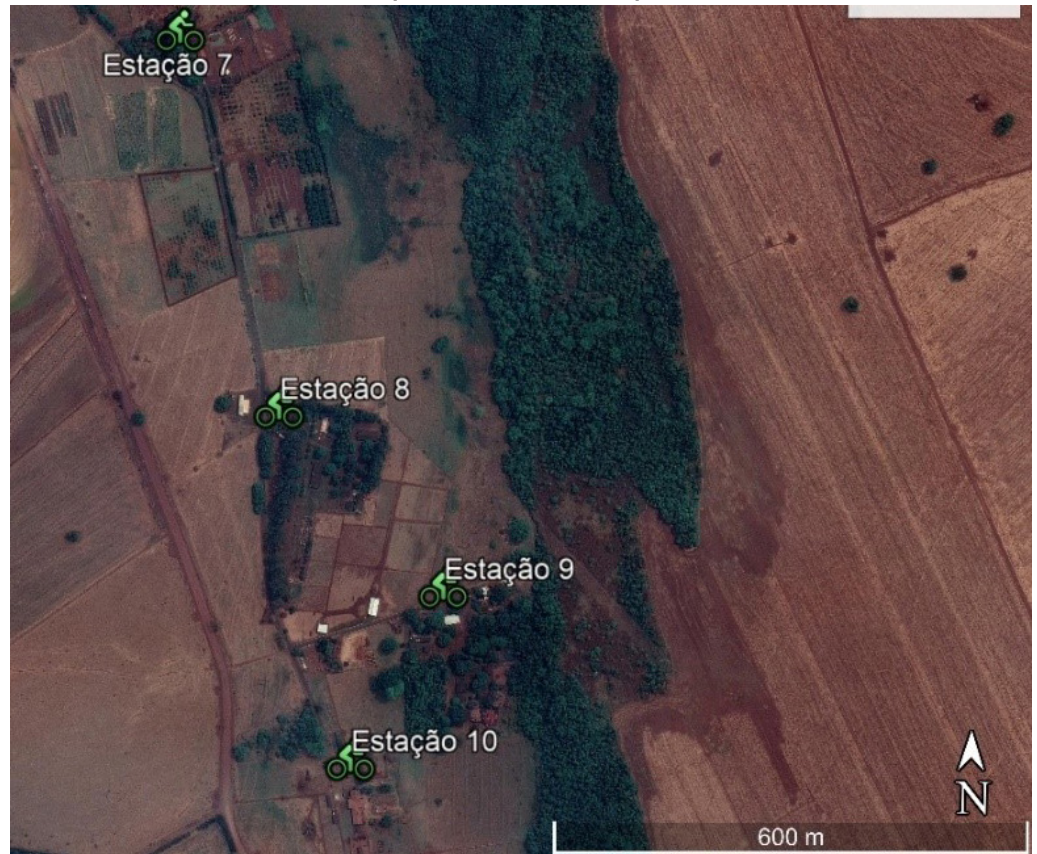
A Figura 5 apresenta a localização das 6 estações na Parte 1 da instituição, onde estão localizados os blocos pedagógicos, pavilhões, laboratórios, espaços de convivência e setores administrativos. A Figura 6 mostra a localização das 4 estações na Parte 2 da instituição, onde está localizada a Fazenda Escola do campus.

Figura 5: Mapa geral de localização das estações sugeridas – Parte 1 (alternativas 1 e 3).



Fonte: Google Earth (2022).

Figura 6: Mapa geral de localização das estações sugeridas – Parte 2 (alternativas 1 e 3).



Fonte: Google Earth (2022).

### 4.2.3 Especificações gerais das bicicletas

As bicicletas deverão contar com algumas características básicas, tendo-se em vista tanto um sistema totalmente automatizado assim como um sistema parcialmente automatizado. As características gerais são: Devem ser novas (zero km); Materiais compatíveis com a durabilidade, resistência e segurança; Design padronizado que confira identidade visual ao sistema; Assentos confortáveis; Selins com altura regulável; Peso máximo de 20 (vinte) quilogramas cada; Suporte para artigos pessoais projetado para acomodar objetos de vários tamanhos e formatos;

Sinalização noturna dianteira, traseira, laterais e nos pedais; Acessórios de sinalização; Pneus em boas condições de conservação; Sistema de identificação (RFID ou outro tipo); Trava (eletrônica ou manual) para liberação e travamento no ato da retirada e devolução (nas estações ou área de abrangência do APP); Identidade visual e forma de divulgação da marca institucional do programa; Podem apresentar publicidade da empresa patrocinadora do projeto em tamanho proporcional a estes elementos, desde que este elemento não prejudique o funcionamento.



Nas alternativas 1 e 2, as bicicletas contam com todas as características listadas acima, exceto pelo fato de que alternativa 2, por ser do tipo “sem estações”, as bicicletas contam com sistema de GPS para geolocalização e um chip para comunicação, com alimentação feita por bateria solar na bicicleta. Nas alternativas 3 e 4, foi analisada a possibilidade de compra de bicicletas convencionais. No entanto, pelo fato de necessitarem de manutenção frequente e por não possuírem algumas características básicas de bicicletas para sistemas de compartilhamento, optou-se por procurar empresas que disponibilizassem para venda bicicletas próprias para SCB.

#### **4.2.4 Sistema de controle operacional**

Na alternativa 1, com serviço (implantação, operação e manutenção) oferecido pela Empresa A e “com estações”, o sistema de travamento é eletrônico, podendo a liberação ser feita através de aplicativo ou site, e também por display com teclado para liberação sem o uso do celular. Já os patinetes funcionarão sob o sistema “sem estações”, sendo que seu destravamento será feito através de aplicativo.

Na alternativa 2, com serviço oferecido pela Empresa A e “sem estações”, o sistema de travamento é eletrônico, podendo a liberação ser feita através de aplicativo ou site apenas.

Na alternativa 3, com serviço feito pela própria “Instituição” e “com estações”, o travamento é feito de forma manual, com o uso de chaves e trava em formato de U. O sistema de controle consiste em manter as chaves das bicicletas em

gabinetes automáticos dispostos em cada estação, onde os passageiros podem retirar as chaves e devolvê-las também, a partir de um meio de identificação (cartão, biometria, número de matrícula, etc.), assim como uma biblioteca. Portanto, as bicicletas quando estacionadas ficam presas em paraciclos externos as edificações onde estarão localizados os gabinetes. Já os patinetes funcionarão sob o sistema “sem estações”, sendo que seu destravamento será feito através de aplicativo.

Na alternativa 4, com serviço feito pela própria “Instituição” e “sem estações”, não haverá sistema de travamento, pautando essa escolha no fato do Campus ser um ambiente controlado e monitorado, contando com apenas duas portarias e vigilantes em trânsito na maior parte do dia. Além disso, a identidade visual e o design das bikes vão contribuir no sentido de inviabilizar furtos e depreciações. No entanto, as bicicletas vão contar com sistema de GPS para rastreamento, e um aplicativo para identificação e localização das bicicletas para os usuários. Ressalta-se que a identificação seria opcional, mas os usuários seriam instruídos a fazer esse processo, no intuito de se obter um controle melhor do sistema.

#### **4.2.5 Manutenção das bicicletas**

A manutenção é muito importante para que a frota de bicicletas compartilhadas funcione sem problemas e se mantenham os custos mínimos, cumprindo as normas de saúde e segurança (ITDP, 2014).

Nas alternativas 1 e 2, a empresa operadora é a responsável pelo acompanhamento, mas pode-

se também estimular que os usuários executem uma verificação de manutenção antes e após o uso. Dessa maneira, a operadora terá liberdade para definição de seus procedimentos e controle de manutenção.

Nas alternativas 3 e 4, o Campus pode terceirizar o serviço de manutenção das bikes ou mesmo promover a contratação de equipe responsável, sendo que pode ser interessante o sistema conter pelo menos um mecânico em tempo integral.

Além disso, é interessante que nas alternativas 3 e 4 seja definida uma equipe para gerenciamento dos sistemas, com os encargos de fazer monitoramento de dados, executar o controle de avaliação diária das bikes (que pode ser feito por meio de tabelas de checagem), receber as comunicações de falhas e defeitos das bikes, auxiliar no uso dos sistemas, elaborar relatórios de adesão, etc.

De acordo com ITDP (2014), a revisão deve ser feita a cada três meses se as bicicletas forem usadas, em média, até 100 km/mês. Entre 50 e 150 km/mês a revisão deve ser realizada a cada 2 meses. Se as bicicletas tiverem uso intenso, mais de 300 km por mês, recomenda-se manutenção mensal.

A bicicleta é composta de partes fixas e móveis que, por isto, se desgastam em intervalos de tempo distintos. Uma bicicleta integrante da frota sofre um desgaste maior, tanto por seu uso intenso, quanto por estar mais exposta às condições ambientais (sol, chuva, poluição, etc.) (ITDP, 2014). Nas alternativas 2 e 4, por serem "sem estações", as bicicletas ficam mais expostas as

intempéries, logo, necessitarão de maior rigurosidade de manutenção.

Além do controle de avarias, o ITDP (2014) revela que a higiene é um item decisivo para a atratividade do serviço. Embora possa ser usada, uma bicicleta suja depõe contra a qualidade e imagem da frota. Uma limpeza geral deve ser feita diariamente.

#### **4.2.6 Custos de implantação e operacionais**

No que se refere aos custos de implantação e operação do sistema, as alternativas 1 e 2 foram orçadas junto a Empresa A. O orçamento recebido não discrimina o valor de cada item do serviço. No entanto, vale ressaltar que a empresa trabalha sob contratos de serviço, logo, ao final do contrato, supondo um desvinculamento da empresa com a instituição, todos os itens do sistema (bicicletas, patinetes elétricos, estações, etc.) seriam retirados. Quanto ao custo de implantação para a alternativa 3, foram feitos orçamentos de 50 bicicletas próprias para sistemas de compartilhamento (com a Empresa B), 10 patinetes elétricos próprios para sistemas de compartilhamento (Empresa C – também americana) e 10 gabinetes controladores de chave de 1 módulo com 16 chaves (Empresa D – brasileira, revendedora). Já para a alternativa 4, foram cotadas apenas 60 bicicletas próprias para sistemas de compartilhamento (Empresa B).

#### **4.2.7 Síntese das características das alternativas**

De forma resumida, a Tabela 6 apresenta as características básicas de cada alternativa definida.



Tabela 6 - Diretrizes gerais para as quatro alternativas de SCB para o Campus Rio Verde.

	Alternativa	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
	Nome	Pedala IF	Pedala IF	Pedala IF	Pedala IF
	Início	2022	2022	2022	2022
	Tipo	Com estações	Sem estações	Com estações	Sem estações
<b>Estrutura</b>	Implantação	Empresa A	Empresa A	Instituição	Instituição
	Operação	Empresa A	Empresa A	Instituição	Instituição
	Manutenção	Empresa A	Empresa A	À definir	À definir
	Quantidade de bicicletas	50	60	50	60
	Quantidade de patinetes	10	-	10	-
	Quantidade de estações	10	-	10	-
<b>Estação</b>	Vagas/estação	10	-	10	-
	Bicicletas/estação	5	-	5	-
	Específica para SCB	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Bicicletas</b>	Etiqueta de identificação RFID	Sim	Não	Não	Não
	Sistema de GPS	Não	Sim	Não	Sim
	Trava	Eletrônica	Eletrônica	Manual	Sem trava
<b>Serviço</b>	Sistema de controle operacional	Automático	Automático	Parcialmente automático	Apenas App para localizar as bikes
	<b>Custos (Por 3 anos)</b>	Implantação	R\$ 560.291,00	R\$ 126.350,00	R\$ 800.000,00
Operacional/mês		R\$ 62.218,03	R\$ 47.430,28	R\$ 11.470,00	R\$ 13.764,00

Fonte: autoria própria

### 4.3 Avaliação das Alternativas pelo Método AHP

Neste trabalho adotou-se por utilizar o Método de Análise Hierárquica (AHP) para a avaliação das alternativas. O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) é o método de multicritério mais amplamente utilizado e conhecido no apoio à tomada de decisão na resolução de conflitos negociados, em problemas com múltiplos critérios (MARINS; SOUZA; BARROS, 2009).

Esse método se baseia no método newtoniano e cartesiano de pensar, que busca tratar a complexidade com a decomposição e divisão do problema em fatores, que podem ainda ser decompostos em novos fatores até ao nível mais baixo, claros e dimensionáveis e estabelecendo relações para depois sintetizar (MARINS; SOUZA; BARROS, 2009).

#### 4.3.1. Etapa 1 - Construção da hierarquia do problema

Para a aplicação do método AHP, é necessário inicialmente a estruturação do problema, dividindo-o em: foco principal; critérios; subcritérios (quando houverem); e, alternativas.

A sustentabilidade possui três dimensões: ambiental, econômica e social (IMHOF, 2018). Com base nessas dimensões, para este estudo, foram definidos três critérios utilizados para avaliação das alternativas pelo método AHP, em seguida foram definidos dois subcritérios para cada critério. A Tabela 7 apresenta os critérios e subcritérios definidos.

Tabela 7 - Critérios e subcritérios relevantes a avaliação de alternativas de implantação do SCB.

<b>Critérios</b>	<b>Subcritérios</b>
<b>Ambiental</b>	Técnico
	Emissão de poluentes e fonte de energia
<b>Econômico</b>	Custos
	Receitas
<b>Social</b>	Acessibilidade
	Capacidade de atendimento

Fonte: autoria própria

Os sistemas de compartilhamento de bicicletas estão amplamente associados aos seus impactos ambientais, mediante isso, sistemas com qualidade técnica superior possibilitam vida útil maior, e conseqüentemente um impacto ambiental menor. Além disso, de acordo com Oliveira, Silva e Andrade (2019), aspectos técnicos como falhas nas bicicletas e no sistema são uns dos principais fatores para depreciação e desligamento de sistemas de compartilhamento de bicicletas em universidades.

Os SCB promovem redução na utilização de veículos motorizados, e conseqüentemente reduzem a emissão de gases poluentes, melhorando a qualidade do ar nos ambientes onde estão inseridos. Ainda, alguns sistemas utilizam energias renováveis como fonte para seu funcionamento, gerando um impacto ainda menor desses sistemas (ITDP, 2018). Mediante esses fatores, o critério "ambiental" se mostra interessante à aplicação no método AHP.

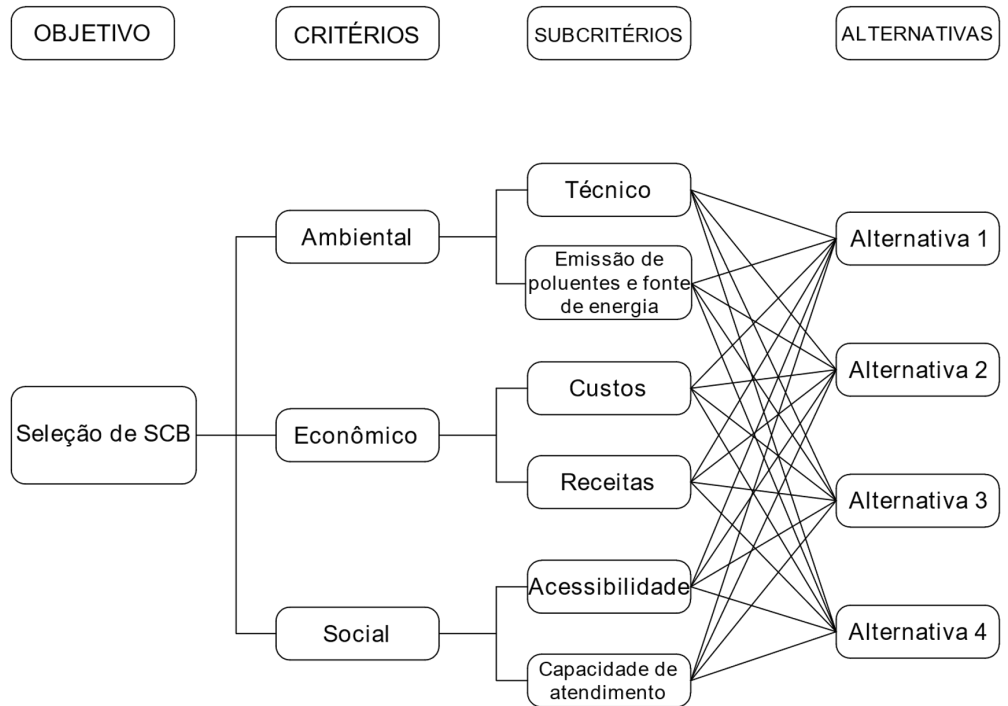
O critério econômico é uma variável relevante para a implantação de sistemas de compartilhamento de bicicletas em universidades brasileiras, principalmente os custos. A escolha do tipo de sistema e do modo de implantação, operação e manutenção é essencial a definição do modelo econômico de funcionamento do SCB, influenciando diretamente

nos custos e receitas inerentes aos sistemas. Principalmente por se tratar de uma Instituição Federal de Ensino, o critério "econômico" é de grande interesse à aplicação no método AHP.

