



PGIRS AT

PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ

PF – Relatório Final
Monitoramento de Vazões nas Sub-Bacias Seleccionadas para
Instalação de Barreiras Flutuantes

Novembro/2024



PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ PGIRS-AT

PF – Relatório Final
Monitoramento de Vazões nas Sub-Bacias Seleccionadas para
Instalação de Barreiras Flutuantes

Secretaria de  **SÃO PAULO**
Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística GOVERNO DO ESTADO

FINANCIADOR



CONTRATANTE



REALIZAÇÃO



ELABORAÇÃO



De Curitiba/PR para São Paulo/SP
Novembro/2024

APRESENTAÇÃO DA EQUIPE

Coordenação Geral

Helder Rafael Nocko | *Engenheiro Ambiental, MSc.*

Coordenador Executivo

André Luciano Malheiros | *Engenheiro Civil, Dr.*

Equipe Técnica

André Luciano Malheiros | *Engenheiro Civil, Dr.*

Alexandre Vedor de Paula | *Técnico Ambiental*

Daniela Lopes | *Auxiliar administrativo*

Diana Maria Cancelli | *Engenheira Ambiental, Dra.*

Fernanda Muzzolon Padilha | *Engenheira Ambiental, Esp.*

Márcio Aluizio Fonsaca Grochocki | *Técnico Ambiental*

Paulo Henrique Costa | *Geógrafo, Esp.*

Roberta Gregório | *Engenheira Ambiental, Esp.*

Romildo Macario | *Administrador*

Sandro Vissotto | *Consultor em Recursos Hídricos*

Tiago Aparecido Perez Vieira | *Consultor em Resíduos Sólidos*

**PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ- PGIRS-AT**

PF – Relatório Final

Elaborado por: Equipe Técnica	Supervisionado por: Diana Maria Cancelli		
Aprovado por: Helder Rafael Nocko	Revisão	Finalidade	Data
	02	03	21/11/2024
Legenda Finalidade: [1] Para informação [2] Para comentário [3] Para aprovação			
	EnvEx Engenharia e Consultoria Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico CEP 80.210-190 Curitiba – PR Tel: (41)3053-3487 envex@envexengenharia.com.br www.envexengenharia.com.br		

APRESENTAÇÃO

Apresentamos à Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (FABHAT) o produto **PF – Relatório Final – Monitoramento de Vazões nas Sub-Bacias Selecionadas para Instalação de Barreiras Flutuantes**, referente ao Instrumento Contratual nº 001/2023, para a elaboração do **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Bacia do Alto Tietê (PGIRS-AT)**, em conformidade com o Processo Licitatório nº 002/2022.



Helder Rafael Nocko
Engenheiro Ambiental, Msc.
Coordenador Geral

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	INSTALAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS	13
2.1.	Escolha dos Locais	13
2.2.	Levantamento do Perfil Transversal.....	18
2.2.1.	Planejamento das seções e determinação dos métodos de posicionamento e altimetria GNSS.....	19
2.2.2.	Equipamento GNSS Utilizado	21
2.2.3.	Coleta de Pontos Topobatimétricos	22
2.3.	Instalação das Estruturas Mínimas para o Monitoramento	25
2.4.	Estações Automáticas.....	28
3.	RESULTADOS DOS MONITORAMENTOS	32
3.1.	Campanhas de medição de vazão.....	32
3.2.	Medições de nível d'água	45
4.	DETERMINAÇÃO DAS CURVAS-CHAVES	52
4.1.	Córrego Jaguaré	52
4.2.	Córrego Novo Mundo	56
5.	OBTENÇÃO DAS SÉRIES DE VAZÕES	61
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
	REFERÊNCIAS	67
	APÊNDICE A – LAUDOS DE MONITORAMENTO DE VAZÃO	68
	APÊNDICE B – PLANILHAS DE OBTENÇÃO DAS CURVAS-CHAVE	69
	APÊNDICE C – DADOS DE NÍVEL D'ÁGUA MEDIDOS PELOS SENSORES AUTOMÁTICOS E VAZÕES OBTIDAS PELAS CURVAS-CHAVE.....	70
	APÊNDICE D – SEÇÕES TOPOBATIMÉTRICAS.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas de elaboração do PGIRS-AT.....	10
Figura 2: Trecho selecionado para o monitoramento hidrológico no córrego Novo Mundo.....	15
Figura 3: Trecho selecionado para o monitoramento hidrológico no córrego Jaguaré.	15
Figura 4: Mapa de localização da seção transversal da estação do Córrego Novo Mundo.....	16
Figura 5: Mapa de localização da seção transversal da estação do Córrego Jaguaré.	17
Figura 6: Rastreio do ponto de apoio do córrego Novo Mundo.	20
Figura 7: Rastreio do ponto de apoio do córrego Jaguaré.....	20
Figura 8: GPS Trimble/Spectra SP60.....	22
Figura 9: Topobatimetria na seção transversal do córrego Novo Mundo.	23
Figura 10: Topobatimetria na seção transversal do córrego Jaguaré.....	23
Figura 11: Seção transversal do córrego Novo Mundo.....	24
Figura 12: Seção transversal do córrego Jaguaré.....	25
Figura 13: Régua linimétrica instalada no córrego Novo Mundo.....	26
Figura 14: Régua linimétrica instalada no córrego Jaguaré.....	27
Figura 15: RN 1 e RN 2 implantadas na estação do córrego Novo Mundo.	28
Figura 16: RN 1 e RN 2 implantadas na estação do córrego Jaguaré.....	28
Figura 17: Sonda Onset <i>HOBO Water Level Looger U20-001-01</i>	29
Figura 18: Sonda Onset <i>HOBO Water Level Looger U20-001-01</i> instalada na estação do córrego Novo Mundo.....	30
Figura 19: Sonda Onset <i>HOBO Water Level Looger U20-001-01</i> instalada na estação do córrego Jaguaré.....	31
Figura 20: HOBO BASE-U4 – Optic USB Base Station.....	31
Figura 21: Vazões medidas nas campanhas de medição de vazão na estação Jaguaré.	35

Figura 22: Leituras da régua durante as campanhas de medição de vazão na estação Jaguaré.....	36
Figura 23: Vazões medidas nas campanhas de medição de vazão na estação Novo Mundo.....	39
Figura 24: Leituras da régua durante as campanhas de medição de vazão na estação Novo Mundo.....	40
Figura 25: Registros fotográficos das campanhas de monitoramento de vazões nas estações do Jaguaré e Novo Mundo no período de setembro/23 a novembro/23. ...	41
Figura 26: Registros fotográficos das campanhas de monitoramento de vazões nas estações do Jaguaré e Novo Mundo no período de dezembro/23 a março/24.	42
Figura 27: Registros fotográficos das campanhas de monitoramento de vazões nas estações do Jaguaré e Novo Mundo no período de abril/24 a junho/24.....	43
Figura 28: Registros fotográficos das campanhas de monitoramento de vazões nas estações do Jaguaré e Novo Mundo no período de julho/24 a setembro/24.	44
Figura 29: Registros fotográficos do sensor automático e coleta de dados na estação Jaguaré.....	45
Figura 30: Registros fotográficos do sensor automático e coleta de dados na estação Novo Mundo.....	45
Figura 31: Medições de nível d'água realizadas com o sensor automático na estação Jaguaré.....	46
Figura 32: Medições de nível d'água realizadas com o sensor automático na estação Novo Mundo.....	46
Figura 33: Exemplo de variação cíclica dos níveis d'água na estação Jaguaré.....	48
Figura 34: Exemplo de registros dos níveis realizados pelos leituristas nas duas estações de monitoramento.....	49
Figura 35: Leituras de nível d'água realizadas nas régua instaladas na estação Jaguaré.	50
Figura 36: Leituras de nível d'água realizadas nas régua instaladas na estação Novo Mundo.....	51
Figura 37: Medições de vazão realizadas no ponto de monitoramento do córrego Jaguaré.....	53

Figura 38: Curva-chave definida para o ponto de monitoramento do córrego Jaguaré.	53
Figura 39: Medições de vazão realizadas no ponto de monitoramento do córrego Novo Mundo.....	56
Figura 40: Curva-chave definida para o ponto de monitoramento do córrego Novo Mundo.....	57
Figura 41: Série de vazões do Córrego Jaguaré.....	63
Figura 42: Série de vazões do Córrego Novo Mundo.	63

1. INTRODUÇÃO

Considerando os impactos dos resíduos sólidos nos recursos hídricos da BHAT e o arcabouço legal, a Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (FABHAT), por meio do Processo Licitatório nº 002/2022, tornou público aos interessados a seleção de propostas, na modalidade Concorrência, do tipo Técnica e Preço, para a contratação de consultoria especializada para elaborar, de forma participativa, o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (PGIRS-AT), tendo a EnvEx Engenharia e Consultoria Ltda. como vencedora do processo licitatório.

O objeto da licitação previa oito etapas para elaboração do PGIRS-AT, as quais são ilustradas na Figura 1.



Figura 1: Etapas de elaboração do PGIRS-AT.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A Etapa 4 refere-se à Investigação dos Resíduos Sólidos nos Recursos Hídricos, a qual tem como objetivo investigar o aporte de resíduos sólidos nos recursos hídricos da BHAT, durante um ano hidrológico, por meio da instalação de estruturas de retenção de resíduos sólidos, denominadas barreiras flutuantes, em duas sub-bacias representativas, conforme critérios definidos no termo de referência da licitação.

Ao longo da execução contratual, no Produto 4.1 - Relatório Parcial da Investigação dos Resíduos Sólidos nos Recursos Hídricos, elaborado pela Envex Engenharia e Consultoria, foi apresentada a definição de sub-bacias representativas na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT), com o intuito de estudar o aporte de resíduos sólidos nos recursos hídricos, cujo processo passou por diversas etapas técnicas de pré-seleção, além de visitas *in loco*. Os resultados possibilitaram estabelecer duas sub-bacias de cada área de drenagem (rio Pinheiros e rio Tietê) como viáveis para instalação das barreiras flutuantes, necessárias para os estudos. Por fim, foram selecionadas as sub-bacias do Córrego Jaguaré - P2 (São Paulo) e do Córrego Novo Mundo - T3 (São Paulo) como as mais adequadas para a realização dos estudos, em virtude do cumprimento das premissas adotadas como critérios de elegibilidade e adequadas condições constatadas em campo.

Durante a execução contratual, concluiu-se que a compreensão do regime de vazões nas estruturas de retenção de resíduos sólidos é essencial para aprimorar as análises e correlações entre os resultados obtidos. Além disso, essa informação pode ser útil ao transportar os dados do projeto piloto para outras situações ou sub-bacias.

Desta forma, uma vez que as sub-bacias selecionadas não possuem medições de vazão, sugeriu-se que fossem instaladas estações fluviométricas automáticas, que permitiram o monitoramento contínuo da vazão e do nível d'água, bem como medições de vazão considerando diferentes períodos sazonais do corpo hídrico, de modo a possibilitar a obtenção da curva-chave.

Assim, em 15 de setembro de 2023, foi formalizado o Primeiro Termo Aditivo ao Contrato inicial, visando a execução dos serviços de monitoramento de vazões nas sub-bacias selecionadas para a instalação de barreiras flutuantes no Córrego Jaguaré, afluente do Rio Pinheiros, e no Córrego Novo Mundo, afluente do Rio Tietê.

O estudo abrange ambos os córregos, onde, ao longo de sua execução, foram coletados dados de cota linimétrica (nível da água) e realizadas medições de vazão. Com base nesses dados, foram geradas as curvas-chave para os dois pontos de medição.

Conforme previsto no Plano de Trabalho deste aditivo contratual, o presente relatório final foi elaborado contendo as seguintes informações:

- Detalhamento referente a instalação das estações fluviométricas;
- Resultados das campanhas de medição de vazão e laudos de monitoramento de vazões;
- Resultados das coletas de dados de nível d'água/cota medidos nas estações fluviométricas e leituras das réguas linimétricas;
- Curvas-chaves resultantes dos processamentos dos dados de medição de vazão; e,
- Séries de vazões obtidas a partir das curvas-chave e dados de nível d'água.

Assim, a seguir são abordados todos os dados obtidos e atividades realizadas no âmbito dos monitoramentos das vazões.

2. INSTALAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

As metodologias adotadas para instalação das estações se basearam nas recomendações da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), as quais são descritas no guia “Orientações para Elaboração de Relatório de Instalação de Estações Hidrométricas” e no guia “Levantamentos Topobatimétricos e Geodésicos aplicados na Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN)”, ambos elaborados pela própria ANA. A metodologia resumidamente é composta por três etapas:

- Escolha do local;
- Instalação das estruturas mínimas para o monitoramento; e,
- Instalação da Estação Automática.

2.1. Escolha dos Locais

A definição do local de monitoramento levou em conta os requisitos mínimos para uma amostragem representativa dos corpos hídricos, de forma que os dados gerados viessem a representar congruentemente a vazão do rio. Os critérios basicamente foram os seguintes:

- Trecho retilíneo;
- Sem presença de obstáculos à montante e à jusante;
- Margens altas e declividades moderadas;
- Leito firme e uniforme;
- Calha do rio contendo toda a variação de vazão, sem transbordamentos;
- Facilidade de acesso; e,
- Segurança dos equipamentos e da equipe.

Os locais definidos para a instalação das estações, tanto no Córrego Novo Mundo como no Córrego Jaguaré, sempre que possível, levaram em consideração os critérios apresentados.

