



PGIRS-AT

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

P2.3 - 3º Boletim Trimestral das Campanhas

Agosto/2024



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

P2.3 - 3º Boletim Trimestral das Campanhas

CONTRATANTE:



ELABORAÇÃO E RESPONSABILIDADE:



De Curitiba/PR para São Paulo/SP
Agosto/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			
P2.3 - 3º Boletim trimestral das campanhas			
Elaborado por: Equipe Técnica	Supervisionado por: Diana Maria Cancelli		
Aprovado por: Helder Rafael Nocko	Revisão	Finalidade	Data
	01	03	20/08/2024
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 **P2.3 - 3º Boletim Trimestral das Campanhas – 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	9
2.	RESULTADOS DOS MONITORAMENTOS	10
2.1.	Campanhas de medição de vazão.....	10
2.2.	Medições de nível d'água	20
2.3.	Determinação das curvas-chaves preliminares.....	25
3.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
	REFERÊNCIAS	37
	APÊNDICE A – LAUDOS DE MONITORAMENTO DE VAZÃO.....	38
	APÊNDICE B – DADOS DE NÍVEL d'ÁGUA MEDIDOS PELOS SENSORES AUTOMÁTICOS	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vazões medidas nas campanhas de medição de vazão na estação Jaguaré.....	12
Figura 2: Leituras da régua durante as campanhas de medição de vazão na estação Jaguaré.....	13
Figura 3: Vazões medidas nas campanhas de medição de vazão na estação Novo Mundo.....	15
Figura 4: Leituras da régua durante as campanhas de medição de vazão na estação Novo Mundo.....	16
Figura 5: Registros fotográficos das campanhas de monitoramento de vazões nas estações do Jaguaré e Novo Mundo no período de setembro a novembro.....	17
Figura 6: Registros fotográficos das campanhas de monitoramento de vazões nas estações do Jaguaré e Novo Mundo no período de dezembro a março.....	18
Figura 7: Registros fotográficos das campanhas de monitoramento de vazões nas estações do Jaguaré e Novo Mundo no período de abril a junho.	19
Figura 8: Medições de nível d'água realizadas com o sensor automático na estação Jaguaré.....	20
Figura 9: Medições de nível d'água realizadas com o sensor automático na estação Novo Mundo.....	21
Figura 10: Exemplo de variação cíclica dos níveis d'água na estação Jaguaré.....	22
Figura 11: Leituras de nível d'água realizadas nas régua instaladas na estação Jaguaré.....	23
Figura 12: Leituras de nível d'água realizadas nas régua instaladas na estação Novo Mundo.....	24
Figura 13: Medições de vazão realizadas no ponto de monitoramento do córrego Jaguaré.....	26
Figura 14: Curva-chave preliminar definida para o ponto de monitoramento do córrego Jaguaré.....	27
Figura 15: Medições de vazão realizadas no ponto de monitoramento do córrego Novo Mundo.....	30

Figura 16: Curva-chave preliminar definida para o ponto de monitoramento do córrego Novo Mundo.....	30
---	----

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Plano de Trabalho do Monitoramento de Vazões nas Sub-Bacias Selecionadas para Instalação de Barreiras Flutuantes, aprovado em 01 de novembro de 2023, este terceiro boletim trimestral apresenta os serviços realizados entre os meses de abril de 2024 e junho de 2024, os quais compreendem as seguintes atividades:

- Campanhas de medição de vazão e laudos de monitoramento de vazões;
- Coleta de dados de nível d'água/cota medidos nas estações fluviométricas e leituras das réguas linimétricas.

Cabe mencionar que, de modo a ter uma visão total dos dados levantados, são considerados também os dados obtidos entre os meses de setembro de 2023 e março de 2024 (e apresentados nos boletins trimestrais 1 e 2). De acordo com o Plano de Trabalho deste serviço, no período de estiagem devem ser realizadas 2 campanhas mensais, enquanto no período de cheia devem ser realizadas 3 campanhas mensais.

Adicionalmente, considerando as peculiaridades dos corpos hídricos que estão sendo monitorados e com o intuito de verificar se os dados medidos irão permitir a obtenção de curvas-chaves, foram realizadas análises bastante criteriosas e detalhadas dos dados medidos até o momento. Essa análise permitiu a obtenção de curvas-chave preliminares para os dois pontos de medição – ressalta-se, no entanto, que com as medições que ainda serão realizadas nos meses de julho, agosto e setembro, as curvas-chave poderão ser alteradas.

2. RESULTADOS DOS MONITORAMENTOS

2.1. Campanhas de medição de vazão

Desde o início das campanhas de monitoramento fluviométrico, em setembro de 2023, foram realizadas 55 medições de vazão no Córrego Jaguaré; destas, 9 ocorreram entre os meses de abril e junho de 2024. 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 junho.

Ao longo de todo o período buscou-se realizar medições durante a ocorrência de chuva, quando há variações de profundidade/níveis de água no corpo hídrico, e conseqüentemente as vazões aumentam. Nesse sentido foi possível realizar medições em diferentes níveis d'água, no Rio Jaguaré, no dia 31/01/2024 – estas medições foram realizadas com ADCP com nível de água variando entre 0,15 e 0,30 cm no período de subida e descida; ao todo foram realizadas 24 travessias com o equipamento. A Figura 1 e a Figura 2 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
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

Número da medição	Data	NA régua (m)	Velocidade média (m/s)	Vazão total (m ³ /s)	Profundidade média (m)
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	0,07
18	08/02/2024	0,04	0,499	0,144	0,08
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	0,06
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
Medições com ADCP					
32	31/01/2024	0,15	0,299	0,45	0,47
33	31/01/2024	0,15	0,303	0,285	0,48
34	31/01/2024	0,18	0,849	0,153	0,53
35	31/01/2024	0,18	0,3	0,511	0,91
36	31/01/2024	0,20	0,249	0,463	0,59
37	31/01/2024	0,20	0,362	0,472	0,41
38	31/01/2024	0,20	0,311	0,508	0,52
39	31/01/2024	0,20	0,081	0,076	0,51
40	31/01/2024	0,18	0,272	0,379	0,49
41	31/01/2024	0,18	0,273	0,152	0,49
42	31/01/2024	0,15	0,247	0,376	0,46