Os sistemas de compartilhamento de bicicletas apresentam uma vertente social muito forte, principalmente por melhorarem o ambiente da comunidade pelo uso compartilhado de produtos e propiciarem melhora na saúde dos usuários pela prática de atividade física. Além disso, se trata de um modo sustentável e socialmente equitativo de transporte (IMHOF, 2018). Com isso, se justifica a escolha do critério "social" para aplicação no método AHP, avaliando-o por meio dos subcritérios "acessibilidade" e "capacidade de atendimento", ambos relacionados a ótica social do sistema. A "acessibilidade" se refere a facilidade que o sistema oferece ao usuário em usá-lo, envolvendo aspectos como acesso às bicicletas, condições de pagamento oferecidas, necessidade de internet e smartphone pra usar o sistema, etc. Enquanto a "capacidade de atendimento" está relacionada as condições dispostas pelo sistema para propiciar uma maior taxa de adesão a ele, levando em consideração principalmente seu potencial de viagens.

Os elementos e estrutura hierárquica do problema estão apresentados na Figura 7.

Figura 7: Estrutura hierárquica do problema.



Fonte: autoria própria

#### 4.3.1 Etapa 2 – Julgamentos de valor

De acordo com Costa (2002), no âmbito do AHP, deve se comparar par a par (ou paritariamente) os elementos de uma camada ou nível da hierarquia à luz de cada um dos elementos em conexão em uma camada superior da hierarquia. Dessa forma, devem ser comparados paritariamente: 1 - O desempenho das quatro alternativas à luz de cada um dos subcritérios; 2 - A importância dos subcritérios à luz de cada um dos critérios ligados aos mesmos; e 3 - A importância dos critérios à luz do foco principal.

Uma escala deve ser estabelecida para essas comparações, a partir disso, os julgamentos em escala verbal devem ser convertidos para escala numérica com o auxílio da Tabela 8.

Devido a limitação de espaço, são apresentados os passos conduzidos na aplicação do método, mas apenas com a apresentação parcial das etapas e resultados finais.

Tabela 8 - Conversão da escala verbal em escala numérica.

<b>Escala Verbal</b>	<b>Escala Numérica*</b>
<b>Igual preferência (importância)</b>	1
<b>Preferência (importância) moderada</b>	3
<b>Preferência (importância) forte</b>	5
<b>Preferência (importância) muito forte</b>	7
<b>Preferência (importância) absoluta</b>	9

**\*Observação: 2, 4, 6 e 8 são associados à julgamentos intermediários.**

Fonte: SAATY (2000).

#### **4.3.1.1 Julgamentos das alternativas à luz dos subcritérios**

Nessa etapa de comparação, foram utilizados meios como bibliografia com enfoque em SCB, contato com empresas do setor e universidades com SCB próprio e as próprias características de cada alternativa, para o julgamento adequado das alternativas frente os subcritérios.

#### **4.3.1.2 Julgamentos dos subcritérios à luz dos critérios correspondentes e à luz do foco principal**

Nessa etapa foi elaborado e aplicado um questionário à equipe diretiva do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde (diretor-geral, diretores sistêmicos e gerentes), tendo em

vista que o processo decisório passa por esses atores. Os critérios e subcritérios foram apresentados aos respondentes, de maneira objetiva e neutra. Em seguida os respondentes tiveram de julgar por meio de alternativas em escala verbal os subcritérios (paritariamente) à luz dos seus respectivos critérios. Além disso, também subsidiou o o julgamento dos critérios (paritariamente) à luz do foco principal. Para a obtenção dos valores nas matrizes, foram considerados os valores de mediana das respostas obtidas pra cada questão. Os resultados são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Matriz de comparação dos critérios à luz do foco principal.

	<b>Ambiental</b>	<b>Econômico</b>	<b>Social</b>
<b>Ambiental</b>	1	6	4
<b>Econômico</b>	1/6	1	2
<b>Social</b>	1/4	1/2	1

Fonte: autoria própria

#### 4.3.2 Etapa 3 – Normalização dos quadros de julgamentos

Com o objetivo de colocar os valores numéricos dentro do intervalo de 0 e 1, efetuou-se a normalização dos quadros de julgamentos.

#### 4.3.3 Etapa 4 – Prioridades médias locais e globais (PML e PG)

#### 4.3.3.1 Prioridades médias locais (PML)

Nessa etapa, foram obtidas as prioridades médias locais (PML), revelando o grau de prioridade das alternativas frente a cada um dos subcritérios e dos critérios. A Tabela 10 apresenta as PML's das alternativas frente aos subcritérios.

Tabela 10 - PML's das alternativas frente os subcritérios.

Alternativa	PML técnico	PML emissão	PML custos	PML receitas	PML acessibilidade	PML capacidade
Alternativa 1	0,30	0,13	0,04	0,58	0,31	0,15
Alternativa 2	0,51	0,38	0,10	0,09	0,24	0,29
Alternativa 3	0,07	0,13	0,27	0,25	0,14	0,07
Alternativa 4	0,12	0,38	0,59	0,08	0,31	0,49

Fonte: autoria própria

Já a Tabela 11 apresenta as PML's dos critérios frente ao foco principal. É possível observar dentre os critérios, aquele que mais pesa frente o foco principal, que é o "Ambiental" (0,69). Essa preferência dos gestores reflete a principal vertente associada ao sistema de compartilhamento de bicicletas, que é justamente

propiciar uma alternativa sustentável de transportes aos frequentadores da instituição. Além disso, a futura existência de um Jardim Botânico na área de campus corrobora essa priorização, tendo uma vista uma futura integração de ambos os sistemas.

Tabela 11 - PML's dos critérios frente o "foco principal".

Critério	PML <sub>foco</sub>
Ambiental	0,69
Econômico	0,18
Social	0,13

Fonte: autoria própria



### 4.3.3.2 Prioridades médias globais (PG)

De acordo com Costa (2002), o principal objetivo do método AHP é fornecer um vetor de prioridades global (PG), que armazene a prioridade associada a cada alternativa em relação ao foco

principal ou objetivo global. Perante a combinação das PML's, obteve-se a Tabela 12, que expõe os desempenhos (prioridades) das alternativas à luz do foco principal.

Tabela 12 - PG's das alternativas frente o foco principal.

<b>Alternativa</b>	<b>PG<sub>foco</sub></b>
<b>Alternativa 1</b>	0,25
<b>Alternativa 2</b>	0,37
<b>Alternativa 3</b>	0,12
<b>Alternativa 4</b>	0,26

Fonte: autoria própria

Assim, observa-se que para o problema do trabalho, "a definição de um SCB para a instituição", a alternativa que atende melhor as necessidades dos decisores é a "Alternativa 2" (0,37). A segunda na preferência dos mesmos seria a "Alternativa 4" (0,26) logo seguida da "Alternativa 1" (0,25). Por último na ordem de preferência está a "Alternativa 3" (0,12).

O resultado pode ser explicado pelo fato de que na visão da equipe da direção, o critério e subcritério mais importante foi o "Ambiental" e o "Técnico", respectivamente. Com isso, por ter apresentado melhor desempenho no aspecto técnico, com base na análise feita no presente trabalho, a alternativa 2 apresenta uma preferência maior com relação as outras.

### 4.3.4 Etapa 5 – Análise de consistência

De acordo com Costa (2002), dado o alto número de comparações nesse problema em questão, principalmente das alternativas à luz dos subcritérios, é conveniente fazer a análise de consistência dos quadros de julgamentos.

Costa (2002) relata que a Razão de Consistência (RC) é o índice que permite avaliar a inconsistência em função da ordem da matriz de julgamentos. Caso este valor seja maior do que 0,1, recomenda-se a revisão do modelo e/ou dos julgamentos. Após realização dos testes, foi verificada a adequação dos critérios e pesos para a adequada condução do método.

## 5 CONCLUSÕES

Tendo em vista os resultados apresentados na seção anterior e com base no objetivo principal do trabalho, que era a avaliação de alternativas de implantação de SCB no Campus Rio Verde do IF Goiano, foram satisfeitos os principais escopos definidos. A análise da demanda potencial, através do questionário aplicado, permitiu um bom traçado do cenário de transportes do Campus, além da compreensão do perfil e preferências dos respondentes. Mediante isso, as alternativas definidas foram todas pautadas no atendimento das principais linhas de desejo de deslocamento na Instituição, e também em critérios e premissas estabelecidos pelo Guia de Sistemas de Bicicletas Compartilhadas (2018).

De posse das características básicas das alternativas, variando entre elas o tipo de sistema e a diligência de administração, sendo a alternativa 1 (Com estações – Empresa privada), a alternativa 2 (Sem estações – Empresa privada), a alternativa 3 (Com estações – Instituição) e alternativa 4 (Sem estações – Instituição), pôde-se aplicar o método AHP para a priorização das mesmas, partindo-se de critérios e subcritérios ponderados pela equipe de gestão da instituição. Por consequência da aplicação do método, a alternativa que apresentou melhor desempenho haja vista a escolha do SCB mais adequado, foi a alternativa 2. O critério e subcritério mais importante na visão da equipe de gestão do campus foi o ambiental e o técnico, respectivamente. Por ter apresentado maior prioridade com relação ao técnico que as outras, a alternativa 2 se configurou como a escolha fornecida pela aplicação do método AHP.

Assim, foi possível indicar, de forma hierárquica, as soluções mais adequadas e compatíveis com a realidade e perfil dos potenciais usuários do sistema a ser implantado no campus.

## 6 REFERÊNCIAS

ADÃO, Nilton M. L.; AURAS, Josiane S.. *Proposta de um Sistema de Compartilhamento de Bicicletas como Alternativa para a Mobilidade Urbana no Município de Joinville – SC*. Revista Brasileira de Tecnologias Sociais. 2019. Disponível em: <<https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/rbts/article/view/15263>>. DOI: 10.14210/RBTS.V6N2.P91-110.

BRASIL. *Lei nº 12.587*, de 3 de janeiro de 2012. Política Nacional de Mobilidade Urbana. Planalto. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12587.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12587.htm).

CADURIN, Leonardo Dal Pico and RODRIGUES DA SILVA, Antônio Nélon. *Estudo Exploratório da Demanda Potencial para um Sistema de Compartilhamento de Bicicletas Pedelecs*. urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana [online]. 2017, vol.9, suppl.1, pp.372-384. ISSN 2175-3369. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.009.supl1.ao09>.

COSTA, Helder Gomes. *Introdução Ao Método De Análise Hierárquica: Análise Multicritério No Auxílio À Decisão*. Niterói: H.G.C., 2002.

DeMAIO, Paul. *Bike-sharing: History, Impacts, Models of Provision, and Future*. Journal of Public Transportation, Tampa, 2009. Volume 12, Número 4, p. 41-56.

- GAZOLLA, Dimas Alberto; PEREIRA, Leonardo Zinato. *Indicadores De Eficiência De Um Sistema De Compartilhamento De Bicicletas Em Campus Universitário*. PLURIS, [s. l.], 24 out. 2018. Disponível em: <https://www.dec.uc.pt/pluris2018/Paper1008.pdf>. Acesso em: janeiro de 2022.
- GOOGLE EARTH. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em maio de 2022.
- ITDP (2014) *Guia de Planejamento de Sistemas de Bicicletas Compartilhadas*. Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento. Rio de Janeiro/RJ. Disponível em: < [http://itdpbrasil.org.br/wp-content/uploads/2014/11/ITDP-Brasil\\_Guia-de-Planejamento-de-Sistemas-de-Bicicletas-Compartilhadas\\_1avers%C3%A3o.pdf](http://itdpbrasil.org.br/wp-content/uploads/2014/11/ITDP-Brasil_Guia-de-Planejamento-de-Sistemas-de-Bicicletas-Compartilhadas_1avers%C3%A3o.pdf)>. Acesso em: dezembro de 2021.
- ITDP (2018) *Guia de Planejamento de Sistemas de Bicicletas Compartilhadas*. Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento. Rio de Janeiro/RJ. Disponível em: < [http://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/05/2-BSPG\\_Portugu%C3%AAs-1.pdf](http://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/05/2-BSPG_Portugu%C3%AAs-1.pdf)>. Acesso em: dezembro de 2021.
- IMHOF, Aline Cervi. *Sistemas De Compartilhamento De Bicicletas Sob A Perspectiva Dos Sistemas Produto-Serviço: Contribuições Para A Sustentabilidade*. 2018. 173p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
- MARINS, C. S. et al. *Uso Do Método De Análise Hierárquica (Ahp) Na Tomada De Decisões Gerenciais: Um Estudo De Caso*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA PERACIONAL, 41, 2009, Porto Seguro- Ba. XLI SBPO. Porto Seguro - Ba: Unifacs, 2009. v. 1, p. 1778 - 1788. Anais... Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. P. Seguro, 2009.
- OLIVEIRA, C. A.; DA SILVA, L. F.; DE ANDRADE, N. P. *Compartilhamento de Bicicletas em Instituições Brasileiras de Ensino Superior*. Anpet, [S. l.], p. 1-12, 10 nov. 2019. Disponível em: [http://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Gest%C3%A3o%20de%20Transportes/Gest%C3%A3o%20do%20Transporte%20de%20Passageiros/5\\_48\\_AC.pdf](http://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Gest%C3%A3o%20de%20Transportes/Gest%C3%A3o%20do%20Transporte%20de%20Passageiros/5_48_AC.pdf). Acesso em: maio de 2022.
- SAATY, T. L. "Método de Análise Hierárquica". tradução de Wainer da Silveira e Silva. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda, 1991.
- SILVA, P. B.; DE SOUSA, A. M.; DE OLIVEIRA, R. A. C.; DE ARRUDA, F. S. *Implantação De Sistemas De Compartilhamento De Bicicletas No Contexto Brasileiro: Aspectos Norteadores*. Multi-Science, [S. l.], ano 2019, v. 2, n. 2, p. 1-5, 16 out. 2019. DOI <http://dx.doi.org/10.33837/msj.v2i2.904>. Disponível em: <https://www.ifgoiano.edu.br/periodicos/index.php/multiscience/article/view/904>. Acesso em: dezembro de 2021.

# LEVANTAMENTO DE DADOS PARA GESTÃO DE REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO

*Data survey for the management of reuse of waste from urban afforestation in the municipality of São Bernardo do Campo*

*Recolección de datos para gestión de reaprovechamiento de los residuos de la arborización urbana en el municipio de São Bernardo do Campo*

**NELO, L. M. A<sup>1</sup>**

## Resumo

É grande a demanda para as questões de redução dos resíduos sólidos urbanos a nível nacional, na qual se incluem os resíduos da poda urbana. Não existem leis e diretrizes específicas direcionadas aos resíduos da poda, estando assim enquadrados nas leis de limpeza pública urbana. O material verde oriundo da poda gera grande volume de resíduos, sendo necessário buscar possibilidades, recursos para o reuso desses resíduos orgânicos e, através de viabilidades técnicas, sustentáveis e de reaproveitamento promover a minimização e fazer o descarte ambientalmente correto. A arborização urbana, como elemento importante no plano urbano de um município, é benéfica para todas as qualidades de vida, e os resíduos por ela gerados são matérias-primas abundantes, sustentáveis com grande variação de uso. Para trabalhar de forma adequada esses resíduos, é preciso uma gestão sadia sustentavelmente. A utilização dos resíduos da poda é um recurso de baixo custo, vantajoso por conta da sua variedade arbórea de aplicação. Desenvolver um plano de gestão de reaproveitamento de resíduos da poda que possa explorar melhor o insumo orgânico, contribuindo com ambiental, social e econômico. Criar soluções que permitam ações integradas, gerando trabalho, aprendizado, renda e economia ao município, além de educação ambiental. A gestão como forma de reaproveitamento é o dispositivo de valorização de todo esse material, é o estímulo ao desenvolvimento sustentável, é o inserir do olhar para a renovação o que pode ser reaproveitado. Agregar valores e, de forma econômica e combinada, aumentar a capacidade como matéria-prima orgânica, proporcionando ações ecológicas para o município e para a sociedade. Conscientização e esforços são necessários por parte da gestão municipal e da sociedade em geral quanto aos benefícios do reaproveitamento e utilização dos insumos da poda urbana.