O Córrego Novo Mundo, por ser canalizado, apresenta leito e margens regulares, além de um canal predominantemente retilíneo e livre de obstáculos que possam interferir nas medições de vazão. O local também possui fácil acesso de modo que foi possível acessar o córrego por ambas as margens. A Figura 2 apresenta o trecho definido para monitoramento no Córrego Novo Mundo.

Quanto ao Córrego Jaguaré, o trecho apresenta sinuosidade e obstáculos ao longo de quase todo o percurso, além de dificuldades de acesso em alguns pontos. Por esse motivo, foi selecionado um local no canal que atendesse da melhor maneira possível aos critérios mencionados. Nesse ponto, o talvegue passou por uma retificação parcial, com o material do leito sendo removido e depositado na margem direita. Vale pontuar que seu leito demonstra uma certa estabilidade, e as margens suportam a variação do nível do rio.

A Figura 3 ilustra o trecho definido para monitoramento no Córrego Jaguaré. A Figura 4 contém o mapa com a localização da estação do Córrego Novo Mundo, destacando a hidrografia da região. Por sua vez, a Figura 5 apresenta o mapa com a localização da estação do Córrego Jaguaré.



Figura 2: Trecho selecionado para o monitoramento hidrológico no córrego Novo Mundo.

Fonte: EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).



Figura 3: Trecho selecionado para o monitoramento hidrológico no córrego Jaguaré.

Fonte: EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

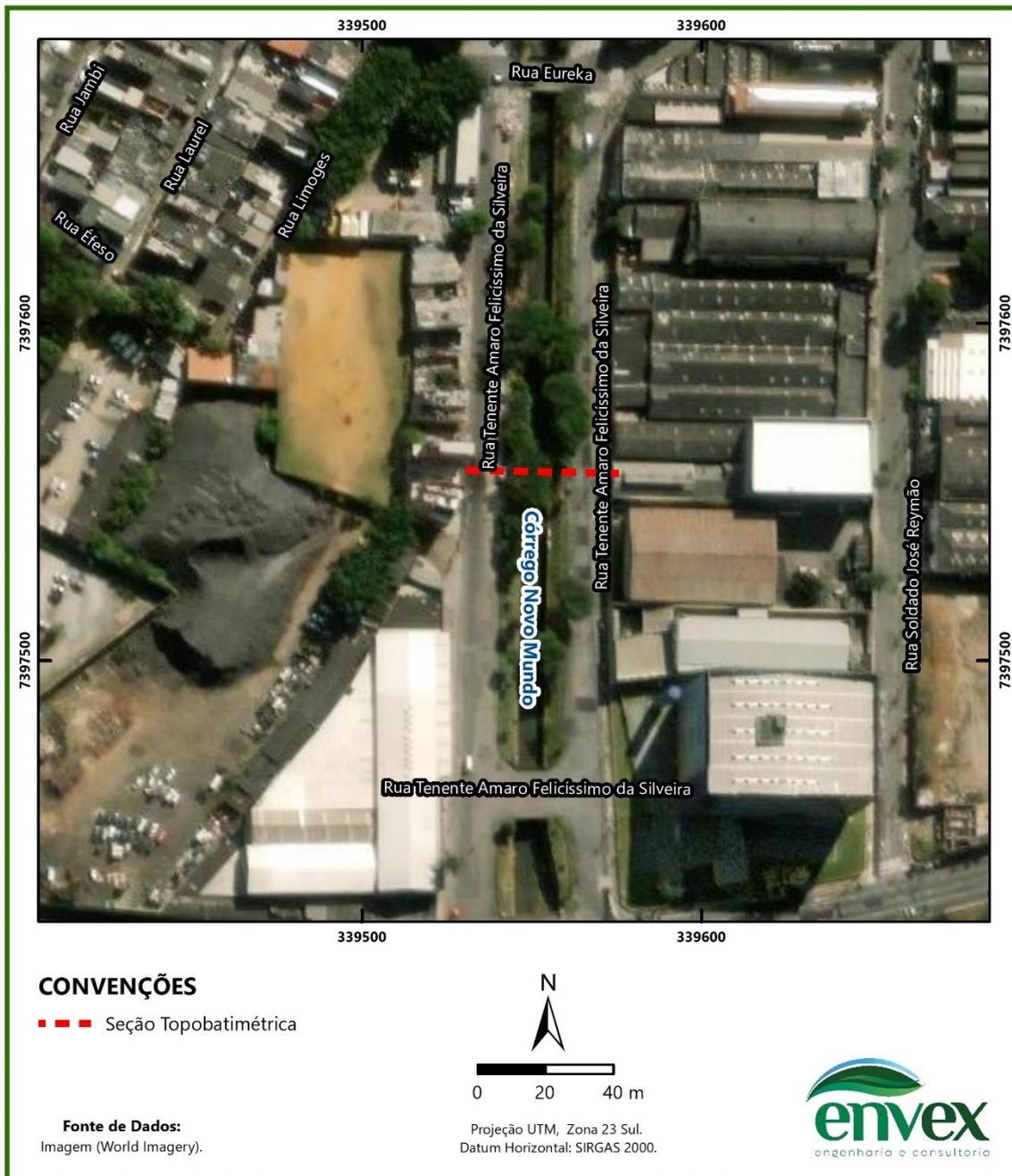


Figura 4: Mapa de localização da seção transversal da estação do Córrego Novo Mundo.
Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

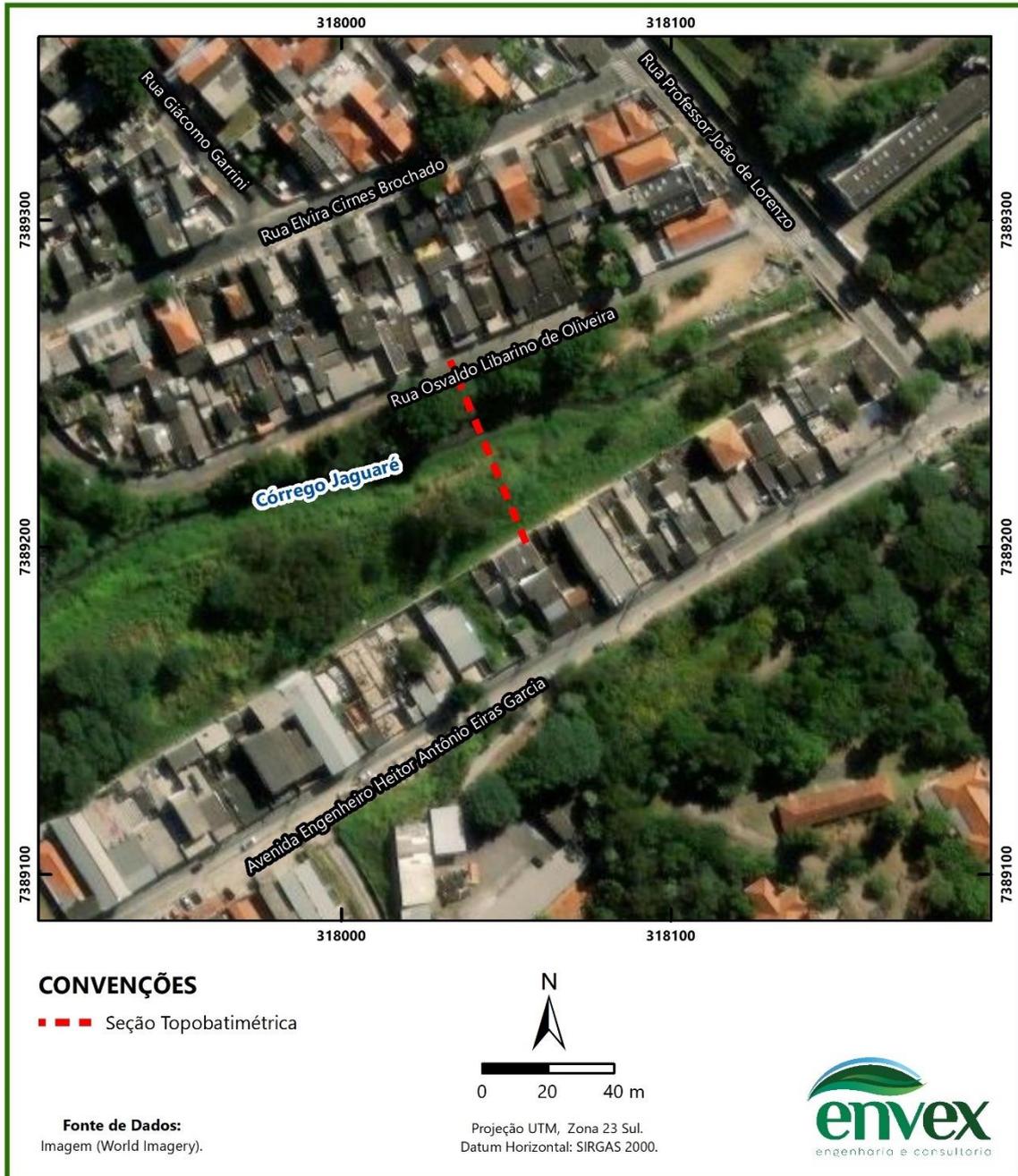


Figura 5: Mapa de localização da seção transversal da estação do Córrego Jaguaré.
Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

2.2. Levantamento do Perfil Transversal

O levantamento dos perfis transversais das seções onde as estações foram instaladas permite o conhecimento da forma da calha do rio e é útil para a obtenção da curva-chave da estação. Nesse sentido, foi realizado um primeiro levantamento dos perfis transversais – quando também ocorreu a avaliação do local para instalação dos equipamentos, além de um segundo levantamento realizado em concomitância à última campanha de medição de descarga líquida. Os dois levantamentos foram realizados com o objetivo de verificar se houve alterações nas seções de medição.

Em cada estação o perfil transversal foi levantado sempre no mesmo alinhamento, correspondente à linha da seção transversal definida pelos marcos de Ponto Inicial (PI) e Ponto Final (PF). Dadas as características dos corpos hídricos e necessidades do estudo, tanto a calha molhada quanto a área seca dos perfis transversais foram levantadas por topografia convencional, sempre garantindo boa resolução das informações.

Esses levantamentos foram referenciados em coordenadas conhecidas, normalmente amarradas a estruturas que, por sua vez, foram materializadas em locais próximos à área de estudo.

Para execução do mapeamento topobatimétrico, a metodologia foi subdividida em 4 etapas: a definição dos métodos de posicionamento e altimetria GNSS; a definição do apoio básico e Implantação dos Pontos de Apoio (PA); a coleta dos pontos batimétricos; e o processamento dos dados e a criação dos perfis transversais de cada seção.

2.2.1. Planejamento das seções e determinação dos métodos de posicionamento e altimetria GNSS

As coordenadas geodésicas (latitude, longitude e altitude geométrica) dos pontos amostrais topográficos e batimétricos são determinadas com o posicionamento GNSS no método relativo cinemático pós-processado, no qual dois receptores coletam dados, simultaneamente, durante um determinado intervalo de tempo, sendo um instalado em uma estação de referência (estação base, de coordenadas conhecidas) e o outro nos pontos de interesse (estações móveis) (SEEBER, 1993; MONICO, 2007).

Para georreferenciamento, preliminarmente, os locais foram visitados para definição de onde os pontos topográficos seriam coletados. Em campo, foi feita a materialização de um ponto de apoio próximo a cada seção. Esses pontos foram rastreados com coordenadas compatíveis com o *datum* oficial do Sistema Geodésico Brasileiro – SGB, de forma que foi utilizado o modo estático. Prioriza-se, neste caso, locais onde o sinal recebido pelo GPS RTK apresenta a precisão mínima necessária nas coordenadas planialtimétricas.

Foi realizado o rastreamento dos pontos de apoio, onde se posicionou a base do GPS RTK sobre o ponto de interesse de cada seção. O intervalo de rastreamento de cada ponto foi de 1 hora. Na Figura 6 é apresentado o rastreamento do ponto de apoio do córrego Novo Mundo e a Figura 7 apresenta o rastreamento do ponto de apoio do córrego Jaguaré.



Figura 6: Rastreio do ponto de apoio do córrego Novo Mundo.

Fonte: EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).



Figura 7: Rastreio do ponto de apoio do córrego Jaguaré.

Fonte: EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Os dados rastreados foram armazenados nos receptores e, posteriormente, transferidos para o computador, onde foram processados e ajustados. Para correção das coordenadas da base, foi utilizado o serviço IBGE-PPP (Posicionamento por Ponto

Preciso). Esta é uma ferramenta online gratuita para o pós-processamento de dados GNSS (*Global Navigation Satellite System*), que faz uso do programa CSRS-PPP (*GPS Precise Point Positioning*) desenvolvido pelo GD-NRCan (Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada). Ele permite aos usuários com receptores GPS e/ou GLONASS, obterem coordenadas referenciadas ao SIRGAS2000 e ao ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*) através de um processamento preciso. O IBGE-PPP processa dados GNSS (GPS e GLONASS) que foram coletados por receptores de uma ou duas frequências no modo estático ou cinemático (IBGE, 2023).

É necessário apenas que o usuário informe o arquivo de observação no formato RINEX ou HATANAKA, se o levantamento foi realizado no modo estático ou cinemático, o modelo e a altura da antena utilizada, e um e-mail válido. Ao final do processamento obtém-se um link para obtenção dos arquivos com os resultados (IBGE, 2023).