Número da medição	Data	NA régua (m)	Velocidade média (m/s)	Vazão total (m ³ /s)	Profundidade média (m)
43	31/01/2024	0,15	0,235	0,24	0,57
44	31/01/2024	0,25	1,398	1,232	0,64
45	31/01/2024	0,25	0,528	1,116	0,58
46	31/01/2024	0,25	0,415	1,288	0,96
47	31/01/2024	0,25	0,371	1,058	0,61
48	31/01/2024	0,24	0,425	0,469	0,67
49	31/01/2024	0,24	0,617	1,708	0,72
50	31/01/2024	0,30	0,787	2,689	0,73
51	31/01/2024	0,30	0,734	0,743	0,66
52	31/01/2024	0,28	0,111	0,138	0,6
53	31/01/2024	0,28	0,429	0,963	0,58
54	31/01/2024	0,22	0,158	0,617	0,55
55	31/01/2024	0,22	1,039	0,7	0,56

Fonte: EnvEx Engenharia e Consultoria (2024).

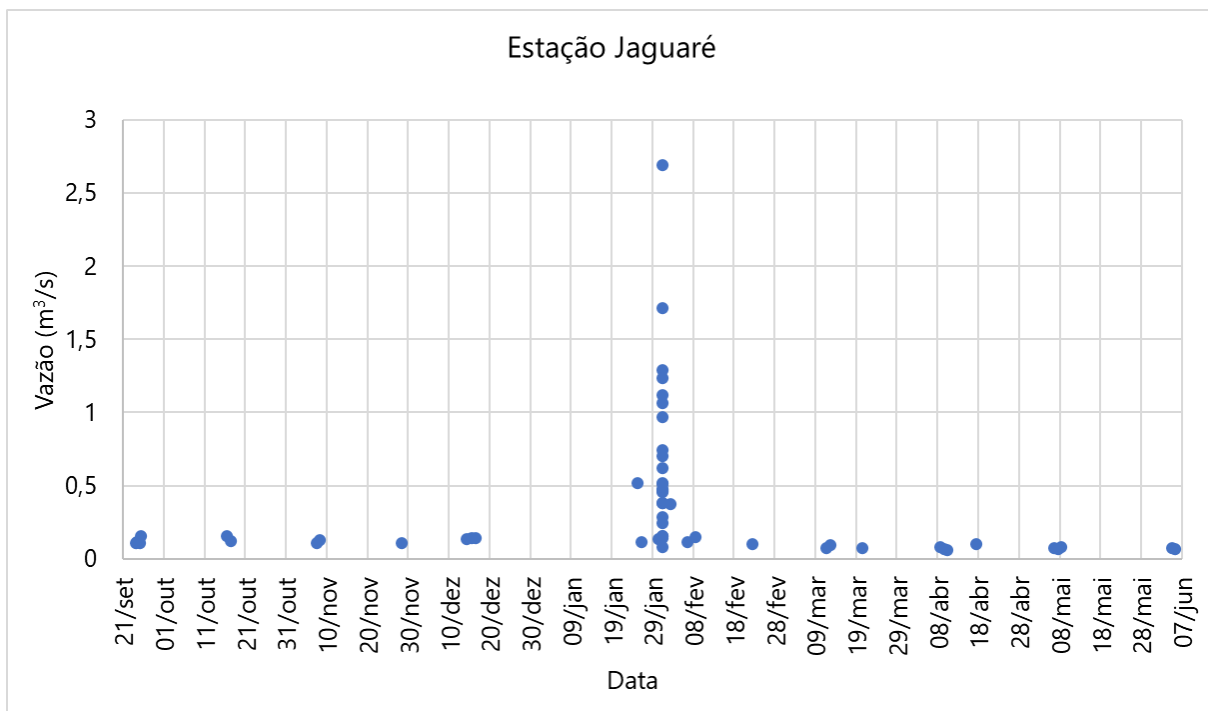


Figura 1: Vazões medidas nas campanhas de medição de vazão na estação Jaguaré.

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

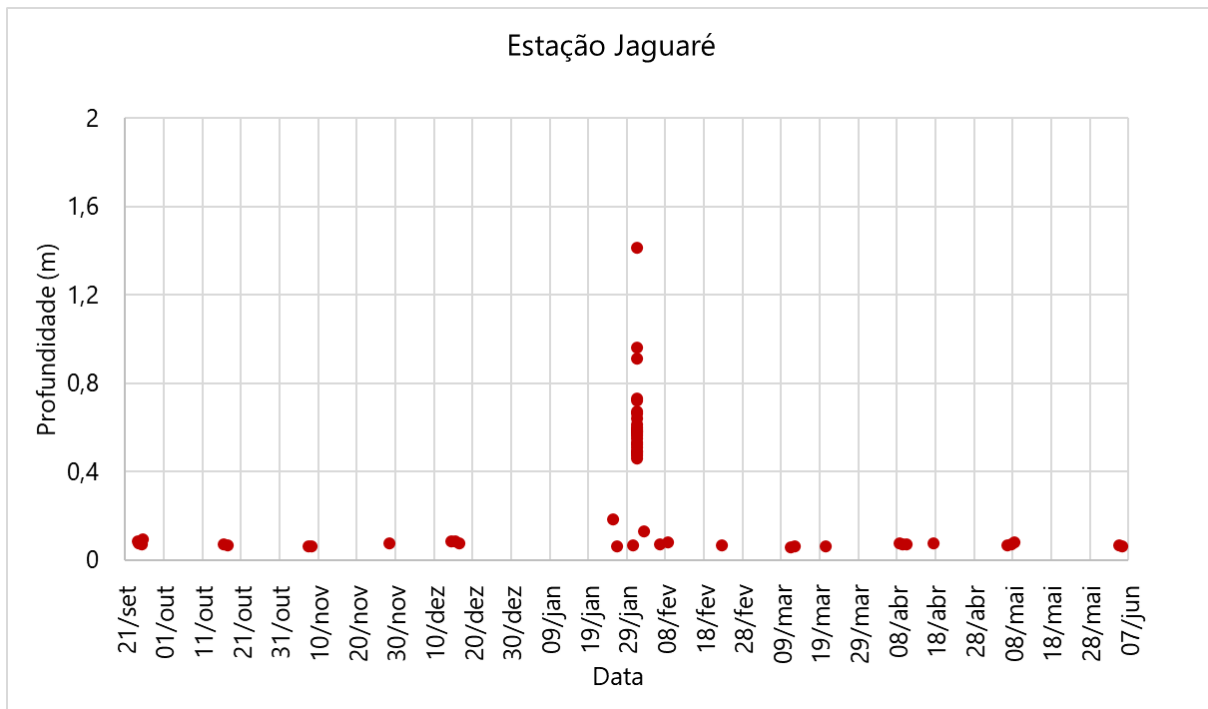


Figura 2: Leituras da régua durante as campanhas de medição de vazão na estação Jaguaré.