**Palavras-chave:** Resíduos; arborização urbana; sustentabilidade; educação ambiental

<sup>1</sup>Mestranda em Cidades Inteligentes e Sustentáveis pela Universidade Nove de Julho - UNINOVE  orcid: [0000-0003-0049-797X](https://orcid.org/0000-0003-0049-797X) [arquiteta.ledanelo@gmail.com](mailto:arquiteta.ledanelo@gmail.com)

Data da Submissão:  
29março2023  
Data da Aprovação:  
27abril2023  
Data da Publicação:  
22junho2023

COMO CITAR:

NELO, L. M. A.. LEVANTAMENTO DE DADOS PARA GESTÃO DE REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO. **Engenharia Urbana em Debate**. São Carlos, V4, n1, 2023. <https://doi.org/10.59550/engurbdebate.v4i1.83>



## Abstract

There is a great demand for the reduction of solid urban waste issues at the national level, which includes urban pruning waste. There are no specific laws and guidelines directed to pruning waste, thus falling under the urban general cleaning laws. The green material from pruning generates a large volume of waste, and it is necessary to seek possibilities and resources to reuse this organic waste. Through technical feasibility, sustainability, and reuse,

promote the minimization and make environmentally correct disposal. Urban afforestation, as a relevant element in the urban plan of a municipality, is beneficial to all qualities of life, and the waste it generates is an abundant, sustainable raw material with a wide variation of use. To adequately work these residues, sustainable management is needed. The use of pruning residues is a low-cost resource, advantageous because of its arboreal variety of applications. To develop a management plan for the reuse of pruning residues that can better exploit the organic input, contributing to the environmental, social, and economic aspects. To create solutions that allow integrated actions, generating work, learning, income, and economy to the municipality, along with environmental education. The management as a form of reuse is the valorization device of all this material. It is the stimulus to sustainable development and the insertion of the look for the renewal of what can be reused. Adding value and, in an economic and combined way, increasing the capacity as organic raw material, providing ecological actions for the municipality and society. Awareness and efforts are needed by the city government and society in general regarding the benefits of reuse and use of urban pruning inputs.

**Keywords:** Residues; urban afforestation; sustainability; environmental education.

## Resumen

Existe una gran demanda por los temas de reducción de residuos sólidos urbanos a nivel nacional, al que se incluyen los residuos de la poda urbana. No existen leyes y directrices específicas dirigidas a los residuos de la poda, estando así encuadrados en las leyes de limpieza pública urbana. El material verde proveniente de la poda genera gran volumen de residuos, siendo necesario buscar posibilidades y recursos para la reutilización de esos residuos orgánicos. A través de viabilidades técnicas, sostenibles y de reaprovechamiento promover la minimización y hacer el descarte ambientalmente correcto. La forestación urbana, como factor importante en el plan urbano de un municipio, es beneficiosa para todas las cualidades de vida, y los residuos generados por ella es materia prima abundante, sostenible con amplia variación de uso. Para trabajar correctamente estos residuos, es necesaria una buena gestión sostenible. El aprovechamiento de los residuos de la poda es un recurso de bajo costo, ventajoso por su variedad arbórea de aplicación. Desarrollar un plan de gestión de reaprovechamiento de residuos de la poda que pueda explotar mejor el insumo orgánico, contribuyendo con los aspectos ambientales, sociales y económicos. Crear soluciones que permitan acciones integradas, generando trabajo, aprendizaje, renta y economía al municipio, además de educación ambiental. La gestión como forma de reaprovechamiento es el dispositivo de valorización de todo ese material, es el estímulo al desarrollo sostenible, es el insertar de la mirada para la renovación a lo que puede ser reaprovechado. Agregar valores y, de forma económica y combinada, aumentar la capacidad como materia prima orgánica, proporcionando acciones ecológicas para el municipio y para la sociedad. Concientización y esfuerzos son necesarios por parte de la gestión municipal y de la sociedad en general en cuanto a los beneficios del reaprovechamiento y utilización de los insumos de la poda urbana.

**Palabras clave:** Residuos; forestación urbana; sostenibilidad; educación ambiental.

## 1.INTRODUÇÃO

A arborização urbana atua sobre o conforto humano no ambiente, por meio das características naturais das árvores, proporciona sombra para os pedestres e veículos, reduz a poluição sonora, melhora a qualidade do ar, diminui a amplitude térmica, proporciona abrigo para os pássaros e harmonia estética, o que ameniza a diferença entre a escala humana e os

outros componentes arquitetônicos como prédios, muros e grandes avenidas (SILVA FILHO, 2006). A existência de árvores em regiões urbanas tem uma série de vantagens, além de trazer beleza e uma sensação de conforto, as árvores diminuem mais de 90% da temperatura e suas sombras filtram a poluição de material particulado (BUCKERIDGE, 2015). O planejamento urbano, juntamente com um bem elaborado complexo de arborização urbana e seus elementos vegetativos voltados para a valorização do espaço urbano é importantíssimo para o bom desempenho da cidade, de seus habitantes e seu meio ambiente. Para Silva Filho (2006) as árvores urbanas desempenham uma importante função no embelezamento da paisagem, na redução da poluição atmosférica, na moderação do balanço energético do município e no escoamento superficial da água de chuva. Apesar dos benefícios diretos da arborização urbana, temos muitos desafios para mantê-la nas cidades, um deles está relacionado com o manejo.

Conforme a meta 11.6 ODS-11 da Agenda 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive com especial atenção à qualidade do ar, gestão dos resíduos municipais e outros; e a meta 12.5 do ODS-12, reduzir substancialmente geração e resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso, é um incentivo e escopo às municipalidades para aprimorar e estender sua gestão e ações voltadas para essas questões de sustentabilidade social, ambiental e ecossistêmica. O Estado de São Paulo possui um programa de incentivo às cidades chamado Programa Verde Azul que orienta o manejo e plantio gerando notas “ecológicas” para as

cidades que cumpram com esses conceitos e agregando valores para futuros investimentos para esses municípios.

Poucas cidades no Brasil possuem destinação correta do uso dos resíduos de poda, resíduos esses que podem chegar a mais de 50 toneladas anuais que vão direto para os aterros sanitários. A falta de modelos eficientes para a gestão dos resíduos das podas da arborização urbana, tem resultado em diversos problemas ambientais, sociais e econômicos resultantes da disposição inadequada desses materiais. O gerenciamento inadequado destes resíduos tem resultado em altos custos para os municípios, o comprometimento de grandes áreas à disposição, o aumento do risco de incêndio em aterros e terrenos baldios, a degradação da paisagem e poluição do ar e água (CHALUPPE, 2013).

Os resíduos da arborização urbana provenientes das podas, cortes e supressão são mais que galhos, folhas e ramos; são matéria-prima sustentável e de grande potencial que sendo bem explorada pode ter o madeiramento muito melhor aproveitado, e não ser simplesmente descartada de forma desacertada em aterro sanitário gerando custos ao município. É grande a quantidade de resíduos gerados pela arborização e, não tendo na maioria dos municípios brasileiros destinação adequadamente correta, todo esse material, a biomassa, e todo o seu valor sustentável e econômico são dispostos à disseminação.

Para que se obtenha a quantidade real dos resíduos gerados do manejo arbóreo é necessário identificar as características e a



tipologia da arborização urbana e o reconhecimento de todas as espécies vegetativas.

Para Meira (2010) o entendimento da estrutura da mesma fornecerá subsídios para que os silvicultores possam definir a programação das podas, a limpeza e o controle das pragas e doenças entre outras ações que irão determinar os tipos e volume de resíduos gerados.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010), em seu Art.13, quanto à periculosidade os resíduos da poda urbana são classificados como resíduos de limpeza urbana, já para ABNT, pela NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004), os resíduos da poda são biodegradáveis, classificados na Classe II-A como resíduos sólidos, não inertes.

Para a PNRS, que estabelece os princípios, os objetivos e as diretrizes, todos os resíduos têm que ter disposição final ambientalmente adequada, incluindo o resíduo do manejo arbóreo, devendo ser valorizados através da reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e por aproveitamento energético.

Como já apresentado por vários autores em destaque neste projeto, o reaproveitamento dos resíduos é de grande relevância não só para o meio ambiente como também pode trazer benefício econômico para o município, incluindo geração de emprego, agregando valores como educação ambiental para as futuras gerações da cidade.

Desta forma, toda e qualquer intervenção na arborização do município com vistas à sua otimização

requer um planejamento que deve incluir o conhecimento e a avaliação da composição arbórea pré-existente, ou seja, o inventário do patrimônio arbustivo local, o que irá fornecer informações para a definição das prioridades de intervenção (ROCHA, 3L 3L, 2004).

Alguns municípios agregam dentro desse reaproveitamento benfeitorias para a cidade e para a comunidade em geral. O município de São Paulo através da Lei 14.723/2008 (SÃO PAULO, 2008), regulamentada pelo Decreto Municipal nº 51.664/2010 (SÃO PAULO, 2010), instituiu o Programa de Aproveitamento de Madeira de Poda de Árvore (PAMPA), que procura o aproveitamento da madeira gerada pelas podas das árvores da cidade que anteriormente tinha como destinação o aterro.

Com o propósito de mudar os paradigmas desses conceitos que envolvem os resíduos da arborização urbana, além de traçar o seu reaproveitamento, suas linhas de destino adequadamente corretas a favor da educação e economia, cultura e saúde, a proposta deste trabalho tem como fundamento desenvolver a gestão do reaproveitamento dos resíduos da arborização urbana e transformar o material lenhoso provenientes das podas, cortes e supressões da arborização em elementos de biomassa como estímulo à educação e aprendizado.

Os resíduos da arborização urbana têm grande potencial, pois são matérias-primas disponíveis e sustentáveis que através de planejamento, de uma gestão com disponibilidade para implantar um programa adequado de reaproveitamento, investimento, equipamentos, tecnologias

apropriadas e capacitação podem ser transformados em produtos com alto poder sustentável.

Os métodos de caracterização dos resíduos da poda são definidos em função do seu objetivo. Pode-se classificá-los em função de sua origem, tipo, fatores geradores, quantidade, composição e periculosidade, características físicas, sazonalidade, dispersão espacial e forma de manejo (NOLASCO, 2000).

Os resíduos da poda são resíduos verdes, orgânicos, oriundos da poda preventiva ou corretiva de exemplares arbóreos, seja como podas preventivas ou corretivas. Grandes quantidades de resíduos da poda são gerados, como folhas, galhos, ramos, flores, sementes, troncos, entre outros. Suas características, propriedades e subdivisões devem ser classificadas através dos seus aspectos químicos e físicos. Cada espécie possui uma arquitetura específica e toda essa variedade inclui suas estruturas reprodutivas e tipo de madeira.

Para Meira (2010), os resíduos podem ser classificados em função das espécies que o originaram, das suas dimensões, do componente do qual provém, entre outros. Isso é fundamental para definir a destinação mais adequada para esse material. Esse resíduo orgânico, para Barrichelo e Brito, (1985; Silva 3L 3L, (2005) é constituído aproximadamente de 50% de carbono, 6% de hidrogênio, 44% de oxigênio e 1% de nitrogênio.

Desenvolver um plano para integrar a matéria-prima que vem da arborização e que por alguns anos contribuiu para o crescimento e economia do município, juntamente com a necessidade de

minimização dos resíduos através do reaproveitamento desse material e dos conceitos de sustentabilidade, propor ações que envolvam a gestão municipal, a sociedade e o meio ambiente. O fundamento desse propósito é dar vida a uma matéria-prima com biomassa tão rica e sustentável e que está à disposição para ser reutilizada das mais diversas formas, é instigando o município a reaproveitar esse material através da junção ambiental, educacional, social, cultural e econômica.

### **1.1. Objetivos**

Neste sentido, esse trabalho teve como objetivo diagnosticar a gestão de resíduos arbóreos da cidade de São Bernardo do Campo. São objetivos específicos:

- Compreender a gestão de resíduos de poda do município, através de um formulário de pesquisa aplicado no Departamento de Parques e Jardins e Consórcio SBA;
- Elaborar uma sugestão para criação de oficinas e cursos para que, através da matéria-prima sustentável, possa desenvolver objetos funcionais, alternativos e orgânicos;
- Auxiliar na identificação dos tipos de madeiras provenientes das podas para melhor utilização nas oficinas propostas.

### **2. METODOLOGIA**

Levou-se em consideração e de grande importância conversas com mestres de áreas técnicas e ambientais e profissionais que atuam em atividades diárias em campo, também foram realizados:

- Levantamentos bibliográficos,

históricos e documentais, entrevistas presenciais, pesquisa em forma de entrevista e foi elaborado também um roteiro de entrevistas em forma de questionário.

- Visitas em campo, tais como no Centro de Reaproveitamento de Podas e em parques, visitas em áreas verdes da cidade, e o acompanhamento de execução de podas.

### 2.1. Contextualização da Cidade de São Bernardo do Campo

Localizado no Sudoeste do Brasil, no Estado de São Paulo, o município de São Bernardo do Campo em relação à Região Metropolitana de São Paulo

(RMSP) faz divisa com os municípios de Diadema, São Caetano do Sul, Santo André e São Paulo, e ao Sul com Cubatão e São Vicente, que integram a RMSP.

Juntamente com os municípios de Diadema, Santo André, São Caetano do Sul, Mauá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra formam o Grande ABC e compõem a sub-região Sudeste.

Sua posição geográfica está nas coordenadas do Paralelo  $23^{\circ} 38'25''$ , Latitude Sul - Sul do Trópico de Capricórnio e Meridianos  $23^{\circ} 57' 57''$ , Longitude Oeste de Greenwich (Figura 1).

Figura 1. Localização do município de São Bernardo do Campo.



Fonte: Elaboração própria.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Histórico da Arborização Urbana da Cidade de São Bernardo do Campo

São Bernardo do Campo está situado no Bioma de Mata Atlântica, cuja floresta tropical é a segunda mais importante da América do Sul, tanto em extensão quanto em biodiversidade.

Variações territorial, topográfica e climática da Mata Atlântica justificam essas grandes diferenciações. Entre as mais ameaçadas com perdas de biodiversidade do mundo, esta floresta possui grande número de espécies endêmicas e arbóreas lenhosas. A vegetação da Mata Atlântica está diretamente relacionada com as condições de cada região e são influenciadas por fatores como umidade, temperatura, iluminação e quantidade de oxigênio no solo. A cobertura vegetal nativa em São Bernardo do Campo é de 219.423.616,00 m<sup>2</sup> e a área arborizada total no município é de 5.493.664,20 m<sup>2</sup>.

Em São Bernardo do Campo não há plano de arborização urbana, manual de arborização urbana ou inventário da arborização; também não existe um manual da caracterização das espécies arbóreas do município. Todo planejamento de arborização e rearborização é elaborado sobre orientação da Lei Orgânica do município que instituiu

determinações como passeios menores que 1,60m de largura não podem ser arborizados, distância de 5,00m das esquinas, 3,00m de postes e demais equipamentos urbanos, como orelhões, semáforos, entre outros.

Quanto à escolha das espécies a serem utilizadas para a arborização urbana, se há presença de redes elétricas, telefonia, TV a cabo, devem ser utilizadas espécies adequadas ao espaço.

E como forma de resgatar a vegetação original e possibilitar o retorno das aves na região, espécies nativas da Mata Atlântica são elencadas para o plantio como: Pitangueira (*Eugenia uniflora*), Ipê-amarelo (*Handroanthus albus*), Cambuci (*Campomanesia phaea*), Jequitibá-branco (*Cariniana estrellensis*), Pau-ferro (*Caesalpinia leiostachya*), Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa*), Cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata*), Quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), Manacá-da-serra (*Tibouchina mutabilis*), Paineira rosa (*Chorisia Speciosa*) e Ipê-rosa (*Handroanthus heptaphyllus*).

De acordo com o Painel Estatístico 2020, (SÃO BERNARDO, 2021), Ano Base 2019, em São Bernardo do Campo a densidade de arborização é de 54 árvores/km de passeio e o índice de área verde (IAV) do município é de 7,62 m<sup>2</sup>/habitantes. Dados apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Número de exemplares arbóreos no município de São Bernardo do Campo.

DESCRIÇÃO	NÚMERO DE ÁRVORES
Novas árvores plantadas	1.431
Quantidade de árvores replantadas	457
Quantidade de árvores removidas	1.459
Total de árvores existentes	141.144

Fonte: Prefeitura de São Bernardo do Campo - Secretaria de Serviços Urbanos, ano de 2019.

### 3.2. Gestão dos Resíduos da Poda da Arborização Urbana

Na Lei 12.300/2006 (BRASIL, 2006) da Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), os resíduos da poda são classificados como resíduos urbanos podendo ter seu descarte final em aterros sanitários.

Em São Bernardo do Campo esses resíduos são citados no Plano de Gestão Integrado de Resíduos Sólidos de 2015 e no Plano Municipal de Resíduos Sólidos de 2010 e também caracterizados como resíduos urbanos, podendo ter o mesmo destino.

Os resíduos da poda da arborização urbana são resíduos verdes, material orgânico e são gerados a partir da poda, corte, remoção e supressões, capinagem de áreas verdes urbanas. Esse material é composto por galhos, cascas, ramos, fustes, folhas, raízes, sementes, flores, frutos, gramas e outros materiais vegetais (Figura 2).