2.2.2. Equipamento GNSS Utilizado

Os pontos topográficos medidos nesta fase de estudo foram determinados com auxílio de um GPS Trimble/Spectra SP60 (Figura 8), sempre utilizando o método diferencial estático. A seguir serão apresentadas algumas especificações técnicas do GPS Trimble/Spectra SP60:

- Fator de proteção IP67, totalmente selado, 100% à prova de chuva, umidade, e à prova de quedas em concreto de até 2 metros de altura;
 - Antena e rádio UHF totalmente integrados em uma única peça;
 - Chip ASIC 6G de 240 canais e tecnologia patenteada Z-Blade que fornece um ótimo desempenho utilizando todos os sistemas GNSS: GPS / GLONASS / GALILEO / BEIDOU / QZSS / SBAS;
 - Precisão para pós-processo de 3mm + 0,1 ppm RMS horizontal e vertical de 3,5mm + 0,4 ppm;
 - Precisão RTK de 8mm + 1 ppm na horizontal e 15mm + 1 ppm na vertical;
- e,

- Suporte para os serviços de correção em tempo real Trimble RTX™.



Figura 8: GPS Trimble/Spectra SP60.

Fonte: Santiago e Cintra (2023).

2.2.3. *Coleta de Pontos Topobatimétricos*

Uma vez que o estudo em questão visa entender o comportamento dos córregos Novo Mundo e Jaguaré quanto ao aporte de resíduos relacionado a sua vazão, os métodos e equipamentos dos levantamentos topográficos foram escolhidos de forma que fornecessem precisões que atendessem às necessidades do projeto.

Neste caso, a coleta de pontos topográficos foi realizada com a antena rover do GPS RTK Spectra SP60, trabalhando em modo estático com a base, onde teve suas coordenadas corrigidas e referenciadas ao SGB (Sistema Geodésico Brasileiro). Em campo, priorizou-se o referenciamento de estruturas e obstáculos que estivessem no alinhamento da seção, além do terreno nas margens e do leito do rio. A Figura 9 e a Figura 10 apresentam o levantamento do perfil transversal da seção no córrego Novo Mundo e no Córrego Jaguaré, respectivamente, demonstrando o método utilizado para coleta de dados topográficos nas duas seções.



Figura 9: Topobatimetria na seção transversal do córrego Novo Mundo.

Fonte: EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).



Figura 10: Topobatimetria na seção transversal do córrego Jaguaré.

Fonte: EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Ao final, os pontos ficaram armazenados na memória do GPS Spectra SP60, sendo estes transferidos ao software de processamento. No software, definiu-se a correção

das coordenadas da base, obtidas pela ferramenta PPP do IBGE, de forma que todos os pontos coletados foram corrigidos. Como produto do levantamento, foram produzidos os gráficos dos perfis transversais de cada córrego.

A Figura 11 apresenta o gráfico dos levantamentos da seção transversal do córrego Novo Mundo, realizados no início e no final dos monitoramentos. Para o córrego Jaguaré, informação semelhante é apresentada na Figura 12.

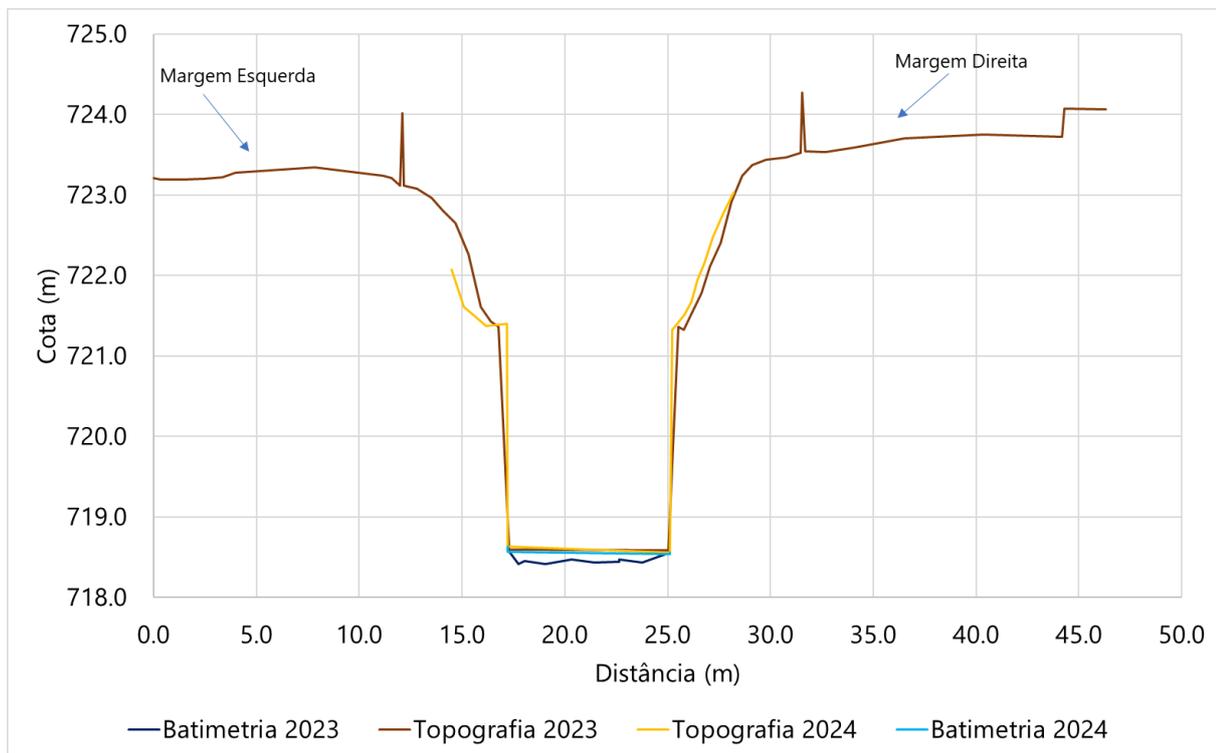


Figura 11: Seção transversal do córrego Novo Mundo.

Fonte: EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

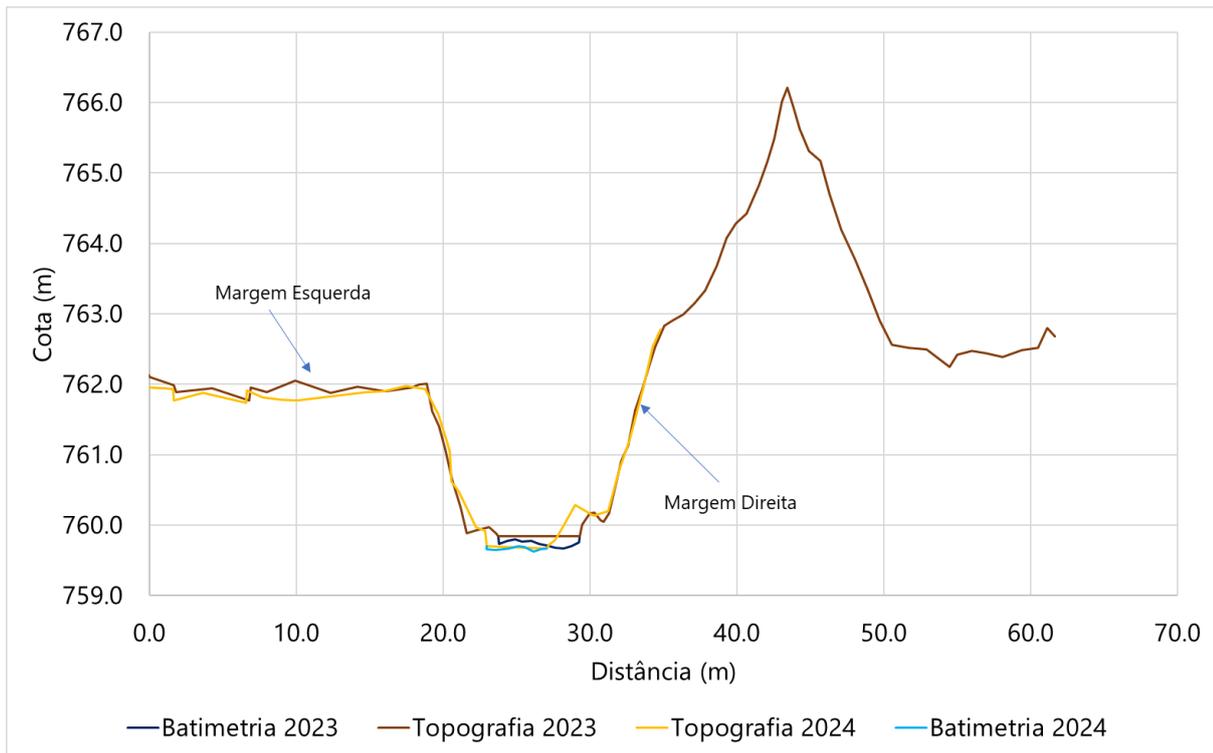


Figura 12: Seção transversal do córrego Jaguaré.

Fonte: EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

2.3. Instalação das Estruturas Mínimas para o Monitoramento

Para monitoramento do nível d'água em corpos hídricos, além dos equipamentos automáticos, são implantadas seções de réguas linimétricas nas margens, as quais permitem registrar todas as variações da lâmina d'água. As réguas devem ser suficientes para cobrir toda a gama de variação do rio, desde o mínimo até o máximo nível. Os lances são topograficamente amarrados entre si por Referências de Nível (RNs). Estas réguas são compostas de placas metálicas de 1 metro, graduadas a cada dois centímetros, fixadas em estruturas de madeira ou aço e posicionadas de forma a facilitar a leitura a partir de uma das margens.

No caso dos locais abrangidos por este estudo, foi feita uma pesquisa rápida com os moradores da região, identificando o ponto mais alto alcançado pelo nível d'água nos eventos extremos, de forma que as réguas viessem a contemplar toda essa

variação. O resultado foi a instalação de três lances de réguas, de 1 metro cada, no córrego Novo Mundo e dois lances de réguas no córrego Jaguaré.

No córrego Novo Mundo, as réguas foram fixadas na parede da margem direita do talvegue ratificado, o qual é composto por pré-moldados de concreto, conforme a Figura 13.



Figura 13: Réguas linimétricas instaladas no córrego Novo Mundo.

Fonte: EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Já no córrego Jaguaré, as réguas foram sustentadas por vigas de madeiras, previamente tratadas e preparadas para maior durabilidade. Cada viga de madeira foi fixada na margem esquerda do rio, tendo sua base chumbada com concreto para resistir aos atritos ocasionados pelas correntezas e pelos objetos carreados pelas águas. A Figura 14 demonstra as réguas instaladas no córrego Jaguaré.



Figura 14: Réguas linimétricas instaladas no córrego Jaguaré.

Fonte: EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Foram implantadas duas Referências de Níveis (RN) em cada estação, sendo elas nomeadas como RN1 e RN2. Para implantação, considerou-se um local próximo às réguas, onde não houvesse riscos eminentes de danos às estruturas e, conseqüentemente, alteração da cota atribuída.

As RNs são estruturas confeccionadas de concreto ou material reciclado, utilizadas como base para instalação e correção das réguas linimétricas, bem como para levantamento topobatimétrico da seção. As RNs possuem a referência de altitude baseada no “ponto zero” dos lances de réguas, de forma que qualquer movimentação das réguas pode ser corrigida a partir dessa cota. A Figura 15 apresenta as RNs implantadas na estação do córrego Novo Mundo e a Figura 16 contém as RNs instaladas na estação do córrego Jaguaré.



Figura 15: RN 1 e RN 2 implantadas na estação do córrego Novo Mundo.

Fonte: EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).



Figura 16: RN 1 e RN 2 implantadas na estação do córrego Jaguaré.

Fonte: EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Em ambas as seções, não houve necessidade de materialização de marcos delimitadores dos pontos PI e PF, uma vez que as seções foram delimitadas pelos muros das residências e comércios que se encontram nas margens de cada seção.

2.4. Estações Automáticas

Conforme mencionado, a realização das leituras de níveis d'água é feita com a utilização de métodos automáticos e convencionais. Para fins de monitoramento

automático dos afluentes, foi instalada uma sonda modelo *HOBO Water Level Logger* U20-001-01, da empresa *Onset*, em cada uma das seções.

Essa sonda é fabricada em aço inoxidável, e é capaz de monitorar o nível de água em várias situações, como em poços, rios, lagos, mangues, dentre outros. Possui faixa de operação de 0 a 9 metros, com erro máximo aproximado de 0,1% FS, ou seja, cerca de 1,0 cm de água. Além do nível d'água, o equipamento permite a leitura da temperatura da água e da pressão absoluta. A sonda também conta com um *datalogger* embutido, que armazena os dados internamente para serem descarregados posteriormente. É equipada com uma bateria de lítio de 3,6 volts, tipo 2/3 AA, com vida útil média de 5 anos para operações com intervalo de registro de 1 minuto ou mais, sendo substituível apenas na fábrica.

As sondas foram instaladas na margem direita do córrego Novo Mundo e na margem esquerda do córrego Jaguaré, através de uma tubulação de aço inox, com 3 polegadas de diâmetro, parcialmente imergidas no rio, protegendo contra eventuais impactos causados pela turbulência da água. O equipamento foi içado com um cabo de aço de 1/8", ficando emergido e permitindo que seja retirado da água para limpeza e descarregamento dos dados. A Figura 17 ilustra a sonda utilizada no estudo em questão.



Figura 17: Sonda Onset *HOBO Water Level Logger* U20-001-01.

Fonte: Onset (2023).

