

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### **MODULAÇÃO DE VAZÃO DEFLUÍDA PARA GARANTIA DO ABASTECIMENTO PÚBLICO: ESTUDO DE CASO DA CAPTAÇÃO BELA FAMA NO SISTEMA RIO DAS VELHAS**

*Simão Voloch Neto<sup>1</sup>; Nubia Aparecida Vale Nolli<sup>2</sup> & Sérgio Neves Pacheco<sup>3</sup>*

**Abstract:** Climate change, the increase of water resources usage and changes in topsoil accrued the risk of water unavailability for the current water usage levels. This work consists of a study in which the coordinated outflow modulation of different water users allowed the public water demands to be met for the 2024 year in the Belo Horizonte's Metropolitan Area.

**Resumo:** As mudanças climáticas, o aumento do uso de recursos hídricos e mudanças no solo aumentam o risco de falhas de atendimento das demandas de água atuais no alto rio das Velhas. O presente artigo apresenta um estudo de caso em que a modulação integrada da defluência de diferentes usuários da bacia permitiu a manutenção da vazão para abastecimento público durante o ano de 2024 na Região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

**Palavras-Chave** – Recessão, Operação de reservatórios, Abastecimento público.

#### **INTRODUÇÃO**

O Rio das Velhas é o principal manancial que abastece a região metropolitana de Belo Horizonte, sendo responsável por 48% da produção de água. A captação Bela Fama foi concebida em 1957 e teve sua construção concluída parcialmente em 1969, no contexto da construção do sistema produtor Rio das Velhas (SRV). O SRV compõe o sistema de abastecimento integrado da região metropolitana de Belo Horizonte, juntamente com o Sistema produtor Vargem das Flores (SVF); Sistema produtor Rio Manso (SRM) e Sistema produtor Serra Azul (SSA). A captação do SRV se dá a fio d'água, na região de Bela Fama no município de Nova Lima. Os demais sistemas produtores captam em represas de regularização localizadas na bacia do Rio Paraopeba, e correspondem ao restante da produção do Sistema Integrado Metropolitano.

Nos últimos anos, temos observado uma redução das vazões afluentes em Bela Fama nos períodos de estiagem, sendo necessária em 2024 a complementação da vazão do Rio das Velhas com o volume armazenado por outros usuários da bacia hidrográfica. Na ocasião, as defluências foram acordadas no âmbito do Grupo Gestor de Vazão do Alto Velhas (Convazão) de modo a manter a vazão residual na estação fluviométrica de Raposos. A operação de defluência foi parametrizada

1) COPASA – Centro de Operação de Sistemas / Gerência de Macrooperação de Água: Rua Mar de Espanha, 525 – Santo Antônio, Belo Horizonte / MG 30.330-900, simao.neto@copasa.com.br