Os resíduos da poda urbana geram aproximadamente 44 toneladas ao mês e, entre todos os bairros do município, Nova Petrópolis e Parque Anchieta são os que mais geram resíduos da poda.

Não há relatos que apresentem quantidade de resíduos por espécies, mas dependendo do tipo de poda estima-se que exemplares de Resedá (*Lagerstroemia indica*), Tipuana (*Tipuana tipu*), Alfeneiro (*Ligustrum vulgare*) são as que mais geram de resíduos, já as espécies Pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*) e Resedá (*Lagerstroemia indica*) são as que menos geram.

Após ser executada pela SBA, os resíduos oriundos da poda urbana, são acondicionados na carroceria do caminhão até chegar no volume de 40 m<sup>3</sup>, e são manejados para o Centro de Reaproveitamento das Podas (CRP), localizado no bairro Batistini, em São Bernardo do Campo.

Quanto aos resíduos da capina, todo material como folhas, gramas, matos são acondicionados em sacos plásticos para posterior recolhimento por parte da equipe de limpeza urbana para juntamente com os resíduos urbanos serem descartados no aterro sanitário.



Figura 2. Resíduos da poda Ginásio Poliesportivo e no CRP em São Bernardo do Campo.



Fonte: Elaboração própria, 02/2021.

Quando o resíduo da poda chega ao CRP é realizada uma segregação e troncos, raízes e bambus são separados; os demais materiais são triturados para posterior compostagem. Os bambus não são triturados por conta das fibras, já troncos e raízes são despejados em área do CRP e quando a quantidade fica relativamente grande é feito o manejo com descarte final no aterro sanitário de Mauá.

Para a trituração do material são utilizados dois trituradores da marca Vermeer, modelo BC 1000 XL49; um pertencente à SBA e outro do mesmo modelo pertencente à Prefeitura.

Após a execução da a trituração, o insumo para a compostagem é distribuído em leiras estáticas para que haja a decomposição da matéria que, depois de alguns meses ou aproximadamente 100 dias se transforma em composto orgânico,

que é utilizado como condicionador de solo em áreas verdes urbanas do município, em praças, parques públicos, creches e escolas e o restante é doado.

O efetivo de trabalhadores para esses serviços no CRP é composto por 01 equipe, de 5 profissionais. Os equipamentos disponíveis para execução desses serviços são: garfos agrícolas, pás, enxadas, facões, carrinho de mão, além dos dois trituradores de podas e uma retroescavadeira, bem como equipamentos de proteção individual e equipamentos de proteção coletiva.

### **3.3. Levantamento dos Trabalhos no Centro de Reaproveitamento de Podas (CRP)**

Localizado na Rua das Flores, nº 1.000, bairro Batistini, São Bernardo do Campo, SP, em terreno próprio municipal, o Centro de



Reaproveitamento de Podas recebe aproximadamente 22 toneladas de resíduos da arborização urbana por dia. Desse total, 80% são reaproveitados em forma de compostagem.

A compostagem, após sua decomposição é um composto orgânico, reconhecido como um fertilizante orgânico, conforme a Lei 86.955/1982 (BRASIL, 1982), alterada pelo Decreto 4.954/2004 (BRASIL, 2004), Art.2, do Ministério da Agricultura.

A Prefeitura de São Bernardo do Campo cedeu uma área dentro do CRP para a ONG Associação Santo Inácio do Trabalhador Especial, utilizada como canteiro de horta comunitária e um galpão para beneficiamento, que são cuidados por esses trabalhadores especiais.

Parte do material das podas de árvores, como os galhos mais finos e as folhas, que correspondem a 60% do volume total dos resíduos verdes, podem ser compostados, ficando o restante para outros fins como a lenha, carvão, objetos, etc.

O composto orgânico final dos resíduos de poda de diversas espécies apresenta boa qualidade, sendo indicado para uso na produção de mudas (BARATTA JUNIOR, 2007). Uma parte do composto orgânico gerado no CRP é utilizada na horta, outra parte é passada por beneficiamento (peneiramento) e é vendido pela ONG, assim como os alimentos colhidos da horta, como forma de obtenção de renda para ajudar no custeio das despesas da própria entidade. O restante desse material é utilizado pela Prefeitura (Figura 3).

Figura 3. Maquinário, leiras e resíduos da poda no CRP, São Bernardo do Campo.



Fonte: Elaboração própria, 02/2021.

### 3.4. Diagnóstico dos Dados Coletados

A partir de todos os dados coletados fica claro que são ausentes no município de São Bernardo do Campo planos voltados para a arborização urbana, documentos que registrem e comprovem o maciço arbóreo urbano por completo.

Todas as aparições que descrevem o vegetativo da arborização urbana são por indicadores e estimativas, sem comprovações concretas.

Toda poda e remoção que acontece no município tem que ser autorizada pelo Departamento Parques e Jardins. As operações são realizadas pela Prefeitura, através do Consórcio SBA, prestadora de serviço ao município, e pela Concessionária de Energia Enel.

Os resíduos da poda gerados nas operações são retirados pela empresa SBA, quando de serviços municipais, que os destinam ao CRP, e quando ocorrem operações pela concessionária de energia, os mesmos são retirados por ela, que faz o manejo com o descarte adequado.

O Centro de Reaproveitamento da Poda apresenta condições boas para o desempenho dos trabalhos, mas seria de melhor proveito da área remodelar a distribuição do material orgânico para a decomposição e a pesagem e quantificação de todo material que chega para que não fosse estimada pela metragem cúbica do que é acondicionado na carroceria do caminhão que faz o manejo dos resíduos até o local. A deficiência quali-quantitativa ocorre por não haver equipamento para pesagem no CRP nem nos caminhões.

Todo o material pesado e de maior porte fica depositado sem nenhuma medida fitossanitária, criando chorume até ser removido para o aterro sanitário; todavia, poderia estar sendo aproveitado em diversos usos.

Os exemplares arbóreos que fazem parte da arborização urbana e que puderam ser analisados pelas condições estruturais externas em alguns locais do município apresentam aspectos fenotipicamente saudáveis, embora, aparentemente existam 8.000 árvores com possíveis quedas na região.

Entre os requisitos básicos para o bom desempenho de uma gestão, as ações devem estar sempre vinculadas, considerando seja o trabalho ou o maquinário. Decisões em consonância devem fazer parte da integração dos objetivos em comum para que essa soma atinja os elementos que precisam ser reformulados; no caso dos resíduos, que a poda urbana chegue ao destino ambientalmente correto.

Não havendo condições que permitam a municipalidade ter cem por cento de resultados das atividades e serviços, principalmente nessa questão de resíduos da arborização urbana, é interessante ampliar projeções para estimular o melhor desenvolvimento sustentável como aspecto abrangente para todos os meios de sustentabilidade e para atender as necessidades do presente sem comprometer as necessidades das futuras gerações.

## 4. PROPOSTAS PARA MELHORIA DA GESTÃO

### 4.1. Minimização dos Resíduos

Quando tratamos da minimização dos resíduos, geralmente destacamos de forma integrada e levando em consideração que em todas as leis e políticas públicas os resíduos da poda da arborização urbana estejam vinculados aos resíduos sólidos urbanos e caracterizados como resíduos da limpeza urbana. A PNRS, Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010), com seus diversos artigos incumbem Estados e Municípios da responsabilidade da busca de soluções para os resíduos sólidos, da destinação final ambientalmente adequada, da criação de ações para o desenvolvimento sustentável e de ecoeficiência, do incentivo para o desenvolvimento de gestões ambientais, tendo como prioridade a não geração, redução, reutilização e reciclagem, estimulando a qualidade ambiental e educação ambiental.

A maioria dos municípios brasileiros ainda não tem destinação ambientalmente correta dos resíduos sólidos e encontram dificuldades de manejo. Analisando a questão ecologicamente, para que essa situação atenda parcial ou totalmente as legislações atuantes, em âmbito municipal os gestores deveriam trabalhar as políticas públicas e projetos de forma eficientes e ambientalmente adequada com a finalidade de otimizar o destino final dos resíduos sólidos e estratégias públicas que incluam a educação ambiental para que a sociedade se conscientize da necessidade da não geração e se familiarize com a minimização dos resíduos sólidos.

Minimizar significa implantar estratégias que visam à diminuição da geração de resíduos na fonte. A minimização considera a abordagem preventiva do manejo de resíduos, partindo do menor para o maior impacto socioambiental, a mais adequada aos desafios ambientais para o século XXI (Sudan et al. 2007).

A arborização urbana gera grande volume de resíduos e muitos municípios como alternativa para minimizá-los investem na compostagem como forma de reaproveitamento. São Bernardo do Campo é um desses municípios que faz o reaproveitamento dos resíduos arbóreos parcialmente, descartando a massa grande desses materiais que diminuiria substancialmente os resíduos.

A necessidade da minimização dos resíduos sólidos juntamente com os resíduos da arborização urbana, é uma realidade à qual a municipalidade deveria se ater, considerando os efeitos que podem gerar em termos ecológicos, e o que podem oferecer no âmbito ambiental, social e econômico.

Investir no reaproveitamento dos resíduos da arborização urbana e ir muito além da compostagem, é ter que valorizar os resíduos com técnicas de reaproveitamento sustentáveis e utilizar o total desses resíduos para que assim haja a minimização completa dos resíduos arbóreos e se crie ambiente equilibrado e ecológico.

## 5. GESTÃO DE REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DA PODA

O objetivo deste trabalho é de sugerir a elaboração de uma gestão de reaproveitamento mais sadia sustentavelmente para esses resíduos praticamente esquecidos, e não inseridos geralmente nas atividades e conceitos ecológicos dos municípios, mas com grande potencial de uso e valor econômico e sustentável, buscando possibilidades de utilização que atendam, através de viabilidade técnica, econômica, educacional e social, a valorização desse elemento em questão, e o reaproveitamento dos resíduos da poda.

A renovação de tratamento aos resíduos da poda urbana pode alterar o cenário de descarte e de embelezamento urbano e, de forma condizente, atrelar esse material ao maciço da municipalidade e à sociedade, gerando além de trabalho e aprendizado, a inserção do equilíbrio ecológico na cidade, contribuição para reduzir os impactos ambientais, entre outras questões, e no desempenho municipal junto ao Programa Verde Azul e outros programas ambientais.

Unificar a gestão proposta a algumas das secretarias municipais seria criar a interação que se faz necessária ao desenvolvimento do plano. Contudo, integrar essa gestão à Secretaria do Meio Ambiente e Proteção Animal, através de seus programas de educação ambiental, à Secretaria de Cultura e Juventude com suas programações culturais, ao Departamento de Parques e Jardins que gerencia as questões das paisagens verdes urbanas do município, da Secretaria de Obras e Planejamento Estratégico, a fim

de adequar a edificação existente às novas atividades, seria introduzir o reaproveitamento dos resíduos da poda no contexto municipal e encadear a gestão de forma substancial às necessidades do descarte adequado, aumentar o ciclo de vida de uma matéria-prima tão nobre ecologicamente e economicamente, é inserir do olhar para a renovação, ao que pode ser reaproveitado, é o voltar a dar vida às árvores que tanto contribuem para o urbano e para o ser humano.

Considerando o histórico do município com o uso da madeira, as questões ambientais, sociais e econômicas como forma de gestão de reaproveitamento dos resíduos da poda, a promoção de ações e valorização que visem o alcance com foco na sustentabilidade, foi estudado a possibilidade de criar a "Oficina Ecológica".

A oficina Ecológica será uma marcenaria municipal a qual utilizará as madeiras provenientes da poda urbana como matéria-prima principal no desenvolvimento de suas atividades, como cursos de aprendizagem, artesanais e na fabricação de diversas peças, abordando o tripé da sustentabilidade e a qualidade ambiental.

### 5.1. Oficina Ecológica

A Oficina Ecológica terá a função de contribuir com o meio ambiente da cidade de forma sustentável, será participativa na redução dos resíduos da poda urbana e do seu manejo. Será uma marcenaria que aproveitará os recursos do então "lixo verde".

A criação da Oficina Ecológica foi pensada como forma de minimização dos resíduos da poda, levando-se em consideração as pesquisas realizadas, os modelos de reaproveitamento em outros municípios, a quantidade de resíduos da poda gerado no município e as espécies arbóreas existentes na arborização local, assim como o reaproveitamento que faz parte dos resíduos em compostagem.

A Oficina Ecológica além de ser parte fundamental para que se possam diminuir os resíduos verdes, permitirá aos funcionários marceneiros e carpinteiros poderão fabricar mobiliários urbanos, móveis para serem usados nas repartições e ambientes públicos, brinquedos, fornecer cursos de aprendizagem e artesanais com as mesmas madeiras da poda para os munícipes, para que possam conhecer, aprender a manusear e trabalhar com a madeira e tirar proveito do aprendizado para obter renda, e terem seus trabalhos expostos na Fábrica de Cultura da cidade.

Seria interessante utilizar deste material orgânico natural, como troncos, galhos juntamente com a vegetação e topografia local de parques e áreas verdes da cidade e criar espaços naturalizados, pois, esses tipos de brinquedos e mobiliários ajudam nas experiências sensoriais e motoras estimulando a criatividade das crianças, inclusive com deficiência.

A questão educação entra como forma de educação ambiental, que atuará conjuntamente ao curso de aprendizagem e artesanato. O aluno aprendiz estudará educação ambiental, o reconhecimento da matéria-prima, sua espécie arbórea e o porquê do reaproveitamento,

adquirindo conscientização sustentável e ambiental.

Todavia, é fundamental que a sociedade obtenha conhecimento do aproveitamento dos resíduos da poda. Como diz a Agenda 2030, ODS 4 – Educação de Qualidade, na sua Meta 4.7: Até 2030, garantir que todos os alunos adquiram conhecimentos e habilidades necessárias para promover o desenvolvimento sustentável, inclusive, entre outros, por meio da educação para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida sustentáveis, direitos humanos, igualdade de gênero, promoção de uma cultura de paz e não violência, cidadania global e valorização da diversidade cultural e da contribuição da cultura para o desenvolvimento sustentável.

Através da Lei nº 6.762 de 28 de fevereiro de 2019 (SÃO BERNARDO, 2019), foi instituída em São Bernardo do Campo a Política Municipal e Educação Ambiental que no seu Capítulo I, Art.2 diz: “para efeitos desta Lei, entende-se por Educação Ambiental os processos permanentes de ensino, aprendizagem e formação nos âmbitos formal e não formal, individual e coletivo.

Fundamentados na reflexão crítica e inovadora, na construção de valores, saberes, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências, visando a melhoria da qualidade de vida, a conscientização da importância da preservação e conservação do meio ambiente e a uma relação sustentável da sociedade humana com o ambiente que integra”.

Então, para a proposta de gestão do reaproveitamento dos resíduos da poda, a vinculação dessa política ambiental será a articulação



na ação socioambiental das necessidades locais. É importante a sensibilização de todos os setores ao projeto e dentro de visões antropológicas, trazer a comunidade para as ações participativas.

Vários aspectos que fazem parte da viabilidade do projeto foram estudados. São aspectos importantes que visam de forma prioritária o início de um plano de gestão para que assim haja a funcionalidade e o bom desempenho da Oficina Ecológica. Levando em consideração que o CRP é o local que recebe todo o material para compostagem e o material de porte maior, de reaproveitamento, e está em um terreno municipal, com área de aproximadamente 60.900,00 m<sup>2</sup> (Figura 4), visando a questão de manejo dos materiais e economia, a sugestão é que a Oficina Ecológica seja implantada no mesmo local, pois envolve todos esses fatores. Inclusive, no CRP existe um galpão que pode ser reformado para se adequar às necessidades de funcionamento. A Oficina Ecológica, estando na mesma localidade onde se desenvolve a compostagem, poderá ser o elemento prático da educação ambiental.

Quanto ao processo de triturar o material para a compostagem, a renovação como forma de reduzir o material no caminhão e equilibrar o manejo durante o percurso até o CRP, o uso de triturador com acoplador,

que é acoplado na carroceria do caminhão, e no mesmo local da poda onde já é efetuada a trituração, gerando menos trajeto de caminhão dos serviços da poda pela cidade, pois, uma vez que é triturado no local, pode haver diminuição no volume e com isso aumentar a capacidade de adicionar mais quantidade de material na carroceria e quando chegar ao CRP é só ser pesado e destinado para a decomposição.

O material orgânico proveniente da capinagem e da roçada (capins, folhas, cascas, plantas daninhas) das áreas verdes do município, como forma de minimizar os resíduos, logo que tudo que é gerado é manejado junto com os resíduos da limpeza urbana para o aterro sanitário, poderá ser utilizado como cobertura morta na proteção do solo da arborização. Essa matéria orgânica é rica em nutrientes, se decompõe facilmente e melhora a qualidade do solo e da planta.

Centralizar o funcionamento das atividades é um recurso na gestão para diminuir o tráfego do manejo dos resíduos e gerar economia ao município, reduzindo gastos com despesas veiculares que fazem essas operações, valorizando o insumo verde, a economia e direcionando o município para um caminho melhor ambientalmente, tornando-se uma cidade sustentável.