A Figura 18 apresenta as estruturas instaladas para monitoramento automático de nível d'água no córrego Novo Mundo. Por sua vez, a Figura 19 apresenta as

estruturas instaladas para monitoramento automático de nível d'água no córrego Jaguaré.



Figura 18: Sonda Onset *HOBO Water Level Logger U20-001-01* instalada na estação do córrego Novo Mundo.

Fonte: EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).



Figura 19: Sonda Onset *HOBO Water Level Logger U20-001-01* instalada na estação do córrego Jaguaré.

Fonte: EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Para descarregar os dados registrados pela sonda, tem-se a *HOBO BASE-U4 – Optic USB Base Station*. Essa base é responsável pela conexão da sonda ao computador, via porta USB. Para isso, é necessário a instalação prévia do software *HOBOWare Pro*, o qual fornece a interface para programação da sonda e *download* dos registros realizados. A Figura 20 ilustra um sistema de conexão para *download* dos dados.



Figura 20: HOBO BASE-U4 – Optic USB Base Station.

Fonte: Onset (2023).

3. RESULTADOS DOS MONITORAMENTOS

Todos os resultados dos monitoramentos realizados – anteriormente apresentados em boletins trimestrais, são apresentados neste capítulo, o que inclui os dados obtidos nas campanhas de medição de vazão e os dados de nível d'água/cota medidos nas estações fluviométricas e leituras das réguas linimétricas.

3.1. Campanhas de medição de vazão

Desde o início das campanhas de monitoramento fluviométrico, em setembro de 2023, foram realizadas 74 medições de vazão no Córrego Jaguaré. Ao longo das campanhas, parte das medições foi realizada com molinete fluviométrico e a outra parte com ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*). A Tabela 1 mostra todos os dados obtidos até o mês de setembro.

Ao longo de todas as campanhas, buscou-se realizar medições durante eventos de chuva – quando ocorrem variações de profundidade e níveis de água no corpo hídrico, resultando no aumento das vazões. Nesse contexto, foi possível medir diferentes níveis d'água no Córrego Jaguaré, no dia 31/01/2024. As medições foram realizadas com um ADCP, com o nível da água variando entre 0,15 e 0,30 cm durante os períodos de enchente e vazante. No total, foram realizadas 24 travessias com o equipamento. A Figura 21 e a Figura 22 ilustram, respectivamente, as vazões medidas e as profundidades do corpo hídrico no momento das medições.

Tabela 1: Resultados das medições de vazão na estação Jaguaré utilizando molinete fluviométrico e ADCP.

Número da medição	Data	NA régua (m)	Velocidade média (m/s)	Vazão total (m ³ /s)	Profundidade média (m)
Medições com molinete					
1	24/09/2023	0,04	0,552	0,109	0,074
2	24/09/2023	0,05	0,483	0,104	0,082

Número da medição	Data	NA régua (m)	Velocidade média (m/s)	Vazão total (m ³ /s)	Profundidade média (m)
3	25/09/2023	0,04	0,53	0,102	0,072
4	25/09/2023	0,05	0,604	0,15	0,093
5	16/10/2023	0,04	0,776	0,153	0,068
6	17/10/2023	0,02	0,685	0,119	0,064
7	07/11/2023	0,02	0,609	0,102	0,062
8	08/11/2023	0,02	0,727	0,125	0,063
9	28/11/2023	0,02	0,54	0,104	0,073
10	14/12/2023	0,02	0,374	0,133	0,084
11	15/12/2023	0,02	0,422	0,138	0,082
12	16/12/2023	0,02	0,441	0,135	0,076
13	25/01/2024	0,18	0,835	0,514	0,184
14	26/01/2024	0,04	0,558	0,108	0,063
15	30/01/2024	0,04	0,591	0,129	0,066
16	02/02/2024	0,16	0,853	0,374	0,129
17	06/02/2024	0,04	0,54	0,111	0,070
18	08/02/2024	0,04	0,499	0,144	0,080
19	22/02/2024	0,04	0,509	0,096	0,066
20	11/03/2024	0,05	0,472	0,072	0,055
21	12/03/2024	0,05	0,513	0,092	0,062
22	20/03/2024	0,06	0,462	0,069	0,060
23	08/04/2024	0,05	0,471	0,076	0,074
24	09/04/2024	0,05	0,403	0,063	0,068
25	10/04/2024	0,05	0,337	0,055	0,071
26	17/04/2024	0,05	0,539	0,096	0,074
27	06/05/2024	0,04	0,396	0,069	0,067
28	07/05/2024	0,04	0,347	0,064	0,068
29	08/05/2024	0,04	0,355	0,079	0,081
30	04/06/2024	0,04	0,455	0,067	0,064
31	05/06/2024	0,04	0,438	0,063	0,063
32	02/07/2024	0,04	0,488	0,068	0,061
33	03/07/2024	0,04	0,505	0,072	0,062
34	06/08/2024	0,04	0,410	0,060	0,064
35	06/08/2024	0,04	0,328	0,048	0,064
36	06/08/2024	0,04	0,392	0,057	0,064
37	06/08/2024	0,04	0,354	0,052	0,064

Número da medição	Data	NA régua (m)	Velocidade média (m/s)	Vazão total (m ³ /s)	Profundidade média (m)
38	07/08/2024	0,03	0,481	0,068	0,063
39	07/08/2024	0,03	0,422	0,060	0,063
40	07/08/2024	0,03	0,491	0,069	0,063
41	07/08/2024	0,03	0,442	0,063	0,063
42	21/08/2024	0,04	0,511	0,075	0,066
43	21/08/2024	0,04	0,469	0,069	0,066
44	21/08/2024	0,04	0,502	0,074	0,066
45	21/08/2024	0,04	0,477	0,070	0,066
46	12/09/2024	0,04	0,490	0,065	0,060
47	12/09/2024	0,04	0,519	0,068	0,060
48	12/09/2024	0,04	0,515	0,068	0,060
49	12/09/2024	0,04	0,501	0,066	0,060
50	13/09/2024	0,04	0,465	0,062	0,061
Medições com ADCP					
51	31/01/2024	0,15	0,299	0,45	0,470
52	31/01/2024	0,15	0,303	0,285	0,480
53	31/01/2024	0,18	0,849	0,153	0,530
54	31/01/2024	0,18	0,3	0,511	0,910
55	31/01/2024	0,20	0,249	0,463	0,590
56	31/01/2024	0,20	0,362	0,472	0,410
57	31/01/2024	0,20	0,311	0,508	0,520
58	31/01/2024	0,20	0,081	0,076	0,510
59	31/01/2024	0,18	0,272	0,379	0,490
60	31/01/2024	0,18	0,273	0,152	0,490
61	31/01/2024	0,15	0,247	0,376	0,460
62	31/01/2024	0,15	0,235	0,24	0,570
63	31/01/2024	0,25	1,398	1,232	0,640
64	31/01/2024	0,25	0,528	1,116	0,580
65	31/01/2024	0,25	0,415	1,288	0,960
66	31/01/2024	0,25	0,371	1,058	0,610
67	31/01/2024	0,24	0,425	0,469	0,670
68	31/01/2024	0,24	0,617	1,708	0,720
69	31/01/2024	0,30	0,787	2,689	0,730
70	31/01/2024	0,30	0,734	0,743	0,660
71	31/01/2024	0,28	0,111	0,138	0,600

Número da medição	Data	NA régua (m)	Velocidade média (m/s)	Vazão total (m ³ /s)	Profundidade média (m)
72	31/01/2024	0,28	0,429	0,963	0,580
73	31/01/2024	0,22	0,158	0,617	0,550
74	31/01/2024	0,22	1,039	0,7	0,560

Fonte: EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

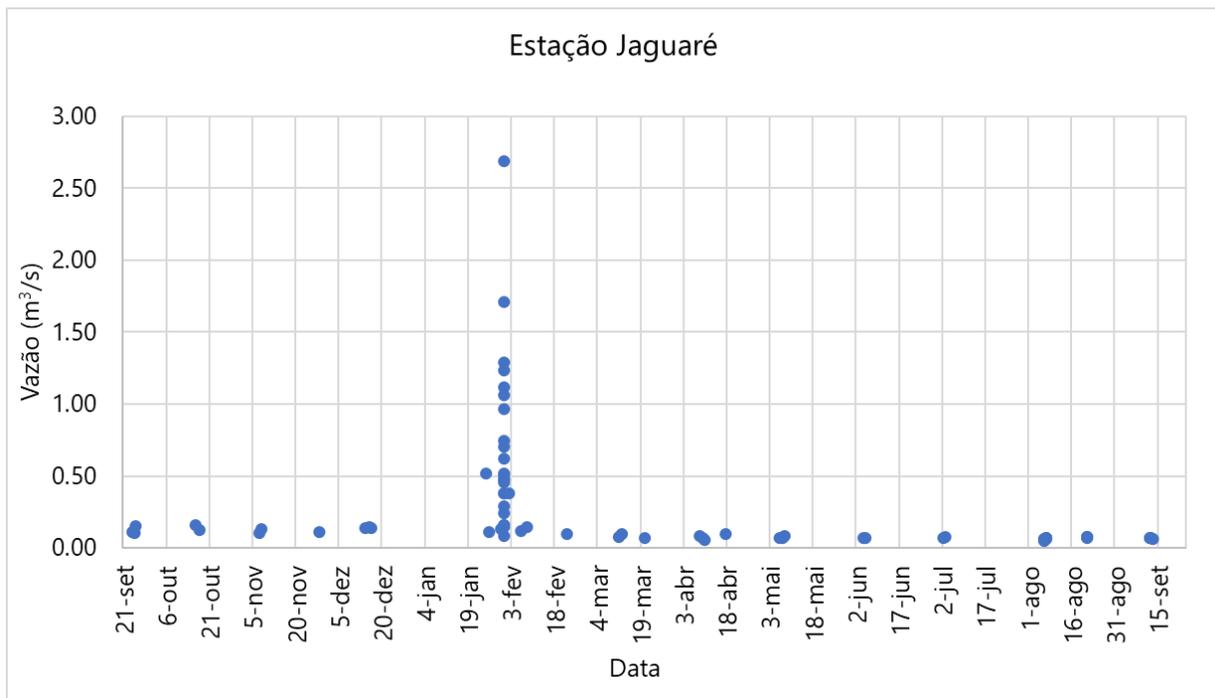


Figura 21: Vazões medidas nas campanhas de medição de vazão na estação Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

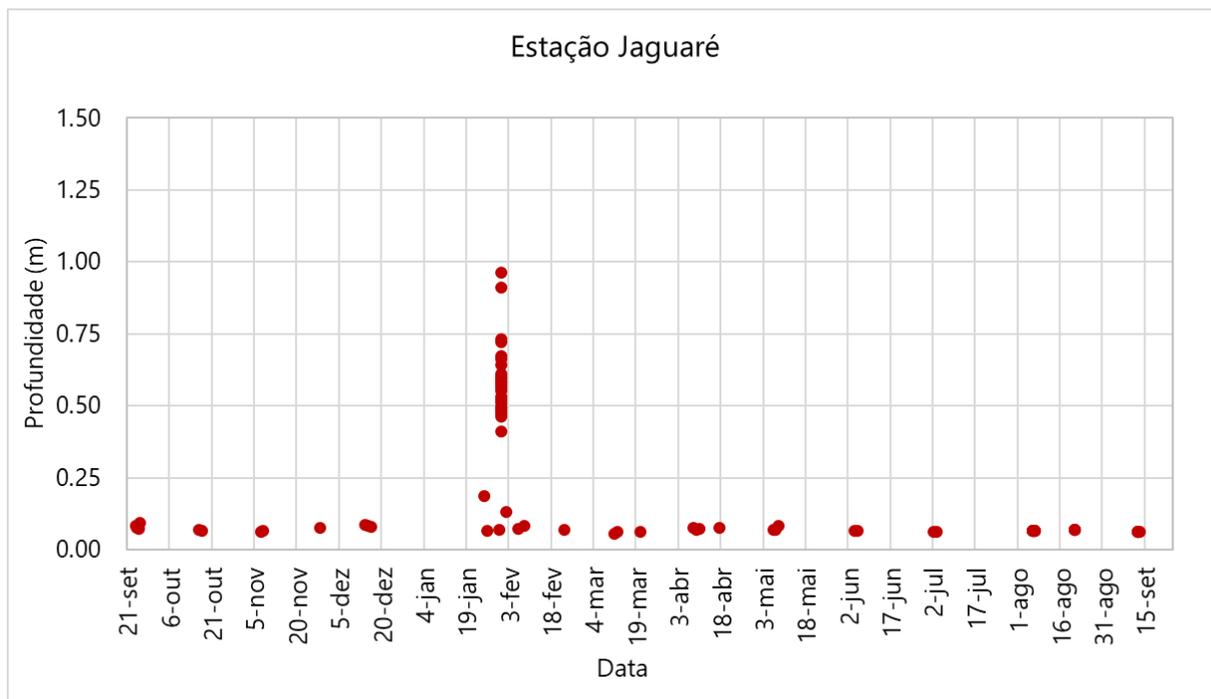


Figura 22: Leituras da régua durante as campanhas de medição de vazão na estação Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Já no Córrego Novo Mundo foram realizadas, ao total, 63 medições de vazão. Parte das medições realizadas neste último trimestre utilizou o método do flutuador. Os resultados de todas as medições estão apresentados na Tabela 2.