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

Já no Córrego Novo Mundo foram realizadas, ao total, 42 medições de vazão, sendo 8 delas entre os meses de abril e junho de 2024. Os resultados de todas as medições realizadas são apresentados na Tabela 2. No dia 18/01/2024 foi possível realizar medições com ADCP; considerando as particularidades do corpo hídrico, segurança da equipe de campo e dos equipamentos, as medições foram realizadas no período de descida do nível contemplando uma variação entre 1,20 m e 0,70 cm; nesse dia foram realizadas 14 travessias. A Figura 3 e a Figura 4 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.

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
Medições com ADCP					
28	18/01/2024	1,200	1,788	8,839	1,360
29	18/01/2024	1,200	1,064	8,988	2,370
30	18/01/2024	1,140	0,933	8,482	1,200
31	18/01/2024	1,100	1,034	9,866	1,600

Número da medição	Data	NA régua (m)	Velocidade média (m/s)	Vazão total (m ³ /s)	Prof. média (m)
32	18/01/2024	1,040	0,878	7,223	1,500
33	18/01/2024	1,000	1,190	5,322	1,000
34	18/01/2024	0,960	0,747	8,317	0,960
35	18/01/2024	0,920	0,980	4,923	0,910
36	18/01/2024	0,880	0,792	4,553	0,910
37	18/01/2024	0,840	0,734	4,381	0,840
38	18/01/2024	0,800	0,709	3,961	1,580
39	18/01/2024	0,780	0,637	3,308	0,780
40	18/01/2024	0,740	0,581	3,207	1,390
41	18/01/2024	0,720	0,537	2,951	1,010
42	18/01/2024	0,700	0,535	2,623	0,720

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

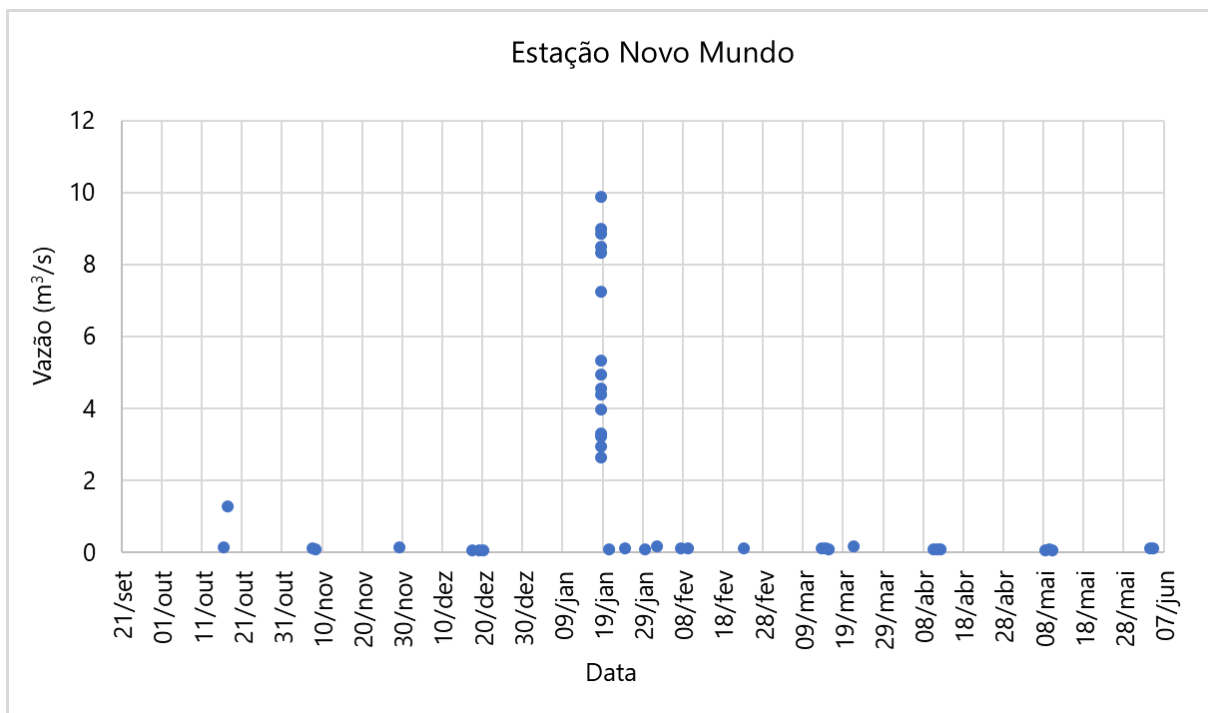


Figura 3: Vazões medidas nas campanhas de medição de vazão na estação Novo Mundo.