Figura 4. Localização do Centro de Reaproveitamento de Podas, bairro Batistini, São Bernardo do Campo.



Fonte: [google.com/maps/place-imagem2021/Airbus,MaxarTecnologies, 04/2021](https://www.google.com/maps/place-imagem2021/Airbus,MaxarTecnologies,04/2021).

## 5.2. Uso dos Resíduos da Poda Urbana

A utilização dos resíduos da poda é um recurso de baixo custo e abundante, além de vantajoso por conta da sua variedade arbórea e das diversas formas de uso. A conversão da biomassa desse material orgânico é utilizada como fonte renovável de energia, bioenergia e em pesquisas que estão em desenvolvimento do biocombustível. Os resíduos da poda são resíduos verdes, material orgânico e sustentável.

Nas atividades silviculturais, o que determina se um componente será produto, subproduto ou resíduo é o mercado, a qualidade das operações realizadas e as características inerentes às espécies (NOLASCO, 2000).

Para o uso dos resíduos da poda como reaproveitamento, em um fluxograma de execução de atividades poderão seguir os procedimentos a partir de: após os serviços de poda e ou supressão por parte da empresa terceirizada, os resíduos gerados serão manejados para o Centro de Reaproveitamento de Podas (CRP); após o descarregamento haverá a segregação do material, por tamanhos, diâmetros e tipos; após seguirá para seus destinos, trituração para a compostagem, limpeza dos materiais maiores para serem direcionados à Oficina Ecológica.

Os materiais que não tiverem utilidade em nenhuma das ações poderão ser comercializados ou

leiloados e a renda revertida para a manutenção da Oficina ou doada para a ONG local, tornando a mesma responsável pela comercialização do material em forma de lenha.

É importante que todo material após a segregação seja pesado distintamente e que suas atualizações quantitativas sejam realizadas diariamente para que o município possa obter indicadores qualitativos certos da geração de resíduos arbóreos.

Quanto à compostagem, a formação das leiras serão revisadas para serem melhor distribuídas na área de decomposição, para que haja maior aproveitamento do espaço.

Os resíduos de madeiras provenientes das atividades na Oficina Ecológica poderão ser usados para a compostagem ou transformados em serragem para cobertura e proteção do solo local.

## **6. SUGESTÕES DE APLICAÇÃO DOS RESÍDUOS DA PODA**

Este tópico tem como objetivo apresentar como e de que forma os resíduos da poda podem ser reaproveitados.

Na busca por novos paradigmas de sustentabilidade, o reaproveitamento dos resíduos verdes, cuja matéria-prima é riquíssima e podendo ser

usada das mais diversas formas, é a contribuição para o fortalecimento da minimização dos resíduos da poda urbana, objetivando o fomento com a transformação da matéria que seria descartada desafortunadamente, com a criação de produtos sustentáveis e que possam ser contemplados de forma a valorizar o resíduo orgânico.

A aplicação dos resíduos da poda no desenvolvimento e execução dos vários tipos de produtos através da Oficina Ecológica incentiva o comprometimento da gestão pública para com a sociedade, a educação ambiental e a sustentabilidade.

O reaproveitamento dos resíduos orgânicos em forma de móveis, objetos, brinquedos, mobiliários urbanos, entre outros produtos, é o despertar para a conscientização de práticas e ações sustentáveis, é a reconfiguração da gestão dos resíduos verdes, criando-se o empoderamento e possibilidades econômicas, sociais, educacionais e ambientais.

Seguem conforme figura 5, sugestões de reaproveitamento dos resíduos da poda.

E como forma de incentivo e valorização do reaproveitamento dos resíduos da poda urbana, fica a sugestão para a formação de algumas oficinas de aprendizado e artesanato através da Oficina Ecologia.

Figura 5. Objetos fabricados com resíduos arbóreos.



Fonte: br.pinterest.com, dreamstime.com, laoengenharia.com.br

## 7. CONCLUSÃO

É indiscutível a importância da arborização no contexto da cidade, para todas as qualidades de vida e para o meio ambiente. As pessoas vão para as ruas, querem ver árvores, e as árvores fazem parte do cenário urbano, mas não tem conhecimento do custo da gestão arbórea e o conteúdo que a poda urbana oferece. É necessário introduzir o mitigar junto à educação ambiental é preciso para sensibilizar e conscientizar a respeito desse insumo verde.

O conceito deste projeto visa à valorização do material orgânico e a reversão do desperdício dessa matéria-prima obtida a partir da poda urbana através de ações com produtividade sustentáveis. A ideia é conseguir a cooperação coletiva para o melhor tratamento de recuperação dos resíduos da poda pela reciclagem e reaproveitamento.

As diretrizes das políticas públicas se fazem essenciais em todas as intervenções municipais para se colher resultados satisfatórios. É importante gerar eficiência, e a atualização de condutores instrumentais que através de tantos meios existentes, inclusive tecnológicos atuarão de forma a fortalecer a arborização urbana.

No desenvolvimento do projeto verificou-se a necessidade de implantar uma gestão articulada ao desenvolvimento sustentável, com um sistema integrado direcionado ao tripé da sustentabilidade, mas evidenciando estruturas básicas para a disponibilidade de concretização.

A gestão de reaproveitamento dos resíduos da poda urbana para São Bernardo do Campo, através da Oficina Ecológica, é uma contribuição

para a preservação do urbano e do meio ambiente é um dispositivo na valorização do resíduo verde.

É o despertar do olhar para os resíduos da poda, para o que pode ser transformado e reaproveitado, é criar paradigmas que mesmo com diferentes visões possam gerar conhecimentos e atitudes na busca de minimizar os resíduos.

Nenhum plano de gestão é definitivo, existem no decorrer dos trâmites as alterações, considerando os aspectos descritos e desenvolvidos, podem ser modificados, complementados e ajustados de acordo com planejamento, projeção do projeto, viabilidade financeira, comprometimento e ações por parte da gestão municipal e compartilhada.

Não adianta existirem leis se não ocorrerem ações e mudanças de postura, pois é com erros e acertos, mas trabalhando para encontrar soluções e ações.

São necessários esforços, resiliência e conscientização por parte do poder público e da sociedade em geral quanto aos benefícios e vantagens que a utilização do insumo da poda traz ambientalmente, socialmente e economicamente.

## **AGRADECIMENTOS**

As autoras agradecem ao 5º Congresso Sul-americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, realizado pelo IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, em maio de 2022.

## **6 REFERÊNCIAS**

AGENDA 2030. *Plataforma de ação para acompanhar a implementação*

*da Agenda 2030 no Brasil*. Disponível em: <[www.agenda2030.org.br/sobre](http://www.agenda2030.org.br/sobre)>. Acesso em 04/2021.

BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. Química da Madeira. Piracicaba, 1985. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1985. MAPA. 125p.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei nº 12.305/2010. Disponível em:

<[planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/12305.html](http://planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.html)>. Acesso em 03/2021.

BUCKERIDGE, M. Árvores Urbanas em São Paulo: Planejamento, economia e água. Estudos Avançados 29 (84). São Paulo, 2015.

CHALUPPE, M.A.C. Análise da Implantação do Projeto “Valorização dos Resíduos Sólidos Orgânicos no Município de Florianópolis Através do Beneficiamento dos Resíduos de Poda”. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

JUNIOR, Baratta et al. Utilização do composto de resíduos da poda da arborização urbana em substratos para produção de mudas. 2007.

MEIRA, A.M. Gestão de Resíduos da arborização urbana. Tese: (Doutorado em Ciências. Área de concentração: Recursos Florestais com opção em tecnologia de produtos florestais)- Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2010

NOLASCO, A.M. Resíduos da colheita e beneficiamento da caixeta-Tabebuia cassinoides (LAM.) DC.: Caracterização e perspectivas. São



- Carlos, 2000, 171p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo. São Carlos, 2000.
- PREFEITURA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO. A mata atlântica em São Bernardo do Campo. Disponível em: <<https://www.saobernardo.sp.gov.br/web/sma/a-mata-atlantica-em-sao-bernardo-do-campo>>. Acesso em 02/2021.
- PREFEITURA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO. Arborização Urbana em São Bernardo do Campo. Disponível em: <[www.saobernardo.sp.gov.br/busca?p\\_p\\_id=101&p\\_plifecycle=0&p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&\\_101sturt\\_action=%2fasset\\_publisher%Fview\\_contenet&101\\_returnToFul...](http://www.saobernardo.sp.gov.br/busca?p_p_id=101&p_plifecycle=0&p_state=maximized&p_p_mode=view&_101sturt_action=%2fasset_publisher%Fview_contenet&101_returnToFul...)>. Acesso em 01/2021.
- PREFEITURA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de São Bernardo do Campo. São Bernardo do Campo, 2015.
- PREFEITURA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO. Política Municipal de Educação Ambiental. Disponível em: <[saobernardo.sp.gov.br/web/sma/politica-municipal-de-educacao-Ambiental](http://saobernardo.sp.gov.br/web/sma/politica-municipal-de-educacao-Ambiental)>. Acesso em 04/2021.
- PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Programa de aproveitamento de madeira de poda de árvore. Lei 14.723 de 2008. Disponível em: <[prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretaria/Upload/chamadas/apresentacao\\_pampa\\_1310139173.pdf](http://prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretaria/Upload/chamadas/apresentacao_pampa_1310139173.pdf)>. Acesso em 03/2021.
- ROCHA, R.T.; LELES, P.S.S.; NETO, S.N.O. Arborização de vias públicas em Nova Iguaçu, RJ: O caso dos bairros Rancho Novo e Centro. *Revista Árvore*, v. 28, n. 4, p.599-607, 2004.
- SÃO PAULO. Política Estadual de Resíduos Sólidos. Lei 12.300/2006. Disponível em: <[al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2006-12300-16-03-2006html](http://al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2006-12300-16-03-2006html)>. Acesso em 02/2021.
- SUDAN, D.C.; MEIRA, A.M.; ROSA, A.V.; LEME, P.C.S.; LIMA, E.T.; DIAZ, P.E. *Dá Pá Virada. Revirando o tema lixo*. Vivências em educação ambiental e resíduos sólidos. Agência USP de Inovação. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2007. 245 p.
- SILVA FILHO, D.F. Videografia Aérea Multiespectral em Silvicultura Urbana. *Ambiência Arapuava*, PR. Edição Especial, v.2 p. 55 - 68, Abr. 2006.

# UMA BREVE ANÁLISE DA CIDADE DE SÃO PAULO, ATRAVÉS DA PLATAFORMA 156, SOB A PERSPECTIVA DE URBAN FACILITY MANAGEMENT

*A brief analysis of the city of São Paulo, through Platform 156, under the perspective of Urban Facility Management*

*Un breve análisis de la ciudad de São Saulo, a través de la Plataforma 156, bajo la perspectiva de la Gestión del Equipamiento Urbano*


**QUINELLO, R.<sup>1</sup>; BONI, G.<sup>2</sup>**

## Resumo

O estudo analisou os dados da plataforma 156 da cidade de São Paulo, sob a perspectiva do Urban Facility Management (UFM), apontando os problemas mais frequentes da cidade e as principais ações e contribuições de mitigação relatadas por profissionais da área de Facility Management (FM). Foi realizada uma triangulação metodológica para responder duas questões: quais seriam as principais demandas da cidade e quais as possíveis ações de mitigação. A triangulação foi iniciada por fundamentação teórica seguida de pesquisa quantitativa, através de amostra das ordens de serviços do ano de 2022 extraída do canal de transparência da plataforma. Após isso, por meio de uma pesquisa qualitativa com 40 alunos de pós-graduação em FM, foram extraídas as potenciais ações e contribuições dos gestores frente aos principais desafios da cidade. Os resultados apontaram três principais demandas urbanas da cidade: ruas e bairros, cidadania e assistência social e limpeza e lixo e, respectivamente, as ações para mitigação foram: a manutenção contínua de calçadas no perímetro das empresas, a participação de programas sociais locais e a intensificação da coleta seletiva. Atualmente o FM tem sido analisado sob a ótica urbana, ou seja, para além das fronteiras internas das organizações, posicionando-o como um elo entre os micros espaços (as organizações) e os macro espaços (equipamentos públicos) numa complexa e interconectada teia social.

**Palavras-chave:** Urban Facility; Cidades; Facility Management; plataforma 156.

<sup>1</sup> Professor Doutor do MBA Gestão de Facilities, da Faculdade de Tecnologia SENAI Anchieta - SP  orcid: [0000-0002-3526-997X](https://orcid.org/0000-0002-3526-997X) [rquinello@yahoo.com.br](mailto:rquinello@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Graduanda em MBA Gestão de Facilities, da Faculdade de Tecnologia SENAI Anchieta - SP  orcid: [0009-0008-1682-2080](https://orcid.org/0009-0008-1682-2080) [graziela.boni@senaisp.edu.br](mailto:graziela.boni@senaisp.edu.br)

Data da Submissão:  
19abril2023  
Data da Aprovação:  
22junho2023  
Data da Publicação:  
06julho2023

COMO CITAR:

QUINELLO, R.; BONI, G.. UMA BREVE ANÁLISE DA CIDADE DE SÃO PAULO, ATRAVÉS DA PLATAFORMA 156, SOB PERSPECTIVA DE URBAN FACILITY MANAGEMENT. **Engenharia Urbana em Debate**. São Carlos, V4, n1, 2023. <https://doi.org/10.59550/engurbdebate.v4i1.84>





## Abstract

The study analyzed data from platform 156 in the city of São Paulo, from the perspective of Urban Facility Management (UFM), pointing out the most frequent problems in the city and the main actions and mitigation contributions reported by professionals in the area of Facility Management (FM). A methodological triangulation was carried out to answer two questions: what the main demands of the city would be and what are the possible mitigation actions. The triangulation starting with a theoretical foundation followed by quantitative research, through a sample of service orders for the year 2022 extracted from the platform's transparency channel. After that, through qualitative research with 40 graduate students in FM, the potential actions, and contributions of managers in the face of the main challenges of the city were extracted. The results pointed to three main urban demands of the city: streets and neighborhoods, citizenship and social assistance and cleaning and garbage and, respectively, the actions for mitigation were: the continuous maintenance of sidewalks in the perimeter of the companies, the participation of local social programs and the intensification of selective collection. FM has currently been analyzed from an urban perspective, that is, beyond the internal boundaries of organizations, positioning it as a link between micro spaces (organizations) and macro spaces (public facilities) in a complex and interconnected social web.

**Keywords:** Urban Facility; Cities; Facility Management; platform 156.

## Resumen

El estudio analizó datos de la plataforma 156 en la ciudad de São Paulo, bajo la perspectiva de la Gestión de Equipamiento Urbano (UFM), señalando los problemas más frecuentes en la ciudad y las principales acciones y contribuciones de mitigación reportadas por profesionales en el área de Gestión de instalaciones (FM). Se realizó una triangulación metodológica para responder a dos preguntas: cuáles serían las principales demandas de la ciudad y cuáles son las posibles acciones de mitigación. La triangulación partiendo de una fundamentación teórica seguida de una investigación cuantitativa, a través de una muestra de órdenes de servicio para el año 2022 extraídas del canal de transparencia de la plataforma. Luego, a través de una investigación cualitativa con 40 estudiantes de posgrado en FM, se extrajeron las potenciales acciones y aportes de los gestores frente a los principales desafíos de la ciudad. Los resultados apuntaron tres demandas urbanas principales de la ciudad: calles y barrios, ciudadanía y asistencia social y limpieza y basura y, respectivamente, las acciones para la mitigación fueron: el mantenimiento continuo de las aceras en el perímetro de las empresas, la participación de los programas sociales y la intensificación de la recogida selectiva. Actualmente, la FM ha sido analizada desde una perspectiva urbana, es decir, más allá de los límites internos de las organizaciones, posicionándola como un vínculo entre los microespacios (organizaciones) y los macroespacios (equipos públicos) en una red social compleja e interconectada.

**Palabras clave:** Urban Facility; Ciudades; Facility Management; plataforma 156.

## 1. INTRODUÇÃO

O Facility Management – FM, dentro das organizações, tem por objetivo dar suporte às operações por meio da manutenção, uso e conservação das suas infraestruturas físicas prediais e, consequentemente, atender às necessidades de qualidade, segurança e conforto dos usuários ou dos colaboradores desses ambientes, incluindo parques. No Brasil, mais precisamente com a formação da ABRAFAC – Associação Brasileira de Facility Management, Property e Workplace, em 2004, inicia-se a difusão mais formalizada da disciplina no mercado. Pouco conhecida no campo acadêmico dada a falta de contribuições ou formulações teóricas no país, ela emerge principalmente do campo prático advinda das filiais das multinacionais presentes no país que já traziam algum histórico de FM das suas matrizes.