No dia 18/01/2024, foram realizadas medições com ADCP. Considerando as particularidades do corpo hídrico, a segurança da equipe de campo e dos equipamentos, as medições ocorreram durante a fase de descida do nível da água, com variação entre 1,20 m e 0,70 m. Nesse dia, foram realizadas 14 travessias. A Figura 23 e a Figura 24 ilustram, respectivamente, as vazões medidas e as profundidades do corpo hídrico no momento das medições.

Todos os laudos dos monitoramentos de vazão se encontram em arquivos anexos a este relatório no formato *.txt ou *.pdf, em formato de planilha *.xlsx, e demais arquivos brutos das medições com o ADCP.

A Figura 25 até a Figura 28 apresentam registros fotográficos dos monitoramentos de vazão nos períodos de setembro a novembro, dezembro a março, de abril a junho e de julho a setembro, respectivamente.

Tabela 2: Resultados das medições de vazão na estação Novo Mundo utilizando molinete fluviométrico e ADCP.

Número da medição	Data	NA régua (m)	Velocidade média (m/s)	Vazão total (m ³ /s)	Prof. média (m)
Medições com molinete fluviométrico					
1	16/10/2023	0,090	0,276	0,127	0,057
2	17/10/2023	0,200	0,918	1,268	0,172
3	07/11/2023	0,100	0,177	0,103	0,073
4	08/11/2023	0,090	0,160	0,082	0,064
5	29/11/2023	0,080	0,289	0,126	0,055
6	17/12/2023	0,090	0,131	0,067	0,064
7	19/12/2023	0,090	0,107	0,054	0,064
8	20/12/2023	0,080	0,142	0,062	0,055
9	20/01/2024	0,120	0,135	0,069	0,064
10	24/01/2024	0,090	0,270	0,118	0,055
11	29/01/2024	0,140	0,104	0,083	0,100
12	01/02/2024	0,100	0,290	0,169	0,073
13	07/02/2024	0,100	0,198	0,101	0,064
14	09/02/2024	0,100	0,231	0,118	0,064
15	23/02/2024	0,100	0,208	0,106	0,064
16	13/03/2024	0,090	0,211	0,108	0,064
17	14/03/2024	0,090	0,208	0,106	0,064
18	15/03/2024	0,090	0,160	0,070	0,055
19	21/03/2024	0,100	0,279	0,162	0,073
20	10/04/2024	0,090	0,208	0,091	0,055
21	11/04/2024	0,090	0,221	0,096	0,055
22	12/04/2024	0,100	0,189	0,096	0,064
23	08/05/2024	0,090	0,150	0,065	0,055
24	09/05/2024	0,100	0,216	0,079	0,045
25	10/05/2024	0,090	0,129	0,047	0,045
26	03/06/2024	0,100	0,204	0,104	0,064
27	04/06/2024	0,100	0,193	0,098	0,064
28	01/07/2024	0,090	0,252	0,110	0,055

Número da medição	Data	NA régua (m)	Velocidade média (m/s)	Vazão total (m³/s)	Prof. média (m)
29	02/07/2024	0,080	0,280	0,102	0,045
30	05/08/2024	0,090	0,143	0,062	0,055
31	05/08/2024	0,090	0,202	0,088	0,055
32	05/08/2024	0,090	0,199	0,087	0,055
33	06/08/2024	0,080	0,113	0,041	0,045
34	06/08/2024	0,080	0,125	0,045	0,045
35	06/08/2024	0,08	0,193	0,070	0,045
36	06/08/2024	0,080	0,125	0,045	0,045
37	06/08/2024	0,080	0,137	0,050	0,045
38	06/08/2024	0,080	0,198	0,072	0,045
39	21/08/2024	0,080	0,178	0,065	0,045
40	21/08/2024	0,080	0,160	0,058	0,045
41	21/08/2024	0,080	0,232	0,084	0,045
42	21/08/2024	0,080	0,179	0,065	0,045
43	21/08/2024	0,080	0,171	0,062	0,045
44	21/08/2024	0,080	0,232	0,084	0,045
45	12/09/2024	0,070	0,162	0,047	0,036
46	12/09/2024	0,070	0,207	0,060	0,036
47	12/09/2024	0,070	0,148	0,043	0,036
48	12/09/2024	0,070	0,210	0,061	0,036
Medições com ADCP					
49	18/01/2024	1,200	1,788	8,839	1,360
50	18/01/2024	1,200	1,064	8,988	2,370
51	18/01/2024	1,140	0,933	8,482	1,200
52	18/01/2024	1,100	1,034	9,866	1,600
53	18/01/2024	1,040	0,878	7,223	1,500
54	18/01/2024	1,000	1,190	5,322	1,000
55	18/01/2024	0,960	0,747	8,317	0,960
56	18/01/2024	0,920	0,980	4,923	0,910
57	18/01/2024	0,880	0,792	4,553	0,910
58	18/01/2024	0,840	0,734	4,381	0,840
59	18/01/2024	0,800	0,709	3,961	1,580
60	18/01/2024	0,780	0,637	3,308	0,780
61	18/01/2024	0,740	0,581	3,207	1,390
62	18/01/2024	0,720	0,537	2,951	1,010

Número da medição	Data	NA régua (m)	Velocidade média (m/s)	Vazão total (m ³ /s)	Prof. média (m)
63	18/01/2024	0,700	0,535	2,623	0,720

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

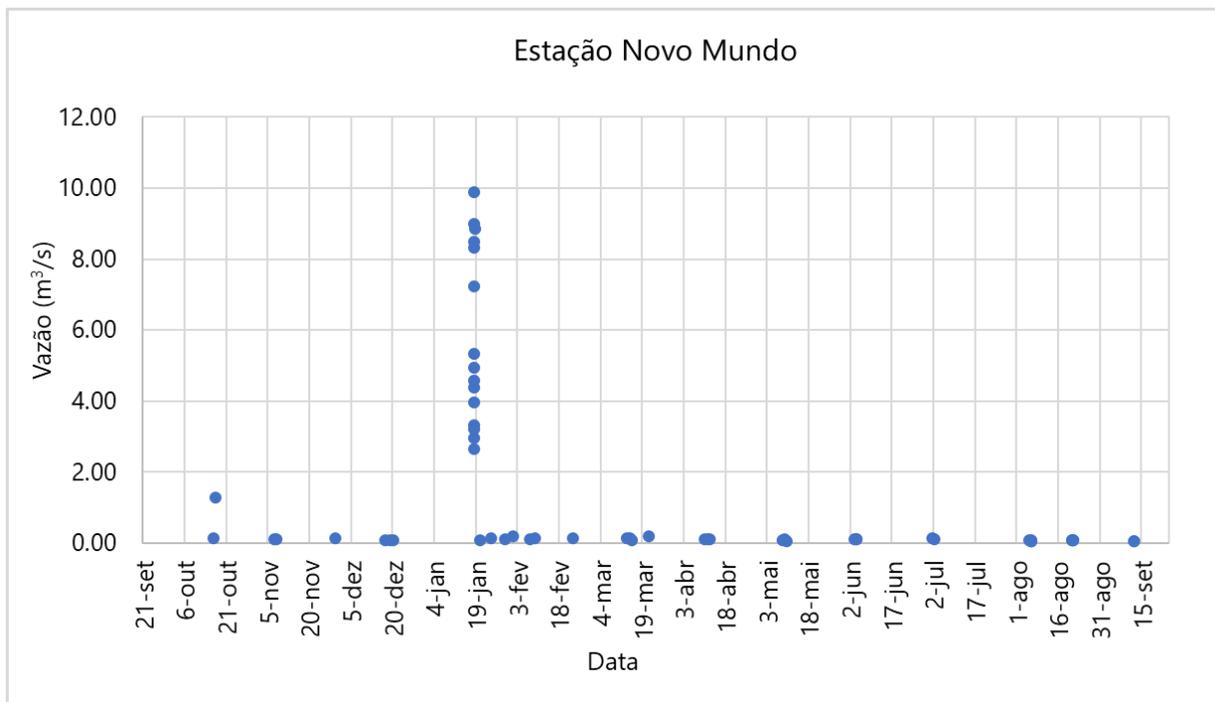


Figura 23: Vazões medidas nas campanhas de medição de vazão na estação Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).



Figura 24: Leituras da régua durante as campanhas de medição de vazão na estação Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).



Figura 25: Registros fotográficos das campanhas de monitoramento de vazões nas estações do Jaguaré e Novo Mundo no período de setembro/23 a novembro/23.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).



Figura 26: Registros fotográficos das campanhas de monitoramento de vazões nas estações do Jaguaré e Novo Mundo no período de dezembro/23 a março/24.
Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024)



Figura 27: Registros fotográficos das campanhas de monitoramento de vazões nas estações do Jaguaré e Novo Mundo no período de abril/24 a junho/24.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024)



Figura 28: Registros fotográficos das campanhas de monitoramento de vazões nas estações do Jaguaré e Novo Mundo no período de julho/24 a setembro/24.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024)

3.2. Medições de nível d'água

As medições de nível de água estão sendo realizadas por meio de sensores automáticos, que registram os níveis com frequência de 5 em 5 minutos. A Figura 29 e a Figura 30 mostram as coletas de dados dos sensores automáticos.



Figura 29: Registros fotográficos do sensor automático e coleta de dados na estação Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).



Figura 30: Registros fotográficos do sensor automático e coleta de dados na estação Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

A Figura 31 e a Figura 32 mostram as variações de níveis medidos no Córrego Jaguaré e no Córrego Novo Mundo para todo o período de monitoramento, ou seja,

de 24 de setembro de 2023 a 12 de setembro de 2024. As planilhas em formato *.xlsx, contendo os dados de nível monitorados, estão anexadas a este documento como APÊNDICE.

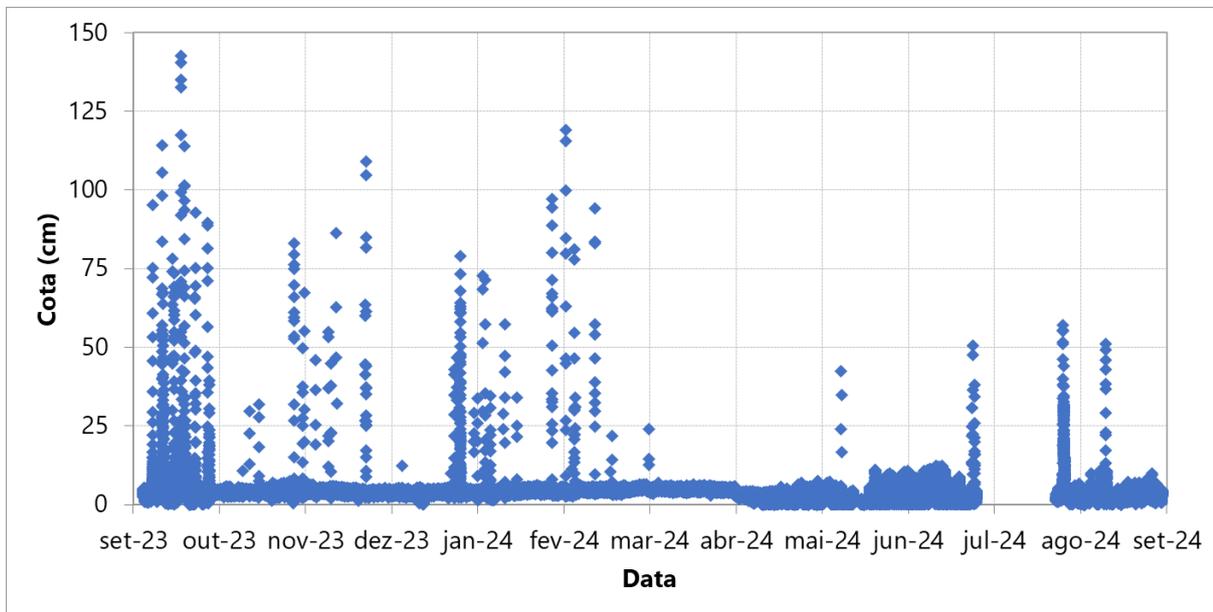


Figura 31: Medições de nível d'água realizadas com o sensor automático na estação Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

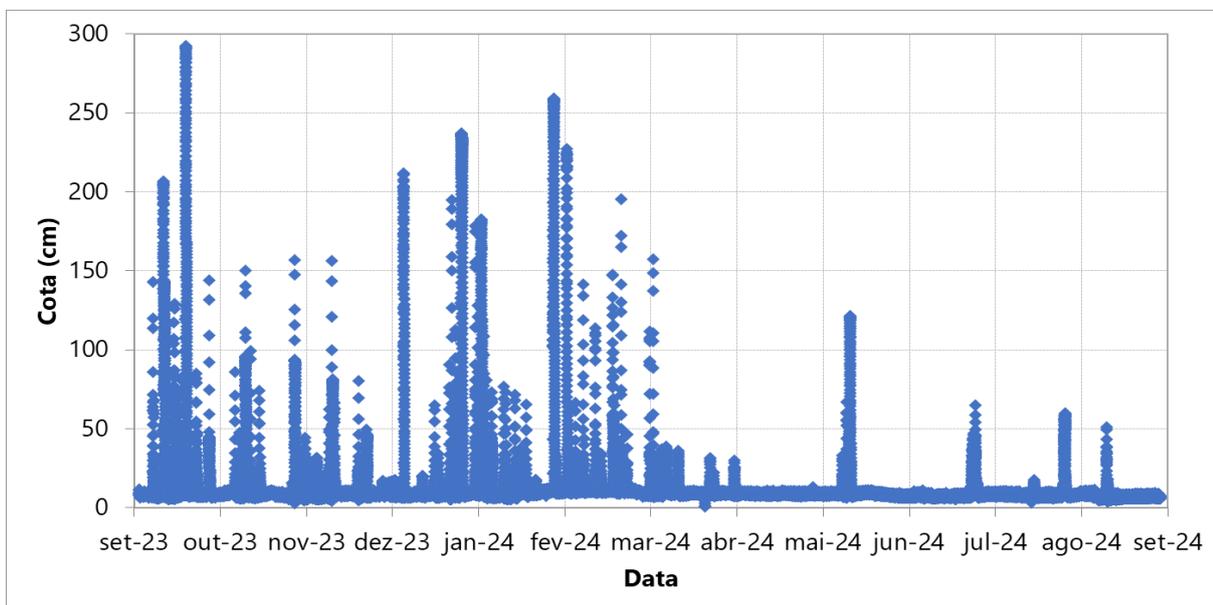


Figura 32: Medições de nível d'água realizadas com o sensor automático na estação Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Como pode ser observado, há uma vacância de dados na estação de monitoramento do córrego Jaguaré iniciada em 10/07/2024 até 07/08/2024. Essa ausência de dados ocorreu devido a uma falha no sensor, que só foi identificada durante a manutenção regular periódica. O tipo de falha apresentada não permitiu a recuperação ou retificação dos dados do período. Como se sabe, os rios urbanos costumam ser alvos de lançamentos de efluentes sobretudo em locais com acesso restrito à rede de esgotamento sanitário, sendo assim, em rios com baixas vazões, os lançamentos de efluentes se tornam importantes formadores de vazão.