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

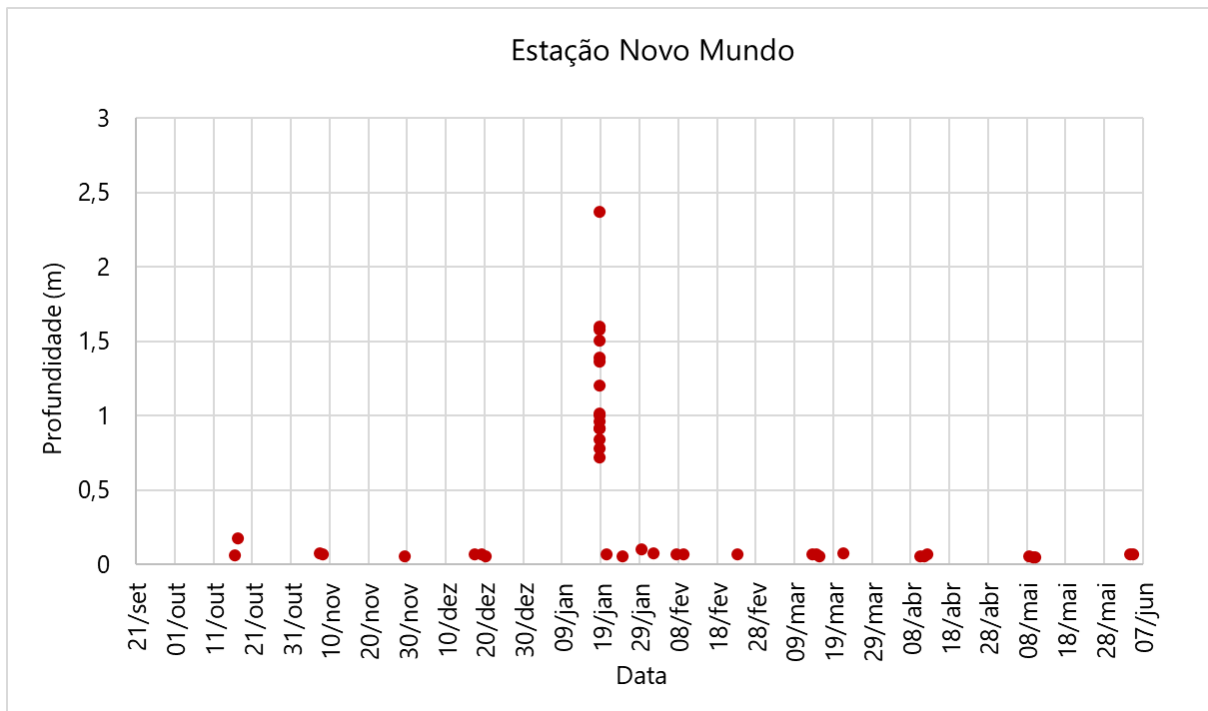


Figura 4: Leituras da régua durante as campanhas de medição de vazão na estação Novo Mundo.

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

Abaixo, da Figura 5 até a Figura 7, são apresentados registros fotográficos dos monitoramentos de vazão nos períodos de setembro a novembro, dezembro a março e de abril a junho, respectivamente.



Figura 5: Registros fotográficos das campanhas de monitoramento de vazões nas estações do Jaguaré e Novo Mundo no período de setembro a novembro.

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



Figura 6: Registros fotográficos das campanhas de monitoramento de vazões nas estações do Jaguaré e Novo Mundo no período de dezembro a março.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024)



Figura 7: Registros fotográficos das campanhas de monitoramento de vazões nas estações do Jaguaré e Novo Mundo no período de abril a junho.

Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2024)

2.2. Medições de nível d'água

As medições de nível d'água estão sendo realizadas por meio de sensores automáticos, que registram os níveis d'água com frequência de 5 em 5 minutos. A Figura 8 e a Figura 9 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 30 de junho de 2024. As planilhas, em formato *.xlsx, contendo os dados de nível monitorados se encontram em anexo a este documento, no APÊNDICE B. Nos últimos três meses, em ambas as estações, são observadas elevações de nível (relacionada com ocorrência de chuva) em apenas um momento – na última semana do mês de maio, em período noturno.

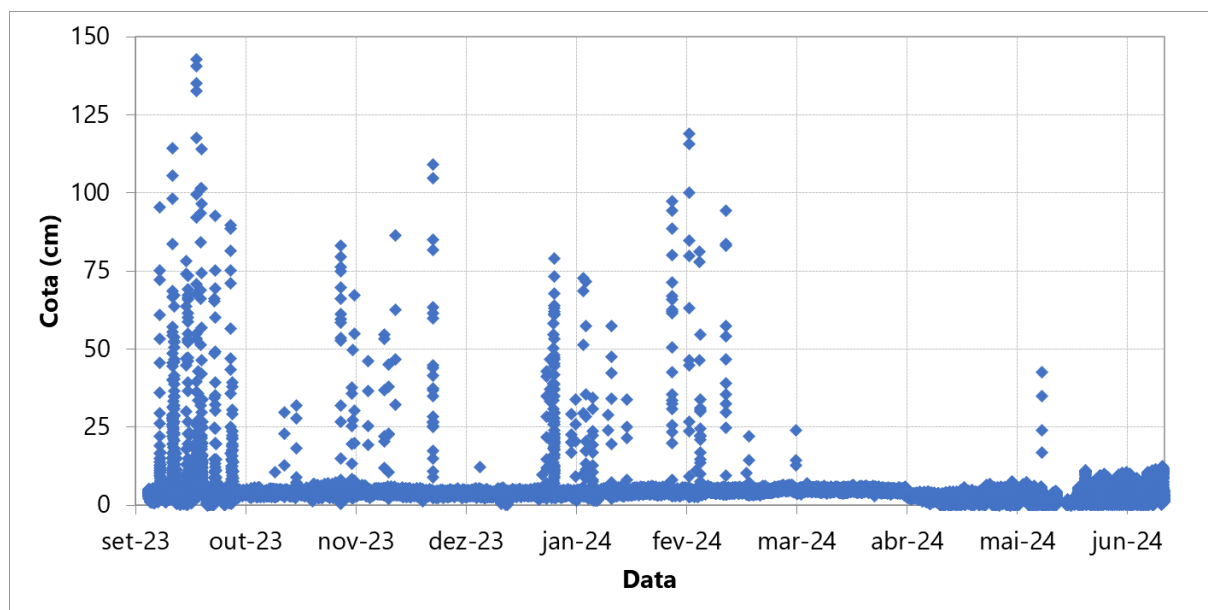


Figura 8: Medições de nível d'água realizadas com o sensor automático na estação Jaguaré.