No Brasil, ainda que não haja registros oficiais da entrada da FM, pode-se destacar a formação do GAS e GRUPAS<sup>1</sup>, respectivamente em 1983 e 1984, agregando profissionais de administração de serviços, fundadores em 2004 da ABRAFAC – Associação Brasileira de *Facility Management, Property e Workplace*. Não se pode descartar a possibilidade das subsidiárias de multinacionais americanas e europeias, antes da década de 1980, terem trazido conhecimentos tácitos para suas filiais, principalmente àquelas que possuíam plantas industriais que, como nos E.U.A, contavam com áreas de engenharia de planta. De todo modo, para a América Latina, ainda paira um forte viés dos trabalhos acadêmicos oriundos da Europa e E.U.A, numa perspectiva etnocêntrica. Após os anos de 1990, com o avanço das agendas ambientais, FM passa para uma etapa mais centrada na sustentabilidade, principalmente pelo alto consumo de recursos dispendidos como energia e água e pela geração de resíduos e carbono produzidos pelos espaços construídos. O impacto desses no ecossistema nunca foi tão cobrado como em tempos recentes (PEARCE, 2017).

Esse ecossistema, formado por espaços privados (organizações) e públicos (equipamentos públicos), ganhariam novas agendas em FM como às da sustentabilidade, da introdução da internet, da digitalização e da indústria 4.0 (BRÖCHNER et al., 2019, NOTA et al., 2021) onde as tecnologias inovadoras passam a compor as edificações já automatizadas, agora denominadas *smart* ou *green buildings*, parcialmente integradas

nas chamadas *smart cities* (ISO 37122:2019) através do conceito de gestão de instalações inteligentes (CHEW et. al., 2020).

Assim sendo, intensificam-se as influências externas, tratadas mais adiante no artigo, reconfigurando a disciplina para um modelo mais voltado para às externalidades e, portanto, exigindo novas competências dos gestores. Michell (2013) aponta que a integração de uma microescala de atuação (setor privado) com uma macro escala (setor público) poderia beneficiar as comunidades em um amplo contexto urbano, pois uma estaria vinculada à outra. No Brasil, um exemplo prático do início dessa nova perspectiva surge com a plataforma 156 da cidade de São Paulo (São Paulo, 2023) tratada nas próximas seções. Cidade considerada uma megalópole, ela retrata o que há de melhor e pior na vida urbana, apontada por Rolnik (2022) como exemplo do fruto do planejamento da desigualdade, ela ocupa uma área de 1.521.110 km<sup>2</sup> com mais de 12 milhões habitantes e PIB acima de R\$700 bilhões anuais (IBGE, 2023). Formada por 32 subprefeituras ela é o retrato vivo das benesses e dos danos do crescimento acelerado, portanto laboratório essencial para estudos sob a perspectiva de UFM. Nesse contexto de grandes desafios urbanos, o artigo propõe-se a responder duas questões de pesquisa: 1) Quais são as principais demandas, por meio da análise da plataforma 156, da cidade de São Paulo? 2) Quais seriam as ações ou contribuições dos gestores, sob a perspectiva da área de FM, para a redução desses impactos?

<sup>1</sup> GAS – Grupo de Administradores de Serviços e GRUPAS – Grupo de Gestores de Facilities.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Na década de 1960 a urbanista Jane Jacobs (JACOBS, 2011) defenderia uma visão de cidades urbanas vibrantes e habitáveis. Ela criticava as políticas de urbanização da época, que enfatizavam a demolição de bairros antigos para a construção de grandes edifícios, estradas e viadutos. Jacobs argumentava que essas políticas destruíam a vida comunitária e enfraqueciam os laços sociais que mantinham as pessoas unidas. Em vez disso, ela defendia o uso misto do espaço urbano, onde as pessoas pudessem viver, trabalhar e se divertir em um mesmo lugar, ou seja, a preservação da diversidade e da vida comunitária.

No Brasil, na mesma linha e época, Jaime Lerner, outro urbanista, introduziria o conceito de cidade sustentável, considerando o ser humano como o centro da vida urbana. Ele acreditava que as cidades deveriam ser projetadas para atender às necessidades das pessoas, oferecendo espaços públicos agradáveis, seguros e acessíveis, com transporte público eficiente e áreas verdes que promovessem a saúde e o bem-estar da população, por meio de várias soluções criativas e de baixo custo para melhorar a qualidade de vida dos moradores, como a implantação de corredores de ônibus e a revitalização de áreas degradadas. Ele também enfatizou a importância do envolvimento da comunidade no planejamento urbano, permitindo que os cidadãos participassem ativamente na construção de suas próprias cidades.

É nesse mesmo período de efervescência do conceito e do uso dos espaços urbanos que outros movimentos nos EUA avançariam: o da introdução do computador

nas organizações e da crescente massa de trabalhadores acessando os escritórios dos centros urbanos, principalmente do setor bancário, passando a demandar serviços terceirizados para a operação e a conservação das infraestruturas prediais. Surge então um dos primeiros artigos a citar FM, que remonta a década de 1970 no periódico *Computer World*, no qual se observa nota explicativa sobre uma nova modalidade de prestação de serviços que surgia – *facilities management*, ainda sem uma definição universal, para atender às novas demandas dos edifícios corporativos de processamento de dados (PIAIA et al., 2022).

Uma década mais tarde, inicia-se a fase mais profissional de FM, com vários autores buscando uma definição clara da atividade, como Alexander (1992) que a definia sendo o processo pelo qual uma organização garante que seus edifícios, sistemas e serviços suportem operações e processos essenciais, bem como contribuam para atingir seus objetivos estratégicos em condições de mudança. Ainda segundo a ISO 41001 (ISO, 2020), o FM integra múltiplas disciplinas para influenciar a eficiência e a produtividade das economias das sociedades, comunidades e organizações, bem como a maneira pela qual os indivíduos interagem com o ambiente construído. Sendo assim, o sistema FM poderia afetar a saúde, o bem-estar e a qualidade de vida de grande parte das sociedades e populações do mundo, através dos serviços que administra e oferece.

O escopo de FM é vasto e tem o propósito de garantir o funcionamento de um ativo ao longo de todo o

seu ciclo de vida, abrangendo todos os aspectos de propriedade, espaço, operação e manutenção técnica, controle ambiental, saúde e segurança e serviços de apoio e exige que pontos de controle apropriados sejam estabelecidos na organização. No passado, o FM tendia a ser considerado um serviço de suporte, porém sua posição não é mais somente uma função não central e sim uma função estratégica de negócios dentro das organizações. Segundo Kulatunga et al. (2010), o FM tornou-se responsável por coordenar todos os esforços relacionados ao planejamento, projeto e gerenciamento de edifícios e seus sistemas e está dividido em duas categorias principais: hard services (HS) e soft services (SS).

HS refere-se à gestão e manutenção de propriedades e outros ativos físicos. O espaço construído, incluindo instalações de infraestrutura como sistema elétrico, civil, hidráulico e mecânico, gás encanado, ar-condicionado, iluminação, sistemas de segurança contra incêndio, estão sob esta categoria. SS compreende o gerenciamento de serviços de suporte, destinando-se a tornar o local de trabalho mais confortável, agradável e seguro. Alguns exemplos são limpeza, paisagismo, decoração, alimentação, gestão de resíduos, máquina de venda de alimentos automática e alterações de layout. Os serviços HS e SS são igualmente importantes. Dentro desse princípio, os proprietários têm a responsabilidade de garantir a saúde, a segurança e o bem-estar diários dos ocupantes de um edifício. Isso incorpora as duas disciplinas que se complementam na tarefa de garantir ambientes íntegros, seguros e confortáveis.

Embora FM englobe diversas atividades dentro das organizações, observa-se uma crescente preocupação que vai além das fronteiras dessas empresas, ou seja, as externalidades. Alexander (2006) enfatizou, já nos anos de 1990, para um novo paradigma: o da "gestão de facilities baseada na comunidade", visão essa sustentada por Lindkvist et al. (2021) apoiando a integração de FM com os bairros urbanos e Chotipanich (2004) e Jensen (2011) com a integração junto às sociedades, naquilo que chamaria de "cadeia de valor de FM". Tem-se então a evolução do FM para o UFM.

A gestão da infraestrutura urbana, tratado neste artigo sob a perspectiva do UFM, é um tema emergente e inovador por permitir uma integração de serviços do setor privado com o público, beneficiando a sociedade na escala do perímetro urbano. Segundo Kuijlenburg (2020) o UFM tem como ideia central melhorar a qualidade do ambiente físico através da gestão de serviços de infraestrutura no ambiente urbano. A criação de ferramentas que impeçam a deterioração dos espaços públicos compartilhados, por meio da participação dos cidadãos, tem múltiplos benefícios desde a geração de empregos até a construção de uma relação de responsabilidade e organização dos residentes de uma determinada área, diminuindo tensões sociais entre cidadãos e autoridades.

Deve-se explorar o entendimento da infraestrutura desde o nível do edifício singular (escala micro), com serviços que mantenham seus espaços limpos, organizados, confortáveis e seguros e que impactam diretamente a percepção daqueles que o utilizam,

até o perímetro urbano (escala macro), de modo que se houvesse o mesmo tratamento dado ao edifício, haveria menos impacto direto nos processos sociais da comunidade que o habita, ou seja, a aplicação do UFM baseia-se na adaptação dos princípios de gestão de facilities da escala micro para a escala macro, incidindo sobre o recinto urbano, onde "a cidade é a instalação". Salaj et. al. (2020) destacam o objetivo de vincular o UFM à abordagem de cidade inteligente e sustentável, beneficiando-a em termos de sustentabilidade e comunidades locais.

De acordo com Michell, K. (2013), a relação entre espaço, lugar e pessoas no âmbito do recinto urbano tem papel fundamental na criação de cidades sustentáveis e abraçar os conceitos intrínsecos desses termos que sustentam a gestão de instalações permite argumentar que a infraestrutura física de um espaço urbano é uma característica crítica na sua experiência espacial. Se houver atenção na integração das estruturas de governança responsáveis pelas perspectivas estratégicas e operacionais dos espaços urbanos, os resultados trarão oportunidades para o desenvolvimento de cidades mais sustentáveis por meio da incorporação do UFM (SALAJ et. al., 2020).

Outrossim, para Lindkvist et. al. (2020), o UFM tem potencial para se tornar um parceiro valioso e participante para favorecer áreas habitáveis, com foco em saúde e bem-estar, pois atua como uma extensão das infraestruturas e sistemas comunitários estabelecendo uma plataforma para os setores público e privado em ambientes renovados ou transformados para o benefício

da comunidade. Adicionalmente, em argumentos apresentados por Schultz et al. (2015) e Gohari et al. (2020), as estruturas de governança presentes ainda não estão preparadas para lidar com os desafios impostos pela mudança climática e a colaboração entre as comunidades estabelecidas em bairros ou distritos permitiriam soluções mais realistas e sistematizadas. Deve-se considerar a governança em termos de estruturas e processos pelos quais as pessoas nas sociedades tomam decisões e compartilham o poder, criando as condições para um governo com ações coletivas e ordenadas.

Através do estreitamento das relações com os cidadãos, o UFM teria o potencial de criar uma percepção de copropriedade do espaço público urbano melhorando o senso de responsabilidade, apego, compromisso e inclusão, resultando em ambientes mais eficientes e colaborativos. O modelo atual de desconexão dos sistemas de governança limita as possibilidades de como a gestão da infraestrutura pode conduzir serviços em cidades inteligentes. É fundamental desenvolver um sistema de governança que permita a negociação, a integração, a colaboração e a coordenação entre comunidades, bairros e distritos, permitindo que os temas propostos sejam abordados de maneira holística nos diversos setores e níveis institucionais.

O FM, no segmento privado, opera oferecendo serviços dos mais básicos aos mais complexos em razão da missão clara fornecidas pelas organizações. No entanto, isso não ocorre para os serviços e necessidades básicas das cidades. A abordagem atual se apresenta

segmentada entre os setores responsáveis por infraestrutura, limpeza e gestão de resíduos, onde as metas estabelecidas no nível estratégico inseridas em agendas políticas e objetivos municipais parecem perder-se sem chegar ao setor operacional encarregado de fato pela manutenção da cidade (DIXON et. al., 2014).

O acúmulo de manutenção nos espaços urbanos interfere de forma expressiva no meio ambiente, tanto interno como externo, circunstância que impacta os usuários em relação a segurança, conforto, saúde, experiência social e ambiental. O uso de dados, de acordo Bjørberg et al. (2017), pode ser um poderoso instrumento para melhorar a manutenção das cidades. Adicionalmente, há potencial para usar bancos de dados distintos de modo que a gestão das cidades possa proporcionar aos cidadãos uso adaptável e multifuncional dos espaços dentro de bairros e comunidades. No entanto, por razões relacionadas a estrutura de governança, esse é um recurso ainda pouco explorado segundo Lindkvist et al. (2019b). Deste modo, o monitoramento das estratégias de governança é necessário para o desenvolvimento de soluções que tenham capacidade de atingir os resultados esperados de diferentes grupos de interesse.

Os cidadãos devem ter oportunidades e ferramentas para compartilhar informações de como o espaço urbano necessário para sua residência, seu trabalho, sua mobilidade e seu lazer serão desenvolvidos e mantidos. Sendo assim, a tecnologia traria canais simples de comunicação que possibilitariam sua participação e envolvimento

na gestão das cidades. Os dados fornecidos pelas comunidades podem, através da perspectiva do UFM, gerar compartilhamento de responsabilidades entre os setores público e privado, gerar oportunidades para o desenvolvimento de novos serviços na cidade e gerar redução dos impactos do uso dos espaços urbanos, beneficiando seus cidadãos.

## **2.1 A Plataforma 156 como Instrumento de Gestão do UFM**

Na cidade de São Paulo, o cidadão pode contar com um canal de comunicação chamado SP156 (São Paulo, 2023). Através dessa plataforma é possível solicitar serviços relacionados a cidadania, transporte, assistência social, manutenção e vias, limpeza, saúde, acessibilidade, além de fazer sugestões, denúncias e reclamações, ou seja, toda a gama de HH e SS. As aberturas de chamados podem ser feitas em duas modalidades: anônimas e identificados. Caso o serviço em questão permita a solicitação anônima, o cadastro não será necessário. Porém, a maior parte dos requerimentos devem ser registrados de forma identificada e requer um simples cadastro prévio do cidadão, que por meio do acesso via usuário e senha, poderá acompanhar o andamento de sua solicitação.

A plataforma apresenta dados abertos para consulta das informações sobre as solicitações recebidas por meio dos canais de atendimento SP156 (central telefônica, portal de atendimento, aplicativo móvel, descomplica e praças de atendimento das subprefeituras) desde o início de sua operação em janeiro de 2012, o que permite análises através de relatórios por região, IDH, período e tipo de serviço. Dessa forma, o portal é uma importante ferramenta de



política pública com uma perspectiva de governo aberto, pois estabelece um canal direto com o cidadão e estabelece um método moderno de governança que viabiliza um espaço de interação entre governos e cidadãos baseado fundamentado nos princípios de colaboração, transparência, participação e cidadania.

Segundo Ramírez-Alujas (2012) e Wirtz e Birkmeyer (2015), o governo aberto pode ser definido como um modelo de governança focado na inclusão dos cidadãos e outros atores não governamentais em todas as fases do ciclo de políticas públicas e nos espaços de tomada de decisão, baseando-se em três princípios: (a) transparência: onde o público deve ter acesso fácil e irrestrito às informações sobre as políticas públicas, as atividades, as decisões e o desempenho do governo e da administração pública, permitindo o exercício do controle social, o encaminhamento das responsabilidades e a garantia da integridade pública; (b) participação cidadã: diz respeito a redistribuição do poder por meio da inclusão dos cidadãos nas fases do ciclo de políticas públicas e nos processos decisórios de forma a fomentar o fortalecimento da cidadania, a democracia deliberativa e a legitimidade das decisões; e (c) colaboração: pode ser definida como o trabalho mútuo entre diversos agentes governamentais e não governamentais para a criação e condução de políticas públicas visando à coprodução de bens e serviços públicos, a geração de inovação aberta e o aumento do valor público.

Conseqüentemente, para uma gestão de FM baseada em UFM, os gestores

que atuam em cidades que oferecem tais recursos poderiam agregar às suas tomadas de decisões, os dados abertos das cidades, potencializando suas ações dentro das comunidades, num olhar exógeno e não somente endógeno.