Nos últimos meses, por conta da estiagem, a dependência dos lançamentos de efluentes para a formação de vazão de ambos os córregos monitorados (Novo Mundo e Jaguaré), tornou-se mais evidente. Esta situação fica bem destacada nos dados de monitoramento automático de nível d'água no córrego Jaguaré. Desde meados de abril/2024 se observa uma variação cíclica do nível, com valores mais elevados durante o dia (quando os lançamentos de efluentes urbanos são mais acentuados) e mais baixos no período noturno.

A combinação da condição de estiagem com as características naturalmente irregulares do fundo do leito do Córrego Jaguaré - juntamente com a vazão reduzida no período noturno, resultou em períodos em que o sensor de medição de nível ficou seco por algumas horas (devido à queda do nível d'água abaixo do ponto de instalação do sensor).

Neste ciclo, ao longo da manhã do dia seguinte, o sensor tornava a ser coberto pela água em função da elevação do nível causada pelo acréscimo de vazão no córrego resultante da retomada dos lançamentos de efluentes. A Figura 33 mostra um exemplo do que foi observado na estação Jaguaré.

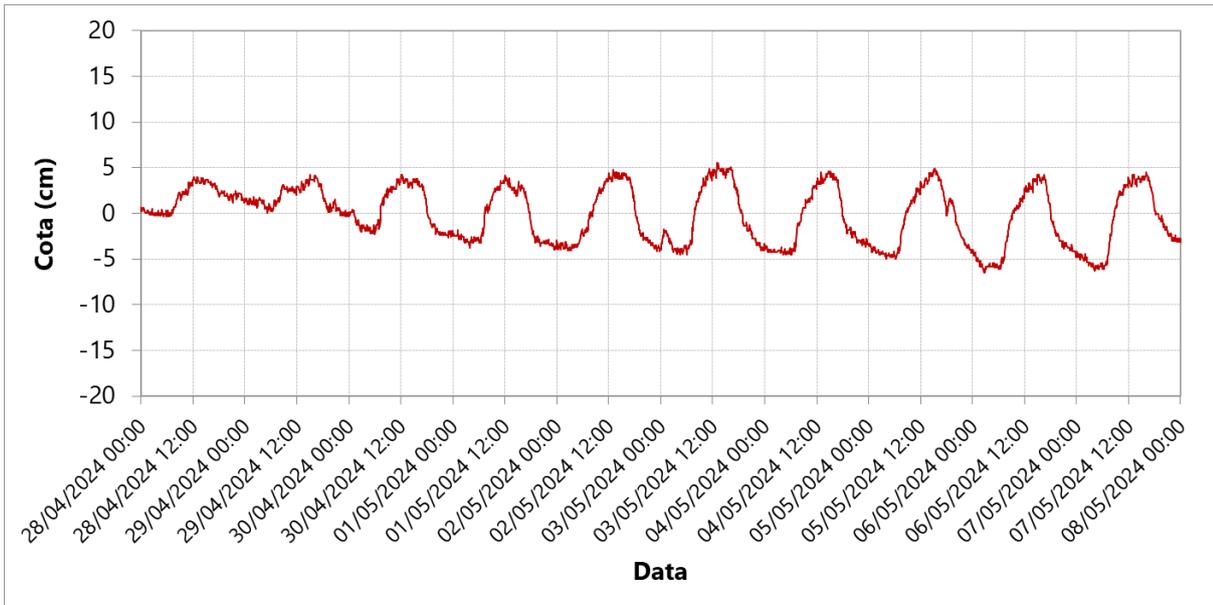


Figura 33: Exemplo de variação cíclica dos níveis d’água na estação Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Adicionalmente, leituras das réguas linimétricas instaladas nos dois córregos foram realizadas duas vezes ao dia (no início da manhã e no fim da tarde). Estas leituras foram realizadas para serem utilizadas na verificação de eventuais inconsistências nos dados dos sensores (por exemplo, na situação do córrego do Jaguaré, em que o sensor ficou descoberto). A Figura 35 e a Figura 36 apresentam registros fotográficos/leituras realizados pelos leituristas nas réguas linimétricas instaladas nos dois córregos.

CADERNETA DE REGISTRO PONTUAL DE COTA				
	Nome da Estação	Município	U.F.	Roteiro
	ESTAÇÃO JAGUARÉ	SÃO PAULO	SP	06/2024
	Entidade Proprietária da Estação	Código da Entidade	CNPJ da Empresa	
	ENVEX			
	Entidade Operadora da Estação	Código PLU	Código FLU	
ENVEX				
Curso d'água		Bacia Hidrográfica	Área de Drenagem	
CÓRREGO JAGUARÉ		ALTO TIETÊ		

DATA	HORA	COTA (m)	LEITURISTA
01/06/2024	7:25	4	EDUARDO
01/06/2024	18:10	4	EDUARDO
02/06/2024	8:55	4	EDUARDO
02/06/2024	18:50	4	EDUARDO
03/06/2024	9:20	4	EDUARDO
03/06/2024	18:10	4	EDUARDO
04/06/2024	8:20	4	EDUARDO
04/06/2024	17:35	4	EDUARDO
05/06/2024	9:00	4	EDUARDO

CADERNETA DE REGISTRO PONTUAL DE COTA				
	Nome da Estação	Município	U.F.	Roteiro
	ESTAÇÃO NOVO MUNDO	SÃO PAULO	SP	09/2024
	Entidade Proprietária da Estação	Código da Entidade	CNPJ da Empresa	
	ENVEX			
	Entidade Operadora da Estação	Código PLU	Código FLU	
ENVEX				
Curso d'água		Bacia Hidrográfica	Área de Drenagem	
CÓRREGO NOVO MUNDO		ALTO TIETÊ		

DATA	HORA	COTA (m)	LEITURISTA
01/09/2024	08:38	0,08	Camara
01/09/2024	17:37	0,08	Camara
02/09/2024	07:51	0,08	Camara
02/09/2024	17:41	0,08	Camara
03/09/2024	07:42	0,08	Camara

Figura 34: Exemplo de registros dos níveis realizados pelos leituristas nas duas estações de monitoramento.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).



Figura 35: Leituras de nível d'água realizadas nas réguas instaladas na estação Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).



Figura 36: Leituras de nível d'água realizadas nas régua instaladas na estação Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

4. DETERMINAÇÃO DAS CURVAS-CHAVES

A vazão é um dos parâmetros essenciais para a caracterização de um corpo hídrico. Dito isso, é através das observações de vazão, concomitantemente com as medições de cota do nível da água, que se torna possível a determinação da correlação entre a cota e a vazão registradas na seção de controle onde essas informações são coletadas. Esta correlação é conhecida como curva-chave. A obtenção das curvas-chave para as seções de monitoramento dos córregos Jaguaré e Novo Mundo foi o objetivo final deste relatório.

Nesta seção, portanto, são apresentadas as correlações obtidas entre as medições de vazão e de cota do nível d'água nos pontos de monitoramento dos dois córregos monitorados.

As curvas-chaves foram obtidas através da definição de uma equação potencial, ajustada a partir dos menores desvios entre o valor das vazões calculadas pela equação e as vazões medidas, utilizando-se do método dos Mínimos Quadrados, ou seja:

$$Q = k \cdot (h - h_0)^m \quad \text{Equação 1: Equação potencial de curva-chave.}$$

onde Q é a vazão, h é a cota linimétrica, h_0 é a cota linimétrica em que a vazão é nula e k e m são parâmetros de ajuste.

4.1. Córrego Jaguaré

Conforme já apresentado neste relatório, foram realizadas 74 medições de vazão no Córrego Jaguaré, com as respectivas observações do nível d'água (Figura 37). A avaliação dessas medições possibilitou o desenvolvimento da curva-chave apresentada na Figura 38.

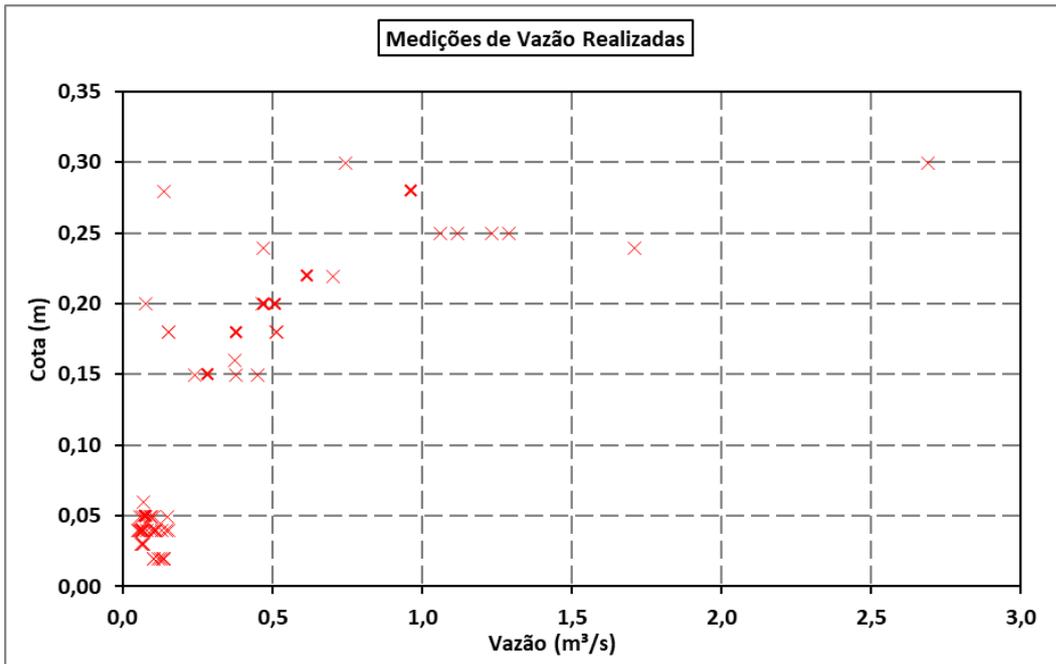


Figura 37: Medições de vazão realizadas no ponto de monitoramento do córrego Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

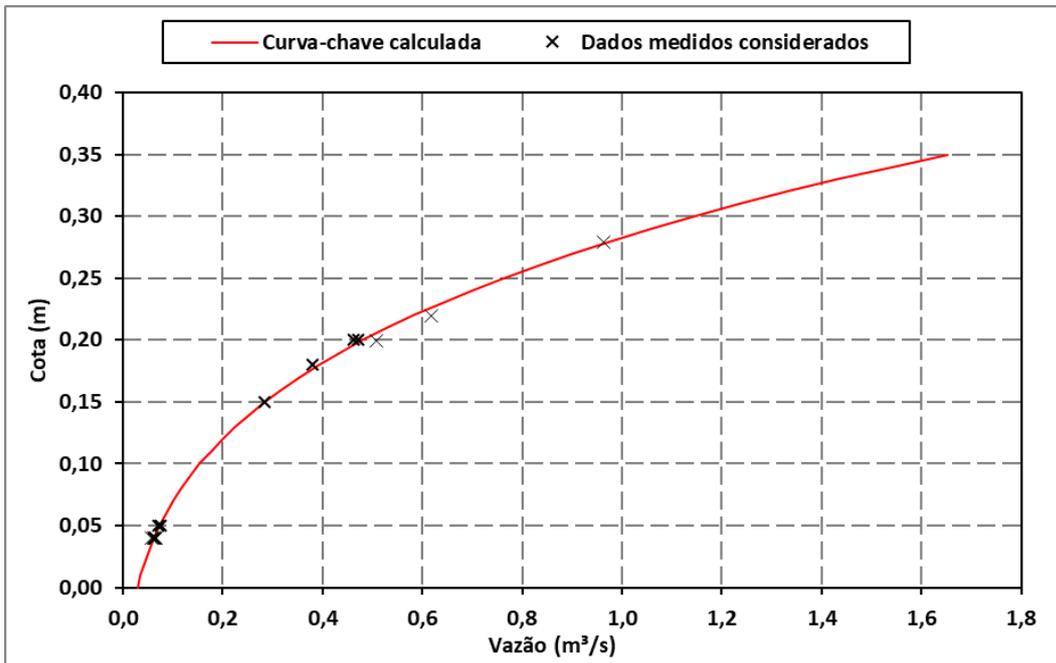


Figura 38: Curva-chave definida para o ponto de monitoramento do córrego Jaguaré.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Os parâmetros da equação exponencial, que dá origem à curva-chave, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros da curva-chave definida para o ponto de monitoramento do córrego Jaguaré.