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

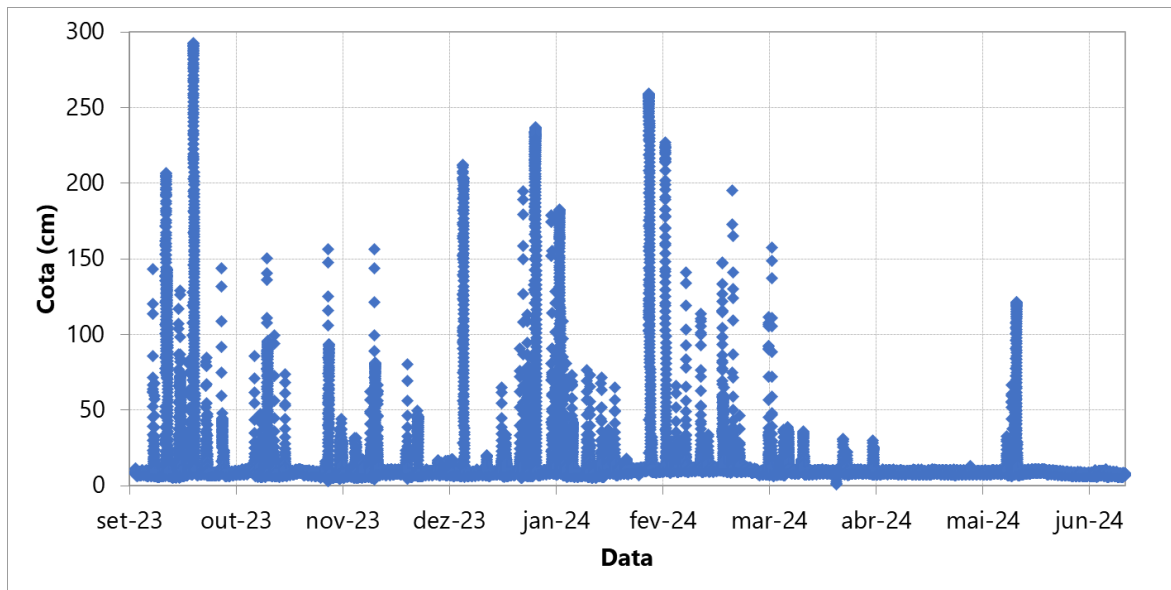


Figura 9: Medições de nível d'água realizadas com o sensor automático na estação Novo Mundo.

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

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), tem se tornado 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 soma da condição de estiagem com as características do fundo do leito do córrego Jaguaré, que é naturalmente irregular, e com a vazão reduzida no período noturno, tem deixado o sensor de medição de nível seco por algumas horas (o nível d'água baixa além do ponto de instalação do sensor). Neste ciclo, ao longo da manhã do dia seguinte o sensor volta 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 10 mostra um exemplo do que foi observado na estação Jaguaré.

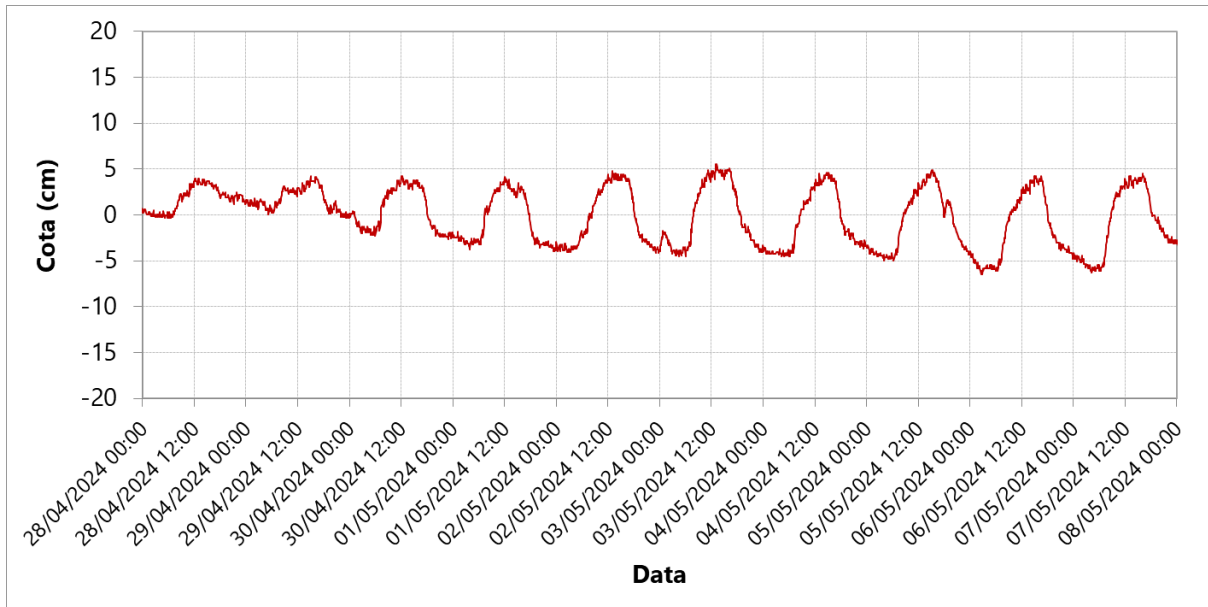


Figura 10: Exemplo de variação cíclica dos níveis d'água na estação Jaguaré.

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

Adicionalmente, leituras das réguas linimétricas instaladas nos dois córregos são realizadas duas vezes ao dia (no início da manhã e no fim da tarde). Estas leituras serão utilizadas em caso de avarias nas estações automáticas e para verificar eventuais inconsistências nos dados dos sensores (por exemplo, na situação do córrego do Jaguaré, em que o sensor ficou descoberto). A Figura 11 e na Figura 12 apresentam registros fotográficos/leituras realizados pelos leituristas nas réguas linimétricas instaladas nos dois córregos.



Figura 11: Leituras de nível d'água realizadas nas réguas instaladas na estação Jaguaré.

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



Figura 12: Leituras de nível d'água realizadas nas régua instaladas na estação Novo Mundo.

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

2.3. Determinação das curvas-chaves preliminares

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 cota versus vazão 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 é objetivo final da realização das campanhas de medição de vazão descritas na seção 2.1 deste documento.