### **3 METODOLOGIA**

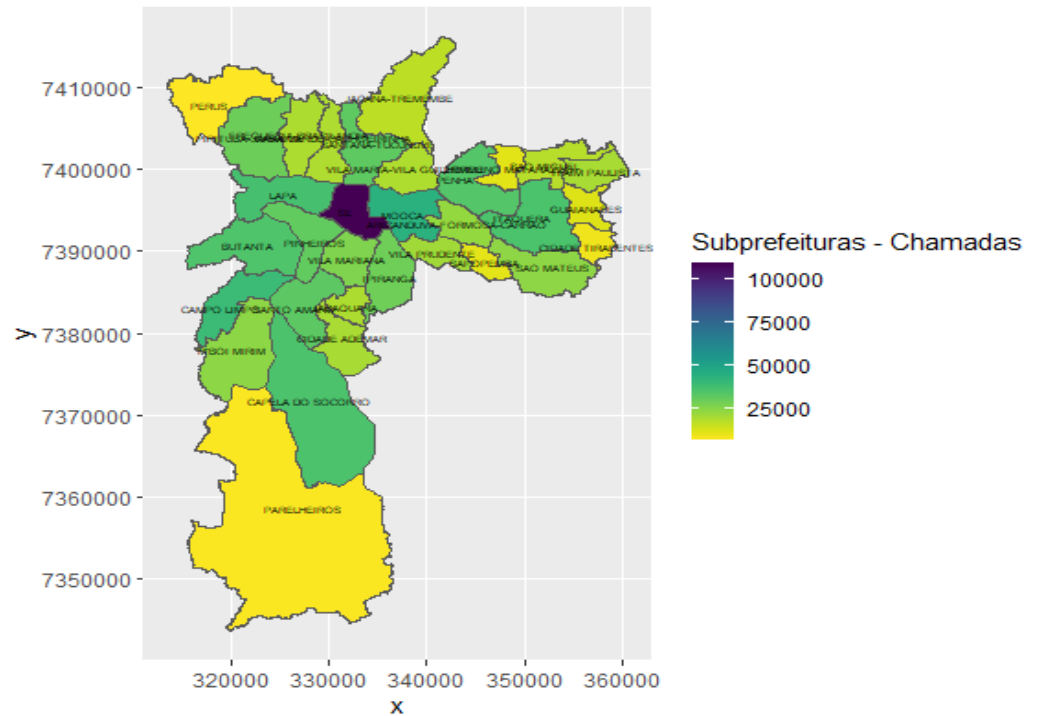
O trabalho usou uma triangulação metodológica (DUARTE, 2009), iniciada com a fundamentação teórica do UFM e, na sequência, na etapa quantitativa, foram analisados os dados da plataforma 156 para abertura de chamadas (ordens de serviços) nos mais diferentes temas (SÃO PAULO, 2023). Na última etapa, qualitativa, de posse dos principais temas emergentes, foi executado um questionário, via plataforma Forms, enviado para uma amostra por conveniência com 82 alunos de pós-graduação de FM da cidade de São Paulo, convidados a participarem da pesquisa anônima entre os dias 01 e 04 de março de 2023. Sobre a amostra, 54 são homens (66%) e 28 mulheres (34%). A maioria é do setor de serviços (65%) e o restante da indústria (11%), comércio (9%) e outros (15%). Todos eram do Estado de São Paulo. O questionário foi composto por quatro perguntas básicas sendo uma descritiva, sobre a localização da subprefeitura da empresa onde o aluno trabalhava, e três assertivas, sobre como o respondente acreditava que a sua organização poderia ajudar na melhoria das três maiores demandas da plataforma 156: ruas e bairros, cidadania e assistência social e lixo e limpeza.

No próprio portal 156 é possível selecionar os datasets ao longo dos anos e um relatório gerencial de prestação de contas disponibilizado

pela prefeitura. Entretanto, nesse estudo, avaliou-se outras dimensões que não às relacionadas a produtividade e a eficiência dos serviços realizados. Inicialmente foi realizado o ETL (extract- treatment-loading) dos dados com o software RStudio e SPSS. Foram capturados 1.878.420 de chamadas ao longo do ano de 2022, pós-pandemia

do Covid-19. Após a extração, tratamento, limpeza e carregamento (incluindo a eliminação dos missings), restaram 852.399 chamadas subdivididas em: temas, assuntos e serviços das 32 subprefeituras. No Gráfico 1 tem-se as quantidades das chamadas por subprefeituras que foram analisadas na próxima seção.

Gráfico 1 – Subprefeituras e quantidade de ordens de serviços em 2022



Fonte: elaborado pelos autores (2023).

As questões propostas no artigo foram: 1) Quais são as principais demandas, por meio da análise da plataforma 156, da cidade de São Paulo?

2) Quais seriam as ações ou contribuições dos gestores, sob a perspectiva da área de FM, para a redução desses impactos?

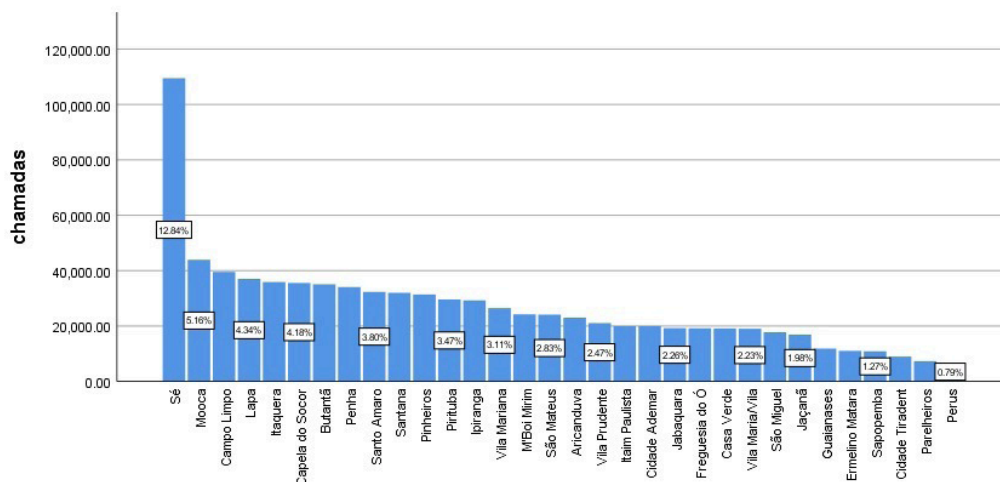
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Análise da Plataforma 156: uma cidade assimétrica

Após a análise de 852.399 chamadas (média de 26.637/subprefeitura), uma profunda reflexão de conceitos de cidadania, urbanismo e políticas públicas surge.

Nota-se, num primeiro momento, um expressivo número de aberturas de chamadas na Sé, representando aproximadamente 13% do total, conforme Gráfico 2.

Gráfico 2 – Número de chamadas por Subprefeituras

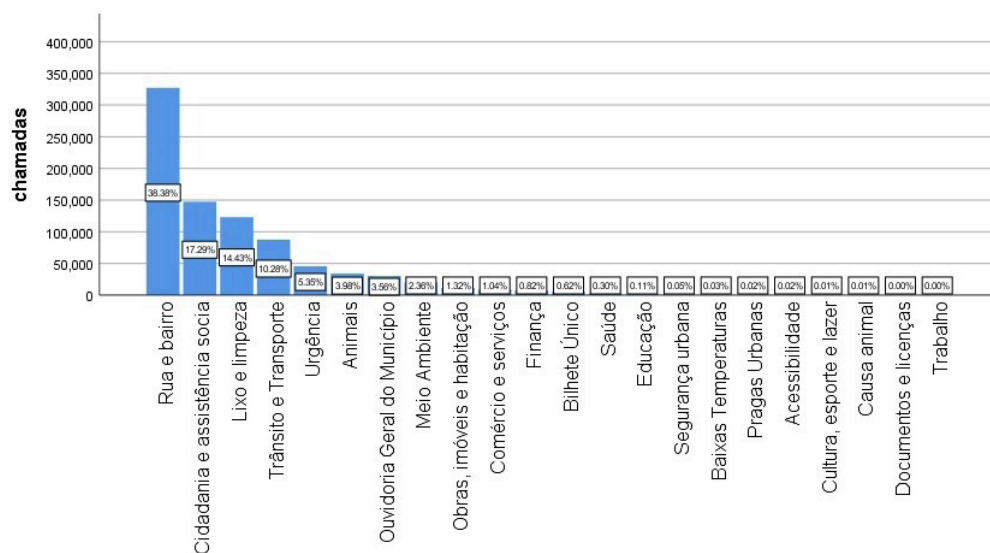


Fonte: elaborada pelos autores (2023).

Ainda que carente de investigações profundas, fica a hipótese de que a presença da sede da prefeitura e de outros equipamentos públicos nessa região favoreçam esse número expressivo de chamadas. Por outro lado, subprefeituras mais periféricas abrem menos chamadas. No Gráfico 3, verifica-se a quantidade de chamadas por temas (22 no total),

destacando-se ruas e bairros (38%), cidadania e assistência social (17%) e lixo e limpeza (14%), isto é, 70% das atuais demandas da cidade estão pautadas nos três eixos. Numa analogia às atividades de FM nas empresas, os temas apresentados fariam parte dos chamados serviços hard e soft.

Gráfico 3 – Número de chamadas por Subprefeituras



Fonte: elaborada pelos autores (2023).

Por outro lado, quando se investiga a correlação entre número de chamadas e IDH (índice de desenvolvimento humano) observa-se uma correlação positiva (0.613 correlação de Spearman), ou seja, há relação do IDH com o uso da plataforma 156 (vide Gráfico 4). Mesmo extraindo a subprefeitura Sé, bastante significativa na correlação, ainda assim a correlação total fica positiva em 0.599. Também foi testada a correlação entre densidade demográfica e abertura de chamadas, retornando em baixa correlação negativa (-0.153, correlação de Spearman).

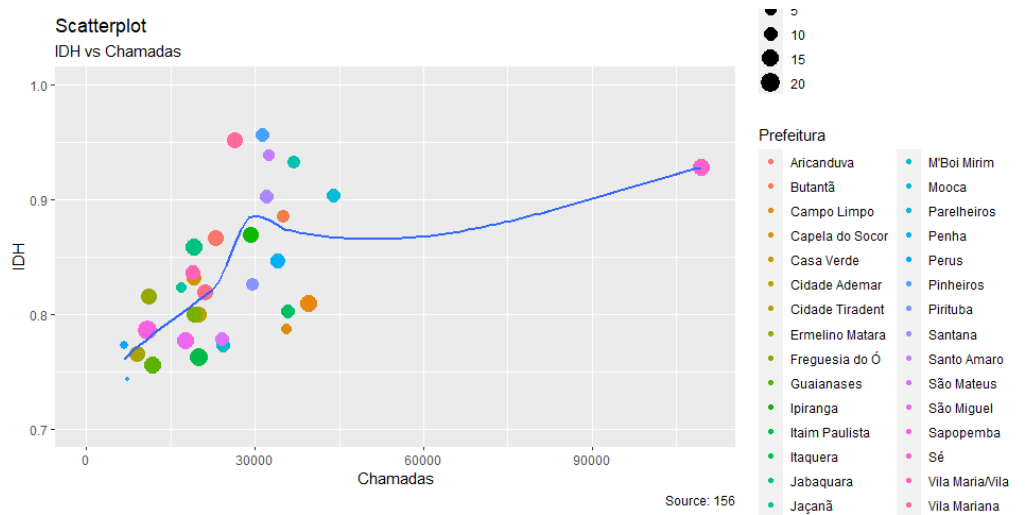
Nota-se, na ponta esquerda do gráfico de correlação, que nas subprefeituras com os menores índices IDH abrem-se menos chamadas. O tamanho das bolhas indica a densidade demográfica, entretanto não demonstram correlações significativas.

Pode-se inferir algumas reflexões: 1) não haveria demandas por ações

nas regiões com IDH mais baixos? 2) os cidadãos não conhecem a plataforma e, portanto, não praticam cidadania digital? 3) os cidadãos conhecem a plataforma, mas não acionam por não acreditarem na efetivação das políticas públicas? Do centro para o lado direito do Gráfico 4, subprefeituras com IDH maiores apresentam mais chamadas. De toda maneira foi constatada uma assimetria no uso e acesso do portal.

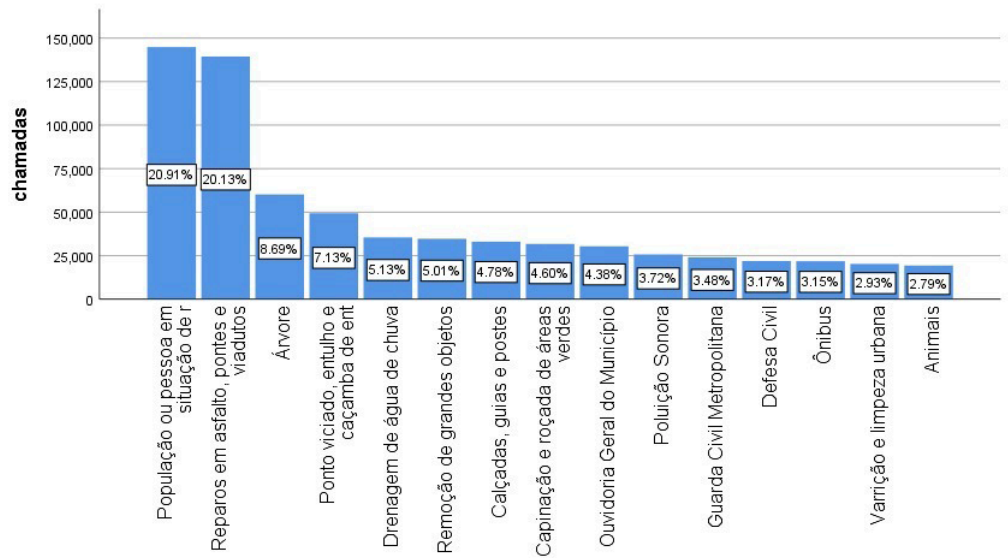
Também foi possível desdobrar os dados por tipos de serviços no Gráfico 5 (num total de 353 opções oferecidas no portal 156), ratificando os achados do Gráfico 3, agora subdivididos em: população ou pessoas em situação de ruas (21%), reparos em asfaltos, pontes e viadutos (20%), árvores (8%), entulhos (7%), drenagem (5%), remoção de objetos (5%), calçadas (4%), capinação de áreas verdes (4%), ouvidoria (4%) e poluição sonora (3%), ou seja, 10 tipos de serviços (3% do total) perfazem 80% das demandas.

Gráfico 4 - Correlação entre IDH e número de chamadas



Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Gráfico 5 - Número de chamadas por tipo de serviços (de um total de 353 opções)



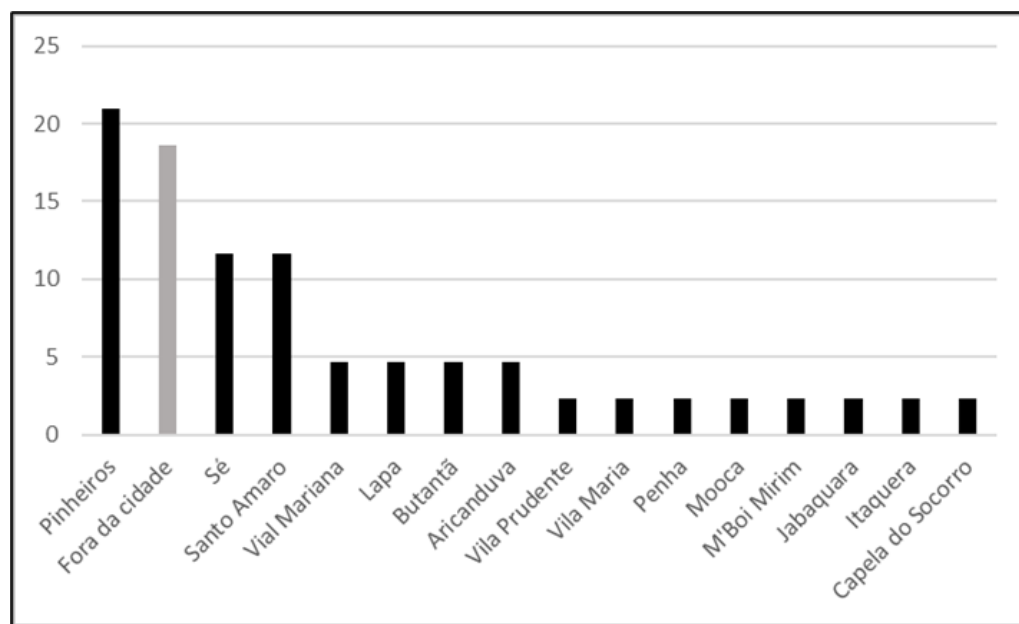
Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Há que se ressaltar que parte das atividades perimetrais do Gráfico 5 é obrigatória e parte é recomendável aos proprietários dos imóveis na cidade, como as leis nº 15.442 de 2011, sobre limpeza urbana, a cartilha do Passeio Livre, o Programa Adote Uma Praça, regulamentado pelo Decreto nº 61.170 de 2022 e, sobre resíduos, o decreto nº 47.839 de 2006 para cadastro dos geradores de resíduos, além de normas regulamentadoras brasileiras como a NBR nº15.112 e família para os resíduos da construção civil.