Parâmetro	Valor
m	3,6222
k	17,6575
h₀	-0,17
r	0,9987

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Como é possível ver no gráfico da curva-chave, apenas uma parcela dos dados de vazão obtidos no córrego Jaguaré foi considerada para a sua determinação. Pois, conforme observado na Tabela 1, é possível perceber que ao longo das campanhas de medição no córrego Jaguaré foram obtidos resultados muito distintos nas medições do par cota x vazão. Para a determinação da curva-chave apresentada, portanto, foi necessário realizar uma análise minuciosa dos dados obtidos. Na Tabela 4 estão listadas as medições de vazão que deram origem à curva-chave do córrego Jaguaré

Tabela 4: Medições de vazão e desvios correlatos da curva-chave do córrego Jaguaré.

Data da medição	Cota(m)	Vazão(m ³ /s)	Desvio da curva-chave
31/01/2024	0,15	0,285	0,6%
31/01/2024	0,18	0,379	4,5%
31/01/2024	0,2	0,472	2,8%
31/01/2024	0,2	0,508	-4,7%
31/01/2024	0,22	0,617	-5,1%
31/01/2024	0,28	0,963	2,1%
11/03/2024	0,05	0,072	1,1%
08/04/2024	0,05	0,076	-4,4%
07/05/2024	0,04	0,064	-4,4%
05/06/2024	0,04	0,063	-2,7%
06/08/2024	0,04	0,06	2,2%
06/08/2024	0,04	0,057	7,1%
12/09/2024	0,04	0,065	-5,0%
13/09/2024	0,04	0,062	-0,1%

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Nas análises realizadas, foi possível identificar alguns fatores que propiciaram a dispersão de pontos na forma que se pode ver na Figura 37. O primeiro fator crítico identificado refere-se à característica do perfil da área molhada da seção de medição. Ao analisar os dados brutos, foi possível perceber que as medições, em geral, foram realizadas em condições em que a profundidade média na seção foi muito baixa. As medições realizadas com utilização de molinete fluviométrico são sensíveis às condições de baixa profundidade do perfil d'água. Não obstante, em condições de cota reduzida no córrego Jaguaré, as vazões são muito pequenas. Tendo estas duas condições presentes, fica intrínseco que há imprecisões no processo de medição.

Com relação às medições realizadas com ADCP, em 31/01/2024, realizadas durante ocorrência de chuva no ponto de monitoramento, também ficou evidente a dispersão dos pontos do par cota x vazão. Neste caso também foram observadas situações que justificam o resultado obtido. Primeiramente, mesmo que as medições tivessem sido realizadas em condições de cotas mais elevadas, elas ocorreram nos limites mínimos de profundidade de coluna d'água necessários para aplicação deste método. Soma-se a esta condição limítrofe de operação do equipamento, as características irregulares das margens e do leito na seção de medição. Devido a essas condições, algumas medições não apresentaram resultados aceitáveis para as características do córrego e, portanto, foram expurgadas da série de dados utilizada para a determinação da curva-chave.

Devido às características do córrego Jaguaré, as situações de cotas elevadas são pontuais e de baixa permanência, ocorrendo, em geral, somente durante os períodos de ocorrência direta de chuva, quando há drenagem urbana da água da chuva para o córrego. Além disso, vale destacar que medições em condições transitórias de cota podem ser imprecisas.

Assim, para possibilitar a determinação da curva-chave, os dados foram filtrados de forma que só foram utilizados os resultados do par cota x vazão que possuíam

sentido hidráulico de acordo com as características do córrego, chegando-se, portanto, na curva-chave apresentada na Figura 38.

4.2. Córrego Novo Mundo

No córrego Novo Mundo foram realizadas 63 medições de vazão, com respectiva observação da cota do nível d'água do córrego, conforme visto na Figura 39. A partir da avaliação das medições de vazão, foi obtida a curva-chave apresentada na Figura 40. Os parâmetros da equação exponencial correspondente estão detalhados na Tabela 5.

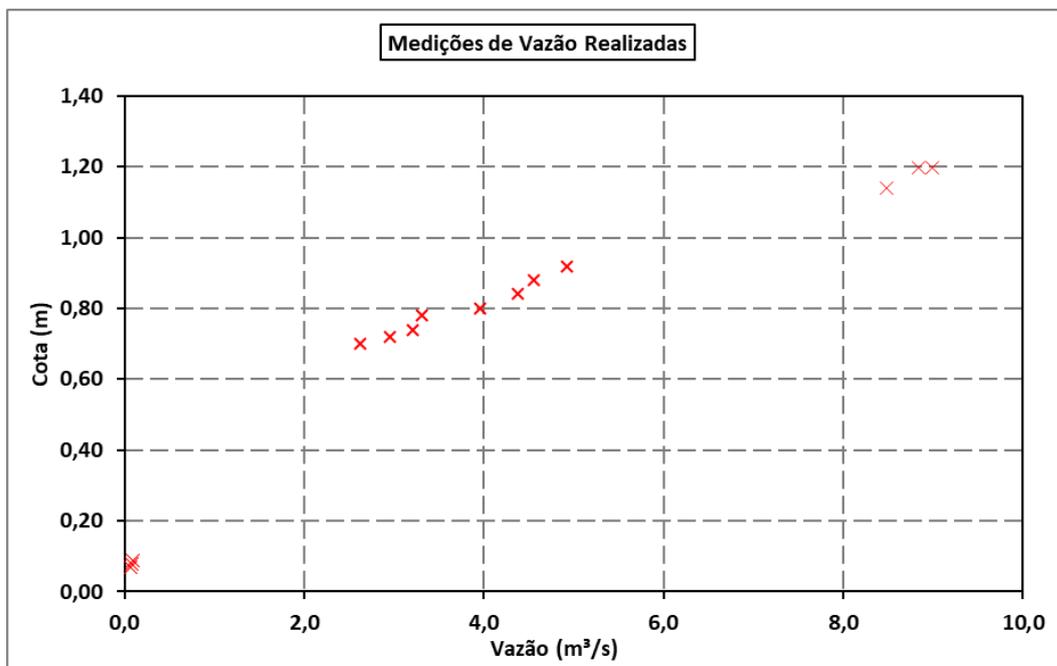


Figura 39: Medições de vazão realizadas no ponto de monitoramento do córrego Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

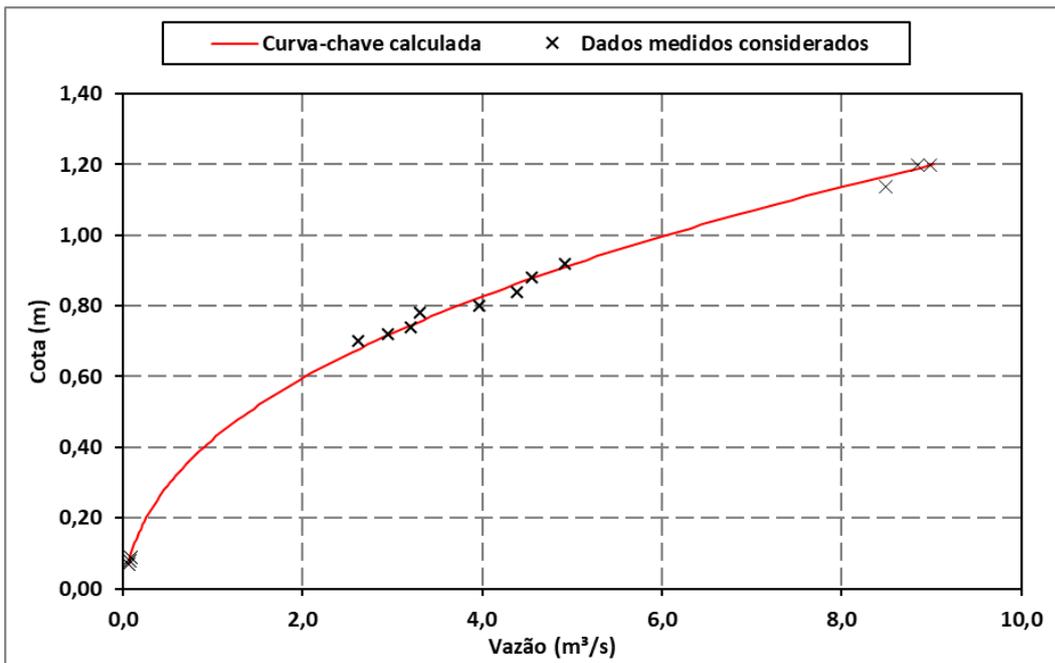


Figura 40: Curva-chave definida para o ponto de monitoramento do córrego Novo Mundo.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Tabela 5: Parâmetros da curva-chave definida para o ponto de monitoramento do córrego Novo Mundo.

Parâmetro	Valor
M	2,3833
k	4,9226
h₀	-0,09
r	0,9987

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Como é possível ver no gráfico da curva-chave, apenas uma parcela dos dados de vazão obtidos no córrego Novo Mundo foi considerada para a determinação da curva. Na Tabela 6 estão listadas as medições de vazão que deram origem à curva-chave do córrego Novo Mundo.

Tabela 6: Medições de vazão e desvios correlatos da curva-chave do córrego Novo Mundo.

Data da medição	Cota (m)	Vazão (m ³ /s)	Desvio da curva-chave
18/01/2024	0,70	2,623	5,9%
18/01/2024	0,72	2,951	0,3%
18/01/2024	0,74	3,207	-2,1%
18/01/2024	0,78	3,308	5,9%
18/01/2024	0,80	3,961	-6,6%
18/01/2024	0,84	4,381	-6,1%
18/01/2024	0,88	4,553	0,4%
18/01/2024	0,92	4,923	2,3%
18/01/2024	1,14	8,482	-4,6%
18/01/2024	1,20	8,839	2,9%
18/01/2024	1,20	8,988	1,2%
05/08/2024	0,09	0,088	-4,9%
05/08/2024	0,09	0,087	-3,3%
06/08/2024	0,08	0,070	5,0%
06/08/2024	0,08	0,072	2,3%
12/09/2024	0,07	0,06	3,9%
12/09/2024	0,07	0,061	2,3%

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

Diferentemente do que foi observado no córrego Jaguaré, conforme pode ser visto na Figura 40, no ponto de monitoramento da estação Novo Mundo, praticamente todos os pares de cota x vazão realizadas em cotas mais elevadas se mostraram compatíveis com as características hidráulicas esperadas para este córrego. Por outro lado, de forma análoga à situação do córrego Jaguaré, devido às características do córrego Novo Mundo, as ocorrências de cotas mais elevadas são pontuais e de baixa permanência, mantendo-se elevadas somente durante os períodos de ocorrência direta de chuva, quando há drenagem urbana da água da chuva para o córrego.

Já para as cotas mais baixas, de maneira geral, as vazões não se mostraram compatíveis com as características do córrego. Com o intuito de possibilitar a elaboração da curva-chave, nos últimos meses foram intensificadas as medições de vazão no córrego Novo Mundo, a fim de se obter informações mais acuradas. Nesta

sessão de medições, visando melhorar a qualidade dos dados, foi utilizado o método do flutuador para a determinação da vazão em baixas cotas. Partiu-se para esta técnica em função das características do perfil da seção de medição, que apresenta profundidade do perfil d'água bastante reduzida. As profundidades muito baixas embutem imprecisão em medições com molinete e a escolha da medição com flutuador foi a alternativa mais viável visando obter resultados mais fidedignos de vazão.

O método do flutuador consiste na medição de vazão a partir das características de deslocamento de um corpo flutuante (flutuador) ao longo do rio de forma a possibilitar a determinação da velocidade superficial de escoamento da água. Neste método, seleciona-se um trecho retilíneo do corpo hídrico onde são definidas duas seções transversais ao leito. A distância entre essas seções é conhecida, e a área molhada no momento da medição é determinada.

Definidas as seções transversais e a distância entre elas, é realizado o lançamento do flutuador à montante da primeira seção transversal e se faz a cronometragem do tempo que o flutuador leva para transcorrer o percurso entre as duas seções transversais. Dividindo a distância entre as seções transversais pelo tempo médio de deslocamento do flutuador, obtém-se a velocidade média de escoamento da água na superfície.

A velocidade média de escoamento da água corresponde a 80 a 90% da velocidade de escoamento na superfície. Neste estudo, considerando as características do Córrego Novo Mundo, assumiu-se que a velocidade média de escoamento da água ao longo das seções transversais é igual a 85% da velocidade média na superfície conforme apontado por EPA (1997). Assim, ao multiplicar a velocidade média da água na superfície pela área molhada definida e aplicar o fator de correção de 0,85, obtemos a vazão estimada do córrego no trecho entre as seções transversais.

Descrito o método de medição, foram obtidos 8 ciclos de medição de vazão com flutuador no córrego Novo Mundo. Destas, 6 vazões obtidas apresentaram resultados de cota x vazão compatíveis com as características hidráulicas esperadas para o córrego, e por isso, esses dados compuseram o grupo de pares cota x vazão para a determinação da curva-chave.