Nesta seção, portanto, são apresentadas as correlações preliminares entre as medições de vazão e de cota do nível d'água nos pontos de monitoramento dos dois córregos monitorados. Estas correlações ou **curvas-chaves** são consideradas **preliminares** pois as análises dos dados levantados em ambos os córregos demonstraram a necessidade de coletas complementares para possibilitar a determinação de curvas-chaves mais robustas e precisas.

As curvas-chaves preliminares 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.

Córrego Jaguaré

Feita esta breve introdução, para o córrego Jaguaré temos realizadas 63 medições de vazão, com as respectivas observações da cota do nível d'água do

córrego, conforme apresentado na Figura 13, cuja avaliação das medições permitiu o desenvolvimento curva-chave apresentada na Figura 14. Aqui, é importante mencionar que foram utilizadas 8 medições adicionais, realizadas nos meses de julho e agosto. Estas medições serão apresentadas posteriormente no quarto boletim trimestral.

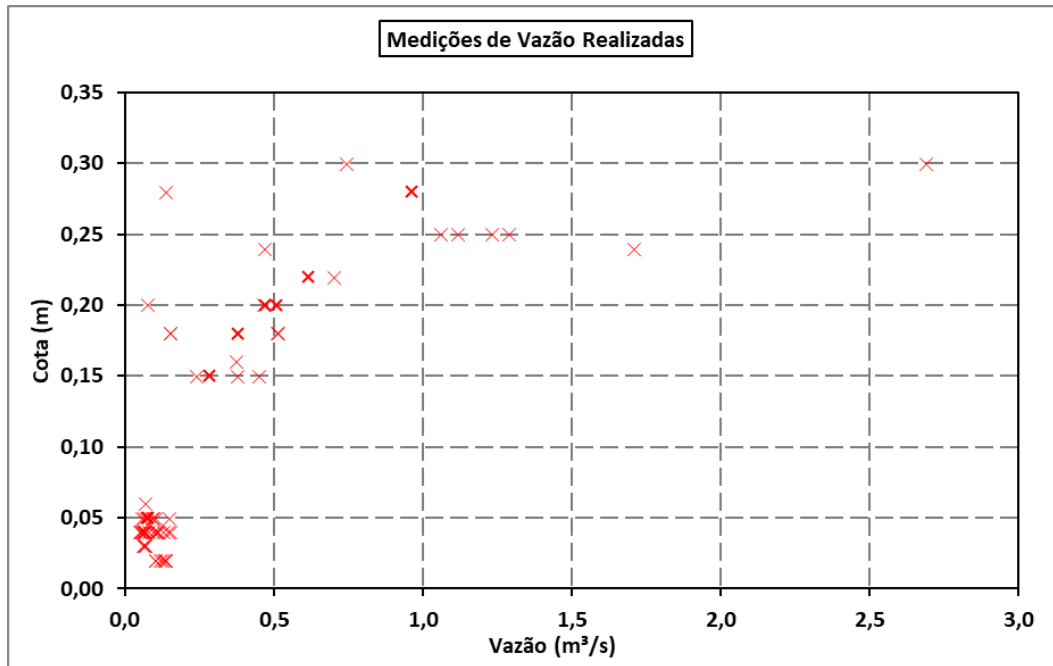


Figura 13: Medições de vazão realizadas no ponto de monitoramento do córrego Jaguaré.

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

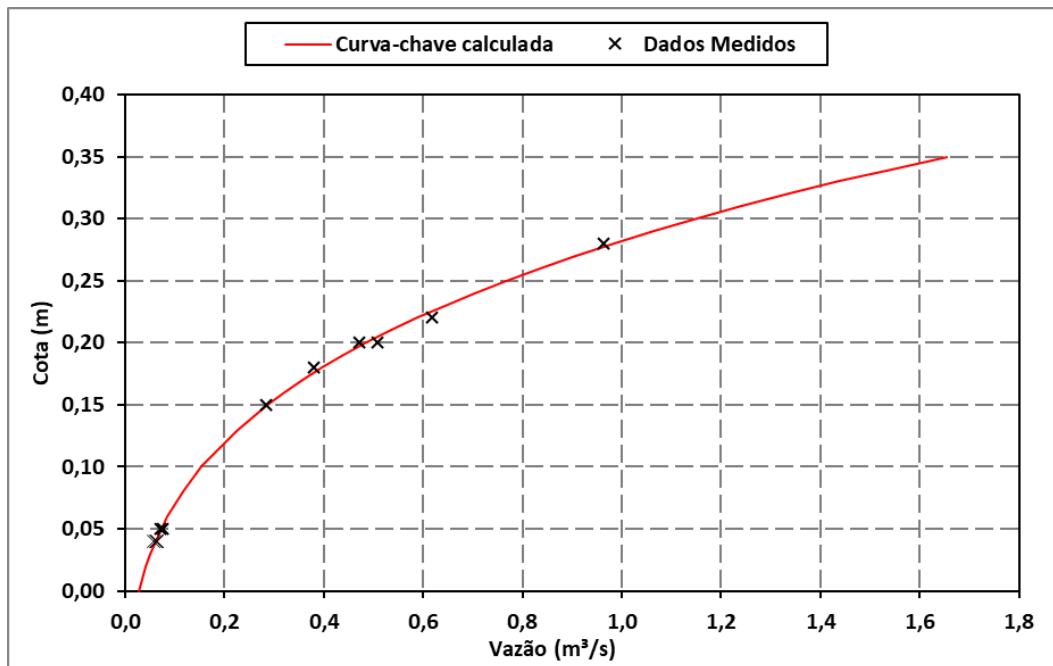


Figura 14: Curva-chave preliminar definida para o ponto de monitoramento do córrego Jaguaré.

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 preliminar definida para o ponto de monitoramento do córrego Jaguaré.

Parâmetro	Valor
m	3,5194
k	17,6857
h₀	-0,16
r	0,9988

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. 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 foi necessário realizar uma análise minuciosa dos dados até então obtidos. A seguir

(Tabela 4) estão listadas as medições de vazão que deram origem à curva-chave preliminar do córrego Jaguaré

Tabela 4: Resumo das medições de vazão e desvios correlatos da curva-chave preliminar 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%

*Medição realizada no mês de agosto, será apresentada posteriormente, no quarto boletim trimestral.
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. O primeiro fator crítico identificado refere-se à característica do perfil da área molhada da seção de medição. Ao analisar os dados brutos das medições, 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, nas condições de cota reduzida no córrego Jaguaré as vazões são demasiadamente reduzidas. Tendo estas duas condições presentes, fica intrínseco que há fatores importantes de imprecisão no processo de medição.