#### 4.2 Análise do questionário: as micro ações mitigando os efeitos da assimetria urbana

Na etapa qualitativa, após as análises quantitativas da plataforma 156, obteve-se respostas de 40 alunos (de um total de 82) sobre quais seriam as ações ou contribuições para redução do impacto das três principais demandas da cidade: ruas e bairros, cidadania e assistência social e lixo e limpeza.

Gráfico 6 – Número de respondentes por Subprefeituras



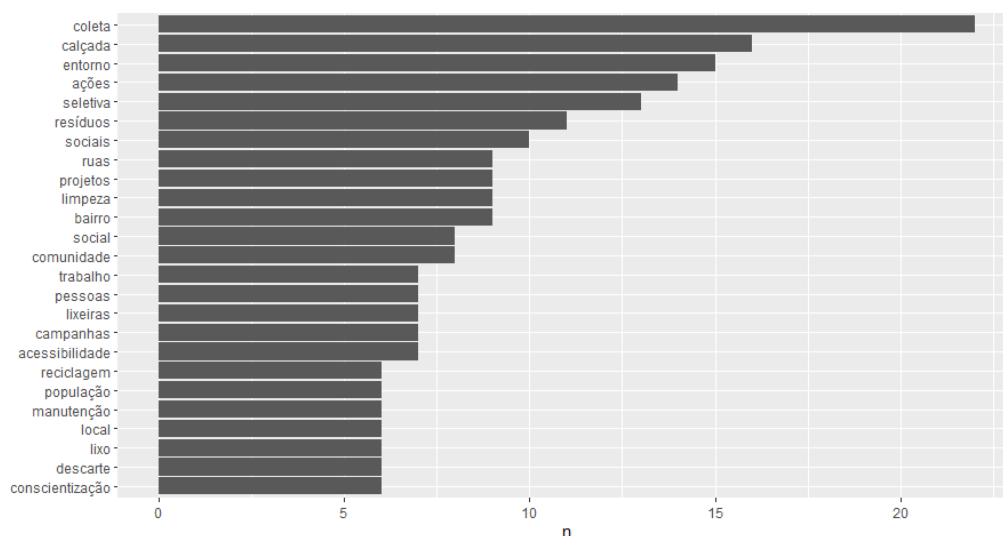
Fonte: elaborado pelos autores (2023).

No gráfico 6 nota-se que os respondentes, na sua maioria, são da região de Pinheiros, seguido dos que estão fora da cidade e da Sé, regiões com alta densidade demográfica e PIB elevados. No extremo do gráfico uma realidade: poucas empresas instaladas nas regiões mais periféricas da cidade. Já no Gráfico

7, destacam-se as principais palavras usadas no questionário aplicado, destacando-se coleta, calçada, entorno, ações, coleta seletiva, resíduos, programas sociais e ruas, ou seja, os gestores têm ciência que os problemas crônicos da cidade também impactam em suas gestões.



Gráfico 7 – Número de palavras utilizadas pelos respondentes



Fonte: elaborado pelos autores (2023).

No mapa de palavras do Gráfico 8, extraído das respostas do questionário aplicado sobre as possíveis ações de mitigação frente aos três maiores desafios da cidade: ruas e bairros, cidadania e assistência social e lixo e limpeza, ratificam-se as preocupações dos respondentes, notadamente aos gaps exógenos das empresas – as áreas perimetrais.

Gráfico 8 – Mapa de palavras usadas pelos respondentes

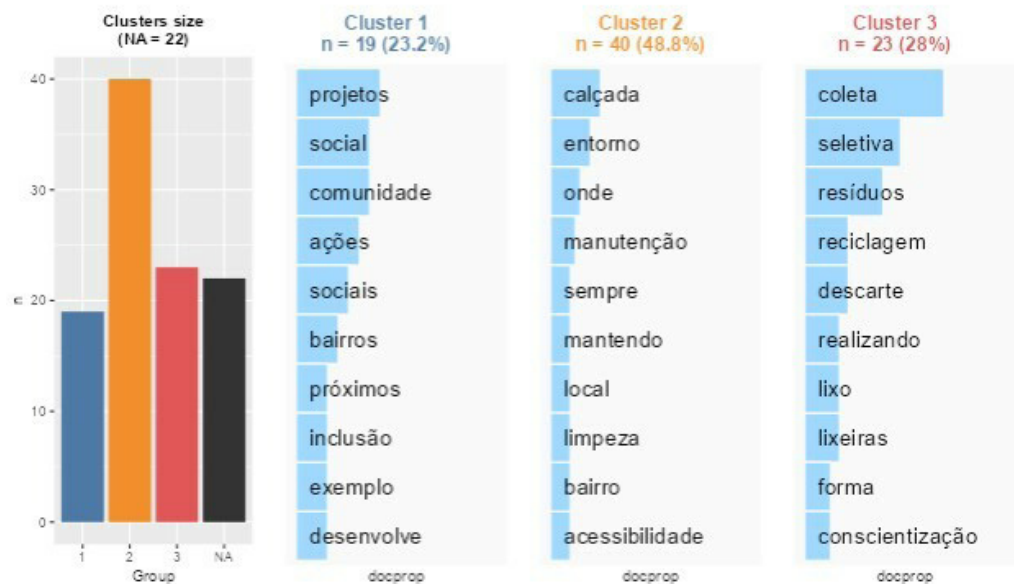


Fonte: Elaborado pelos autores

Finalmente foi averiguada a formação de clusters no conjunto de palavras utilizadas pelos respondentes por meio do método de clusterização textual Reinert. O algoritmo usado foi o rainette (RStudio) que analisa a matriz de termos do corpus gerado. Esses termos são separados em elementos únicos que, posteriormente, são reagrupados

por similaridades. Notam-se três clusters: cluster 1 relacionado a ações de inclusão social, cluster 2 para manutenção e conservação do perímetro das empresas e cluster 3 para coleta seletiva de resíduos. O cluster 2, manutenção e conservação do perímetro é o mais significativo entre os 3.

Gráfico 9 – Clusters gerados a partir das respostas



Fonte: Elaborado pelos autores

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, no Gráfico 9, foi possível categorizar os três principais eixos que os gestores, sob a ótica de UFM, podem adotar em suas tomadas de decisão: o eixo social, destacando-se projetos sociais com as comunidades locais, o eixo da infraestrutura perimetral, como as calçadas, jardins e entornos e, por último, o eixo da sustentabilidade por meio de gestão dos resíduos. Dentre os três, conforme gráfico, houve uma preferência mais centrada no eixo da infraestrutura perimetral, pertencente a classe de hard services.

Uma cidade, sob o ponto de vista de FM, nada mais é do que uma "teia" de micro infraestruturas atreladas às macros infraestruturas urbanas e, portanto, semelhante aos espaços gestados pelos profissionais de FM numa escala menor. O artigo teve como objetivo responder duas questões: 1) quais são as principais demandas, por meio da análise da plataforma 156, da cidade de São Paulo? 2) quais seriam as ações ou contribuições dos gestores, sob a perspectiva da área de FM, para a redução desses impactos, trazendo

para o debate uma nova perspectiva em FM: o da UFM, que demanda um novo olhar “exógeno”, menos reducionista e mais expansionista, utilizando os dados abertos das cidades, quando existirem, como ferramentas de tomada de decisão nas organizações. Como pôde-se verificar, para além das rotinas e urgências internas de FM há as demandas externas, algumas amparadas por leis e decretos, que podem minimizar os efeitos e os impactos da urbanização assimétrica da cidade de São Paulo. Notadamente as correlações mostraram que o conceito de cidadania não é pleno na cidade, tornando-a desigual, embora o acesso do portal seja universal. A cidade de São Paulo é, sob a perspectiva de UFM, desplanejada. Porém fica evidenciado, dados os enormes desafios que uma megacidade impõe aos gestores públicos que esses órgãos não dão vazam as demandas urbanas, principalmente pós-pandemia, onde as rupturas do tecido social se alargaram. Nesse sentido os gestores de FM, em suas empresas, podem contribuir para a redução desses impactos.

Para além dos desafios que os gestores de FM têm nas suas próprias organizações, uma cidade complexa e dinâmica como São Paulo carece de reforços. Esses reforços podem ser potencializados na medida em que o gestor estenda sua atuação para além dos limites físicos das suas empresas, acessando, interpretando e tomando ações “perimetrais” que possam reduzir as principais demandas apontadas no estudo, como o da manutenção dos entornos prediais, das calçadas, da jardinagem, das fachadas, além da limpeza perimetral. Em síntese, o uso de dados abertos das cidades, quando

disponíveis, pode ser acoplado aos KPIs corporativos, impulsionando a agenda sustentável das empresas.

Não obstante, vale reforçar que o estudo teve um corte longitudinal de um ano de análise, isto é, para futuras pesquisas poder-se-ia pensar numa linha temporal mais extensa. Há outras limitações alertadas no próprio portal 156, como a possibilidade de duplicidade dos chamados ou das ordens de serviços, a abertura equivocada de solicitações e a dinâmica de abertura e fechamento dos pedidos. Entretanto, para a análise proposta, a linha do tempo e a quantidade de dados foram suficientes para uma radiografia da cidade, planejada sobretudo para a mobilidade veicular, baixa acessibilidade e com infraestruturas das ruas e dos bairros precarizadas, colocando em dúvida sua vocação para a chamada cidade inteligente. Outra possibilidade de futuras pesquisas estaria no entendimento mais profundo da assimetria encontrada entre o número de chamadas e o IDH das subprefeituras. Por que diferem já que os problemas urbanos estão em toda a extensão da cidade? Seria falta de divulgação, de educação para cidadania, de desalento com o setor público?

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 15112 de 2004. Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Disponível em: <https://encurtador.com.br/dfxDE>. Acesso em: 31 de março de 2023.

ALEXANDER, K., 1992. Facilities Management in the New Organization.

- Facilities, V. 10, N. 1, P. 6-9.
- ALEXANDER, K.; BROWN, M., 2006. Community-based Facilities Management. *Facilities*, V. 24, N. 7-8, P. 250-268.
- BJØRBERG, S. et. al., 2017. Contribution of facilities management to value creation. *Journal für Facility Management*, Vol. 14, pp. 7-21.
- BRÖCHNER, J.; et. al., 2019. Shaping tomorrow's Facilities Management. *Facilities*, V. 37 N. 7-8, P. 366-380.
- CHEW, M. Y. L. et al., 2004. Evaluating the roadmap of 5G technology implementation for smart building and Facilities Management in Singapore. *Sustainability*, V. 12, 10259.
- CHOTIPANICH, S., 2004. Positioning facility management. *Facilities*, V. 22, N. 13-14, P. 364-372.
- DECRETO Nº 61.170 de 2022. Programa Adote Uma Praça. Disponível em: <https://encurtador.com.br/amqSW> Acesso em: 31 de mar. de 2023.
- DIXON, T. et. Al., 2014. Urban retrofitting: identifying disruptive and sustain technologies using performative and foresight techniques. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 89, pp. 131-144.
- DUARTE, T., 2009. A possibilidade da investigação a 3: reflexões sobre triangulação (metodológica). CIES e-WORKING PAPER N. º 60/2009.
- GOHARI, S. et. al., 2020. Prevailing approaches and practices of citizen participation in smart city projects: lessons from Trondheim, Norway. *Infrastructures*, Vol. 5 No. 4.
- IBGE, 2023. Cidades e Estados. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-paulo.html>. Acesso em: 07 de mar. de 2023.
- ISO 37122:2019. Sustainable cities and communities — indicators for smart cities. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/69050.html> Acesso em: 25 out. de 2022.
- ISO 41001:2020. facility management — management systems — requirements with guidance for use. Disponível em: <https://encurtador.com.br/yABDL>. Acesso em: 25 de out. de 2022
- JACOBS, Jane, 2011. Morte e vida de grandes cidades, São Paulo, Martins Fontes, 3a. ed.
- JENSEN, P. A., 2011. Organisation of Facilities Management in relation to core business. *Journal of Facilities Management*. V. 9, N. 2, P. 78-95.
- KUIJLENBURG, K., 2019. Facility' management from student perspective, the FM influence in an urban environment", The 18th EuroFM Research Symposium, 12-15 June in Dublin, Ireland, EuroFM, Netherlands.
- KUIJLENBURG, R. 2020. Teaching urban facility management, global citizenship and livability", *Facilities*, Vol. 38 No. 11/12, pp. 849-857
- KULATUNGA, U., et. al, 2010. Performance measurement and management in facilities management. *Facilities*, Vol. 28 No. 5/6.
- LEI Nº 15.442 DE 9 DE SETEMBRO

- DE 2011. Disponível em: <http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-15442-de-09-de-setembro-de-2011> Acesso em: 31 de mar. de 2023.
- LINDKVIST, C. et. al., 2021. Exploring Urban Facilities Management approaches to increase connectivity in smart cities. *Facilities*, V. 39, N. 1-2, P. 96-112.
- LINDKVIST, C.M. et al., 2019b. Urban facilities management in smart cities. In proceedings CIB World Building Congress 2019, Hong Kong.
- LINDKVIST, C.M. et. al., 2020. Exploring urban facilities management approaches to increase connectivity in smart cities. *Facilities*, Vol. 39 No. 1/2, pp. 96-112.
- MICHELL, K. 2013. Urban facilities management: a means to the attainment of sustainable cities? *Journal of Facilities Management*, Vol. 11 No. 3.
- NOTA, G.; et. al., 2021. The Contribution of Industry 4.0 Technologies to Facility Management. *International Journal of Engineering Business Management*, V. 13, P. 1-14.
- PASSEIO LIVRE. Conheça as regras para arrumar a sua calçada, Prefeitura da cidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/mooca/noticias/?p=72262> Acesso em: 31 de mar. de 2023.
- PEARCE, A.R., 2017. Sustainable Urban Facilities Management. *Encyclopedia of Sustainable Technologies*, Vol. 2, Myers-Lawson School of Construction, Blacksburg, VA, United States.
- PIAIA, E.; et. al., 2022. A percepção de gestores de facilities sobre o estado de conservação das infraestruturas prediais no Estado de São. *E&S -Engineering and Science*, Vol. 11, ed. 11.2.
- RAMÍREZ-ALUJAS, Á. V., 2012. Gobierno abierto es la respuesta: ¿Cuál era la pregunta? *Más Poder Local*, (12), 14-22. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4013852> 06 fev. de 2023.
- ROLNIK, Raquel, 2022. São Paulo: o planejamento da desigualdade. São Paulo: Fósforo.
- SALAJ, A. T., Lindkvist, C., 2020. Guest editorial, *Facilities*, Vol. 38 Nos 11/12, pp. 761-763.
- SÃO PAULO, 2023. Dados abertos da plataforma 156. Disponível em: <http://dados.prefeitura.sp.gov.br/dataset/dados-do-sp156> Acesso em: 06 fev. de 2023.
- SCHULTZ, L. et. al., 2015. Adaptive governance, ecosystem management, and natural capital. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 112 No. 24, pp. 7369-7374.
- UK Gov. Facilities Management Strategy, 2022. Disponível em: <https://encurtador.com.br/jkFJR> Acesso em: 21 dez. de 2022.
- WIRTZ, B. W.; BIRKMEYER, S., 2015. Open government: Origin, development, and conceptual perspectives. *International Journal of Public Administration*, 38(5), 381-396.

## **Avaliadores**

Profª Drª Denise Balestrero Menezes  
Prof. Dr. Edson Salerno Junior  
Profª Drª Elza Luli Miyasaka  
Profª. Dra. Juliana Cardoso Esteves  
Profª Drª Katia Sakihama Ventura  
Profª Drª Thais Guerreiro



## Comissão Editorial

### **Saneamento:**

Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa  
Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira  
Profª Drª Cali Laguna Achon  
Prof. Dr. Daniel Jadyr Leite Costa  
Prof. Dr. Erich Kellner  
Profª Drª Katia Sakihama Ventura

### **Urbanismo:**

Profª Drª Carolina Maria Pozzi de Castro  
Profª Drª Cristiane Bueno  
Profª Dra Elza Luli Miyasaka  
Prof. Dr. Érico Masiero  
Profª Drª Luciana Márcia Gonçalves  
Prof. Dr. Luiz Antonio Nigro Falcoski  
Prof. Dr. Ricardo Augusto Souza Fernandes

### **Geotecnia e Geoprocessamento:**

Profª Drª Denise Balestrero Menezes  
Prof. Dr. Edson Augusto Melanda  
Prof. Dr. Fábio Noel Stanganini  
Prof. Dr. José Augusto de Lollo  
Profª Drª Marcilene Dantas Ferreira

### **Transportes:**

Prof. Dr. Archimedes Azevedo Raia Junior  
Prof. Dr. Marcos Antonio Garcia Ferreira  
Profª Drª Rochele Amorim Ribeiro  
Profª Drª Suely da Penha Sanches  
Profª Drª Thais de Cassia Martinelli Guerreiro