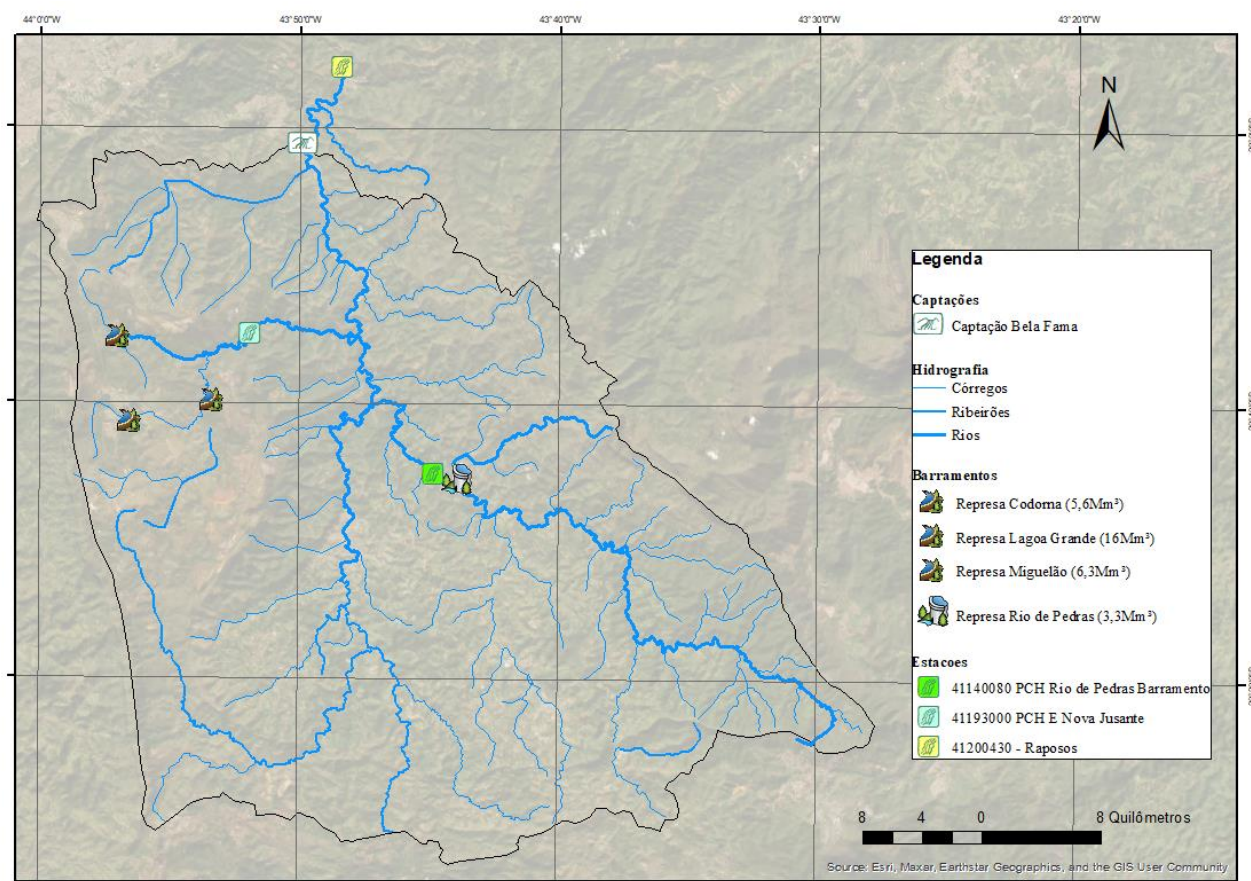
2) COPASA – Gerência de Macrooperação de Água: Rua Mar de Espanha, 525 – Santo Antônio, Belo Horizonte / MG 30.330-900, nubia.vale@copasa.com.br

3) COPASA – Unidade de Gerenciamento de Projetos: Rua Mar de Espanha, 525 – Santo Antônio, Belo Horizonte / MG 30.330-900, sergio.pacheco@copasa.com.br

empiricamente em 2024. O presente trabalho se propõe simular a modulação de vazão para vários cenários de recessão.

A estação fluviométrica de Raposos se encontra à jusante da Captação Bela Fama, que por sua vez se encontra à jusante das represas do Sistema Rio de Peixe e da Represa Rio de Pedras. O Sistema Hidrelétrico Rio de Peixe é composto pelas Represas Miguelão, Lagoa Grande e Codorna e se encontram na margem esquerda do Rio das Velhas. A Represa da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Rio de Pedras se encontra a montante do deflúvio desse, na confluência dos Rios de Pedras e das Velhas. As estações fluviométricas PCH E Nova Jusante e PCH Rio de Pedras Barramento registram os deflúvios dos sistemas Rio de Peixe e Rio de Pedras, respectivamente. A localização destas estruturas no contexto da Bacia Hidrográfica é mostrada na Figura 1.