Com relação às medições realizadas com ADCP, em 31/01/2024, que foram 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 tenham sido realizadas em condições de cotas mais elevadas, elas ocorreram nos limites mínimos de profundidade de coluna d'água necessário para aplicação deste método. Soma-se a esta condição limítrofe de operação do equipamento às 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.

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, medições em condições transitórias de cota embutem imprecisão nos resultados.

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 preliminar apresentada na Figura 14.

Córrego Novo Mundo

Para o córrego Novo Mundo temos realizadas 51 medições de vazão, com respectiva observação da cota do nível d'água do córrego, conforme visto na Figura 15 – assim como para o córrego Jaguaré, foram incorporadas 9 medições adicionais realizadas nos meses de julho e agosto; estas medições serão apresentadas posteriormente, no próximo boletim trimestral. A partir da avaliação das medições de vazão foi obtida a curva-chave preliminar mostrada na Figura 16, cujos parâmetros da equação exponencial são apresentados na Tabela 5.

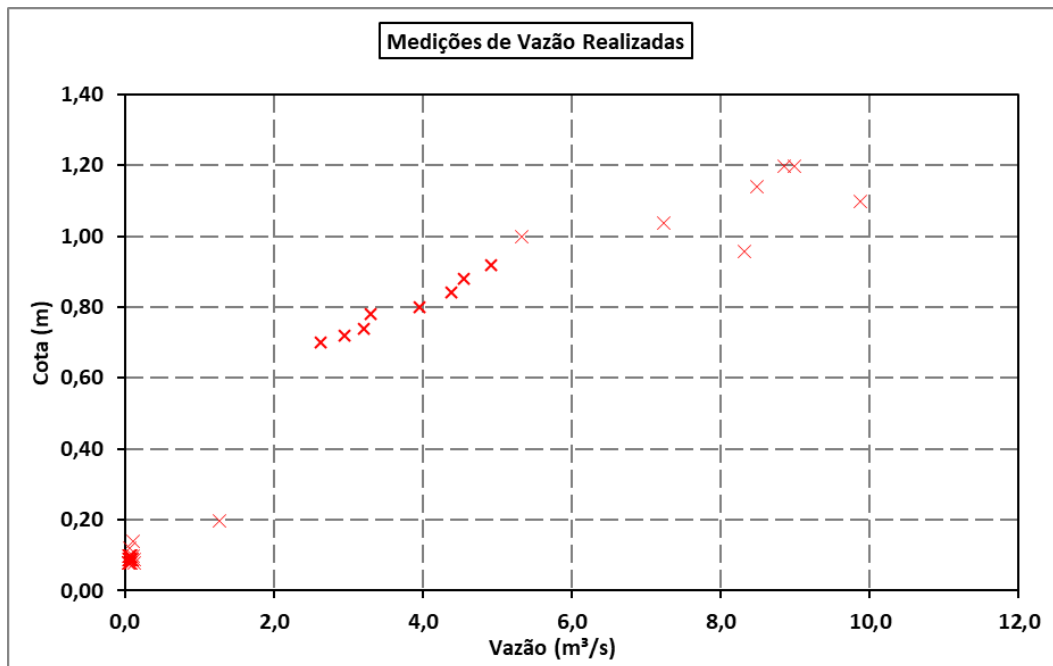


Figura 15: Medições de vazão realizadas no ponto de monitoramento do córrego Novo Mundo.

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

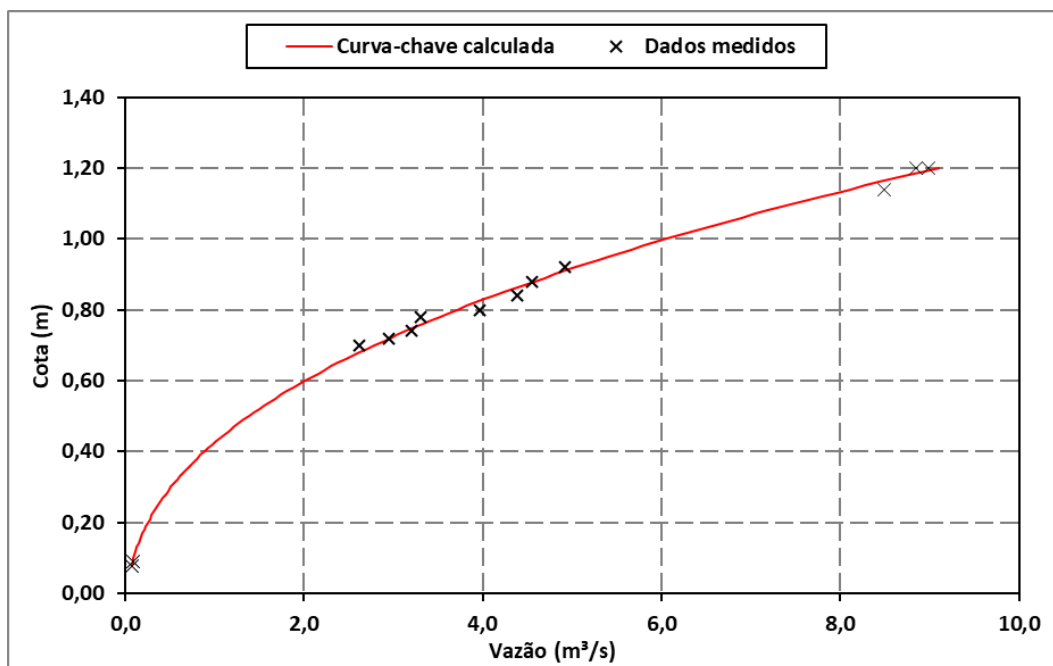


Figura 16: Curva-chave preliminar definida para o ponto de monitoramento do córrego Novo Mundo.