5. OBTENÇÃO DAS SÉRIES DE VAZÕES

Por fim, a partir das curvas-chaves definidas para os córregos Jaguaré e Novo Mundo, foi possível a determinação da série de vazões de cada córrego. A série de vazões nada mais é que a aplicação da curva-chave às séries de dados de cota linimétrica obtidas a partir do monitoramento automático do nível d'água.

Rememorando, o processamento dos dados do monitoramento automático do nível d'água culminou na definição da série de cotas dos respectivos pontos de monitoramento, e a curva-chave, nada mais é que a correlação entre a cota e a vazão. Nos casos em tela (para o Córrego Jaguaré e para o Córrego Novo Mundo), as curvas-chaves definidas são representadas por equações exponenciais, conforme demonstrado no capítulo anterior, tendo como incógnitas a vazão (Q) e a cota linimétrica (h), ou seja, basta aplicar a equação (curva-chave) à série de cotas para a obtenção da série de vazão.

Uma particularidade na aplicação da curva-chave é que ela é obtida de forma empírica, com base nas condições do corpo d'água durante a atividade de campo. Isso significa que os parâmetros para a determinação da curva-chave dependem das observações realizadas no momento da medição. Esse ponto é relevante, pois ilustra como a curva-chave é elaborada e permite identificar as limitações desse instrumento para a determinação da vazão.

Como é praticamente inviável medir a vazão em condições ideais para elaborar uma curva-chave perfeita, as medições são realizadas em um intervalo de cotas linimétricas, com uma estratificação das medições dentro desse intervalo. Considerando que cada corpo d'água possui características únicas, a quantidade de informações coletadas influencia a qualidade da curva-chave. Portanto, a falta de medições em um maior número de condições de regime de vazão do corpo d'água

pode comprometer a precisão da curva-chave. Como exemplo, dificilmente se fará medições em condições extremas de vazão, portanto, não se terá um dado empírico de comparação da cota e da vazão para essas situações. Além disso, as próprias características fisiográficas do leito do corpo d'água e de suas margens influenciam na precisão dos resultados e podem gerar incertezas.

É importante lembrar que os córregos Jaguaré e Novo Mundo apresentam baixíssima permanência de vazões altas e médias, considerando suas respectivas faixas de vazão. Por essa razão, as medições de vazão que possibilitaram a elaboração das curvas-chaves ocorreram em uma faixa de cotas restrita, o que levou à necessidade de extrapolar as curvas-chaves para estimar vazões em cotas além das normalmente observadas nas duas estações, especialmente em cotas superiores às comumente registradas nos dois córregos. Apesar de não serem ideais, essas extrapolações representam a melhor abordagem disponível para essas estimativas de vazão, até que medições em condições de vazão extrema sejam viabilizadas.

Dado o cenário de obtenção da série, a Figura 41 apresenta a série de vazão do ponto de monitoramento do Córrego Jaguaré e a Figura 42 apresenta a série de vazão do ponto de monitoramento do Córrego Novo Mundo.

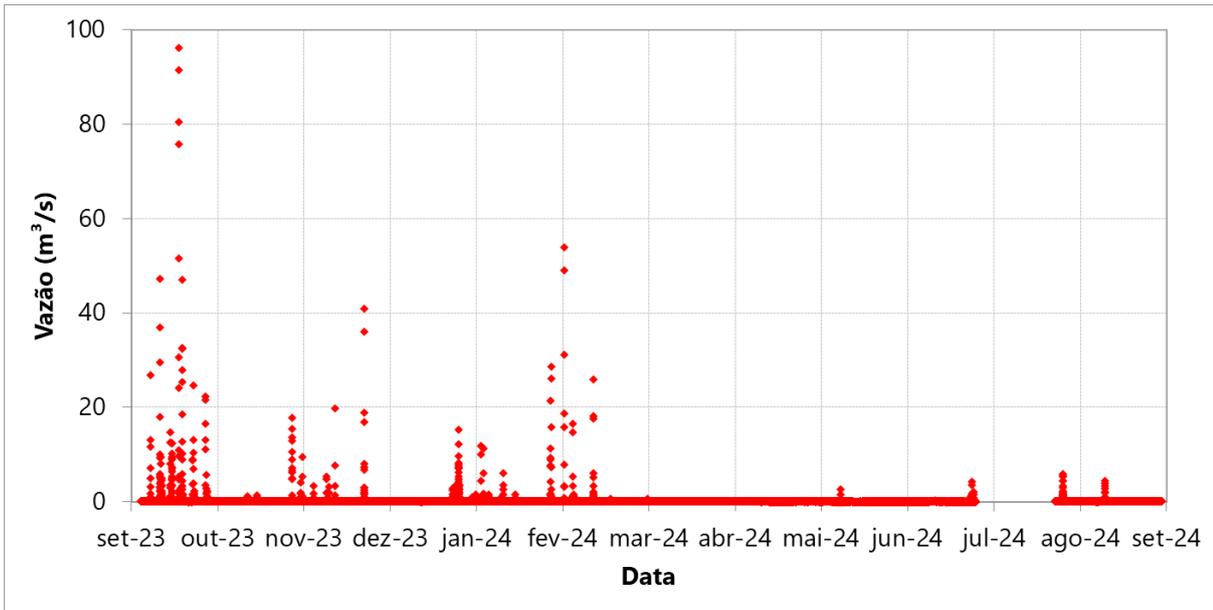


Figura 41: Série de vazões do Córrego Jaguaré.
 Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

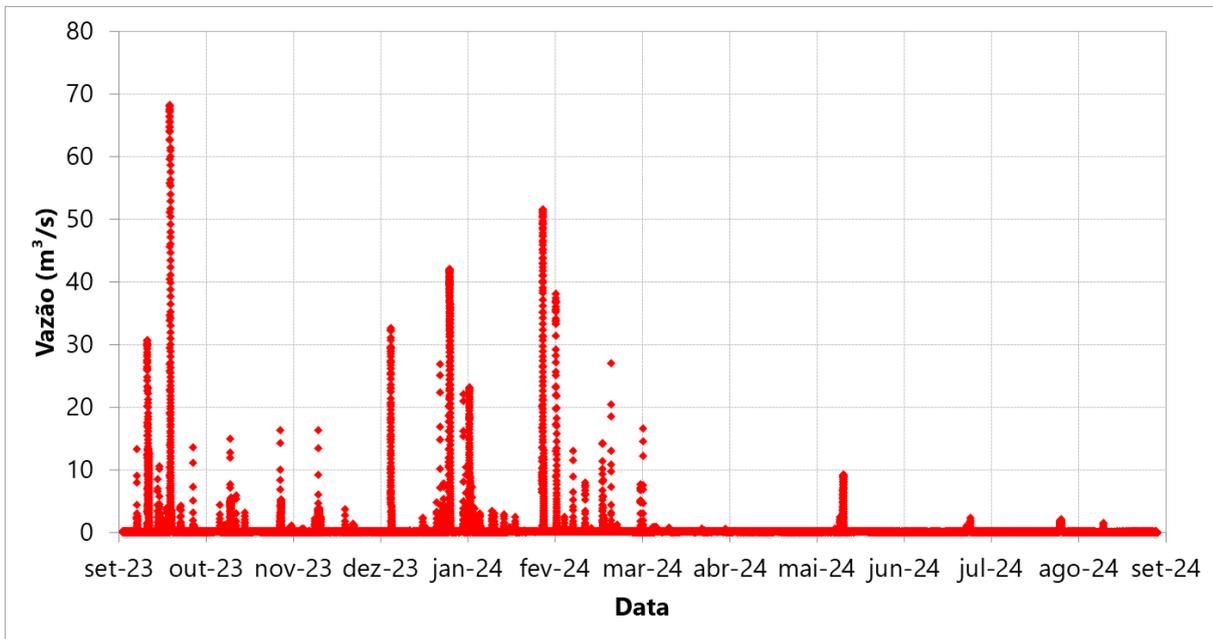


Figura 42: Série de vazões do Córrego Novo Mundo.
 Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento, em conformidade com o Primeiro Termo de Aditivo ao Contrato nº 001/2023 - que trata da realização dos serviços de monitoramento de vazões nas sub-bacias selecionadas para a instalação de barreiras flutuantes no Córrego Jaguaré (afluente do rio Pinheiros) e no Córrego Novo Mundo (afluente do rio Tietê), apresentou o relatório final referente aos serviços de “Monitoramento de Vazões nas Sub-Bacias Selecionadas para Instalação de Barreiras Flutuantes”.

Nesse contexto, foram apresentados os aspectos relacionados à instalação das estações fluviométricas, os resultados dos monitoramentos, a determinação das curvas-chave e obtenção das séries de vazão. Entende-se que, dadas às dificuldades intrínsecas às medições e à obtenção das curvas-chave das bacias dos dois córregos, as curvas-chave obtidas atendem aos objetivos do estudo. Para a definição das curvas-chave foi necessário realizar um processamento e uma análise bastante minuciosa de modo a verificar a qualidade dos dados medidos e quais seriam aproveitáveis e, de modo a garantir que os resultados finais fossem confiáveis, foram realizadas medições extras nos meses de julho, agosto e setembro de 2024. Cabe ressaltar ainda que, visando a obtenção de melhores dados para a obtenção das curvas-chave, em ambas as estações foram realizadas medições além das 31 inicialmente previstas e constantes no contrato – na estação Jaguaré foram realizadas 74 medições, enquanto na estação Novo Mundo foram realizadas 63 medições. Ainda, devido às circunstâncias encontradas nos locais de medições (sobretudo relacionadas à segurança da equipe), as medições de vazão foram realizadas no período entre 8h e 18h.

É importante ressaltar que ao longo da execução desse estudo algumas dificuldades para a obtenção dos resultados finais foram superadas. Por se tratarem de córregos urbanos, a influência humana direta e as características de uso e ocupação

do solo impactaram significativamente no desenvolvimento deste estudo. Os dois córregos monitorados possuem baixíssima vazão e o lixo urbano em seus leitos impactaram diretamente nas medições de vazão realizadas pois são interferentes no fluxo d'água nas baixas cotas e nas cotas mais elevadas, trazendo riscos para as atividades dentro da água. As variações de nível da água são abruptas e ocorrem somente em momentos de chuva, não mantendo permanência temporal. Essas elevações abruptas ocorrem por conta da impermeabilização urbana do solo e consequente drenagem massiva da chuva. Esta condição reduziu a capacidade de levantamentos de vazões em cotas mais elevadas. De todo modo, foram realizadas diversas campanhas de medição e medições auxiliares para garantir o alcance do objetivo deste estudo que era a determinação das curvas-chaves nos córregos Jaguaré e Novo Mundo. Embora tenha ocorrido uma vacância de dados de nível/vazão na estação de monitoramento do córrego Jaguaré entre os dias 10/07/2024 até 07/08/2024 – ocorrida devido a uma falha no sensor de nível, não houve impactos sobre os resultados e análises finais.

Ainda, futuramente, caso se julgue necessária a manutenção do acompanhamento das cotas para determinação da vazão dos córregos através das curvas-chaves, sugere-se a realização de novas medições periódicas de vazão, a fim de garantir a validade das respectivas curvas-chave e eventuais atualizações que possam vir a ser necessárias.

Os resultados apresentados neste documento foram utilizados na elaboração do Produto 4.2 do PGIRS-AT que trata da investigação do aporte de resíduos sólidos nos corpos hídricos: os resultados obtidos nas 71 campanhas com as barreiras flutuantes (sendo 36 campanhas no Jaguaré e 35 campanhas no Novo Mundo), indicaram a não correlação direta entre vazão e pluviosidade com o aporte de resíduos nos cursos hídricos. Ainda assim, todo o trabalho do monitoramento de vazões tem utilidade

prática e complementa o PGIRS-AT, sobretudo no que tange ao entendimento da dinâmica das vazões dos córregos urbanos.

Como parte integrante deste relatório estão disponíveis nos apêndices os laudos dos monitoramentos de vazão, as planilhas de obtenção das curvas-chave, os dados de nível d'água obtidos pelos sensores e séries de vazão obtidas a partir das curvas-chave, além das seções topobatimétricas.

REFERÊNCIAS

ANA, SGH. **Orientações para operação das estações hidrométricas**: Manual Técnico, Agência Nacional de Águas, Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica, Brasília, 2012.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Stream flow**. In: ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Volunteer stream monitoring: a methods manual. Washignton: EPA 1997. Cap. 5.1, p. 134-138

LOBO, G. A. **Medição de vazão em cheias de bacias urbanas e rurais com molinetes hidrométricos e flutuadores superficiais**. 2002. 140 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

ONSET Brands, <https://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/u20-001-01>, Acesso em 24 set, 2023.

SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba, PR: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, LACTEC, 2001.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Editora da UFRGS, ABRH, 1993.

APÊNDICE A – LAUDOS DE MONITORAMENTO DE VAZÃO

Arquivos *.txt em diretório anexo.

APÊNDICE B – PLANILHAS DE OBTENÇÃO DAS CURVAS-CHAVE

Arquivos *xlsx em anexo.

APÊNDICE C – DADOS DE NÍVEL D'ÁGUA MEDIDOS PELOS SENSORES AUTOMÁTICOS E VAZÕES OBTIDAS PELAS CURVAS-CHAVE

Arquivos *xlsx em anexo.

APÊNDICE D – SEÇÕES TOPOBATIMÉTRICAS