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

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

Parâmetro	Valor
m	2,4366
k	4,8024
h₀	-0,10
r	0,9984

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. A seguir (Tabela 6) estão listadas as medições de vazão que deram origem à curva-chave preliminar.

Tabela 6: Resumo das medições de vazão e desvios correlatos da curva-chave preliminar 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%

*Medição realizada no mês de agosto, será apresentada posteriormente, no quarto boletim trimestral.

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

Diferentemente do que foi observado no córrego Jaguaré, conforme pode ser visto na Figura 16, 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. Analogamente à situação do córrego Jaguaré, devido às características do córrego Novo Mundo, as ocorrências de cotas mais elevadas são pontuais e de baixa permanência, se mantendo elevadas somente durante os períodos de ocorrência direta de chuva, quando há drenagem urbana da água da chuva para o córrego; além disso, as medições em condições transitórias de cota embutem imprecisão nos resultados.

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 foi realizada uma campanha de medições intensificadas de vazão no córrego Novo Mundo, a fim de se obter informações mais acuradas. Para este fim, nesta campanha 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 maior imprecisão no método de medição 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-se 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 de 80 a 90% da velocidade de escoamento na superfície. Neste estudo, devido às características do córrego Novo Mundo, foi considerado que a velocidade média de escoamento da água ao longo das seções transversais foi igual a 85% da velocidade média na superfície. Então, realizando a multiplicação da velocidade média da água na superfície pela área molhada que foi definida, aplicando-se o fator de correção de 0,85, tem-se a vazão estimada do córrego no trecho entre as seções transversais.

Descrito o método de medição, foram obtidos 4 ciclos de medição de vazão com flutuador no córrego Novo Mundo. Estas 4 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 preliminar.

3. 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), apresenta o terceiro boletim das medições realizadas nas duas estações fluviométricas.

Conforme apresentado nos boletins anteriores, inicialmente as medições de vazões seriam realizadas concomitantemente às campanhas com as barreiras flutuantes. No entanto, considerando os aspectos técnicos necessários para a obtenção das curvas-chave de vazão – objetivo final destes monitoramentos –, é necessário que as medições de vazão sejam realizadas em diferentes profundidades/níveis d'água do corpo hídrico (cuja variação depende da ocorrência de chuva). Nesse sentido, as medições de vazão não precisam ser realizadas em concomitância com as campanhas das barreiras flutuantes, uma vez que há medição automática dos níveis de água, que serão posteriormente transformados em vazões.

Por estas razões, a partir do mês de dezembro, a definição das datas das campanhas passou a ser baseada na previsão do tempo, e a equipe começou a passar o dia em campo aguardando o momento adequado para realizar as medições (ou seja, durante a chuva). Cabe ressaltar que as previsões de chuva nem sempre se confirmaram nos locais das medições. Além disso, conforme observado nos dados de níveis de água, no período de março a junho houve apenas um episódio de chuva

que causou aumento dos níveis em cada uma das estações do córrego Novo Mundo – esse episódio ocorreu aproximadamente entre os dias 24 e 26 de maio.

Nesse contexto, a equipe conseguiu realizar medições com chuva em dois momentos – um na estação Novo Mundo e outro na estação Jaguaré. Em ambas as situações foi utilizado o ADCP. Cabe mencionar também que, em ambas as estações, com o intuito de tentar obter dados mais adequados para a obtenção da curva-chave foram realizadas campanhas adicionais.

No que tange às incertezas das medições, é importante ressaltar que nos eventos de chuva as medições vêm sendo realizadas com o ADCP, onde são feitas várias travessias até que a cota se estabilize. A cota é registrada durante cada travessia. As medições por método acústico possuem maior precisão e confiabilidade do que as medições tradicionais com molinete, já que a seção é discretizada em várias verticais e várias células, permitindo conhecer a velocidade em toda as distâncias e profundidades. Com relação à segurança, caso necessário, o ADCP possui um suporte estilo prancha que pode ser puxado por cordas para se deslocar de margem a margem, sem a necessidade de adentrar no rio durante cheias. Como o equipamento flutua sobre a água, o risco de resíduos se prenderem durante as medições é pequeno.

Em momentos em que não há chuva e os níveis d'água permanecem estáveis, as medições são realizadas pelo método tradicional com molinete fluviométrico. Este método é considerado satisfatório para situações em que não há variação de nível, conforme indicado por Lobo (2002).

Cabe observar, ainda, que nos últimos meses devido ao longo período de estiagem, os níveis dos córregos diminuíram bastante e, sobretudo, no córrego Jaguaré tem-se observado variações cíclicas de vazão – são maiores durante o dia e menores durante a noite, deixando o sensor seco em alguns momentos. Este fato

pode ser atribuído à maiores lançamentos clandestinos de efluentes no período diurno. De todo modo, será feita adequação da posição dos sensores, de modo que estes permaneçam sempre submersos.

Adicionalmente, neste boletim foram apresentadas curvas-chave preliminares para os dois córregos que estão sendo monitorados. Considerando as peculiaridades dos córregos monitorados, como já mencionado no boletim anterior, para a definição da curva-chave (mesmo sendo preliminar), foi necessário realizar um processamento e uma análise bastante minuciosa de modo a verificar a qualidade dos dados medidos e quais seriam aproveitáveis. Ainda, para que as medições apresentadas neste boletim (referentes aos meses de abril, maio e junho) pudessem ser validadas, foram realizadas medições extras nos meses de julho e agosto.

Por fim, com a finalidade melhorar as curvas-chaves e consolidá-las com a maior precisão possível para as características dos córregos, serão incorporadas novas medições de vazão dos córregos Jaguaré e Novo Mundo.

Como parte integrante deste relatório estão disponíveis no APÊNDICE A os laudos dos monitoramentos de vazão, e no APÊNDICE B os dados obtidos com os sensores de nível.

REFERÊNCIAS

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

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.

APÊNDICE A – LAUDOS DE MONITORAMENTO DE VAZÃO

Arquivos *.txt em diretório anexo.

APÊNDICE B – DADOS DE NÍVEL D'ÁGUA MEDIDOS PELOS SENSORES AUTOMÁTICOS

Arquivos *xlsx em anexo.