Figura 1 -Localização dos principais elementos



## METODOLOGIA

Foi utilizada como referência operacional a estação de Raposos (código 41200430), operada pelo Serviço Geológico do Brasil – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (SGB-CPRM). A estação se localiza a jusante da captação de Bela Fama, do complexo Hidroelétrico Rio de Peixe e da PCH Rio de Pedras. Trata-se de estação telemetrizada, com informações de vazão disponíveis online em intervalos horários.

Para se estudar as vazões que compõem a estação de Raposos, utilizam-se as estações PCH E Nova Jusante (41193000), e PCH Rio de Pedras Barramento (41140080) como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Postos fluviométricos telemetrizados utilizados

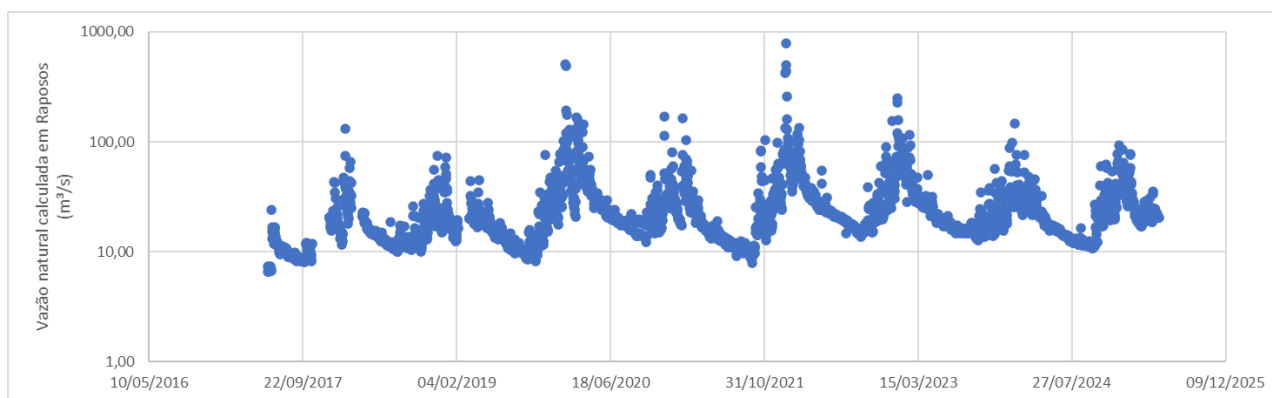
Código	Nome do posto	Município	Período de observação
41200430	Raposos	Raposos	2015 - 2025
41193000	PCH E Nova Jusante	Nova Lima	2015-2025
41140080	PCH Rio de Pedras Barramento	Itabirito	2014-2024

Para se cumprir o objetivo deste estudo, se faz necessária a parametrização dos três elementos principais: a vazão natural do Rio das Velhas, que se reduzirá ao longo do período de estiagem; a vazão captada em Bela Fama, que deve ser suficiente para abastecer a população ao longo do período de maior consumo e a vazão a ser complementada de forma a manter a produção do SRV e a vazão do rio das Velhas na estação de Raposos.

### Vazão Natural do Rio das Velhas

A vazão natural do Rio das Velhas na altura da estação de Raposos é calculada adicionando-se a vazão captada em Bela Fama (Copasa, 2025) à vazão registrada em Raposos (ANA, 2025) e subtraindo-se a vazão defluída pelo complexo Rio de Peixe. A partir desta vazão natural calculada, obtém-se os coeficientes de recessão para cada evento de estiagem supondo-se um ajuste exponencial (Tucci, 2013).

Figura 2 – Vazão natural calculada na estação de Raposos



Os coeficientes de recessão do Rio das Velhas na altura da estação de Raposos, foram calculados a partir da equação de Horton (Equação 1), citada por Wisler e Brater (1963).

$$Q = Q_0 e^{-cd^n} \quad (1)$$

Onde:

Q é a vazão calculada, em m³/s

$Q_0$  é a vazão de início da recessão, em  $m^3/s$

$c$  é um coeficiente a ser determinado em  $dia^{-1}$

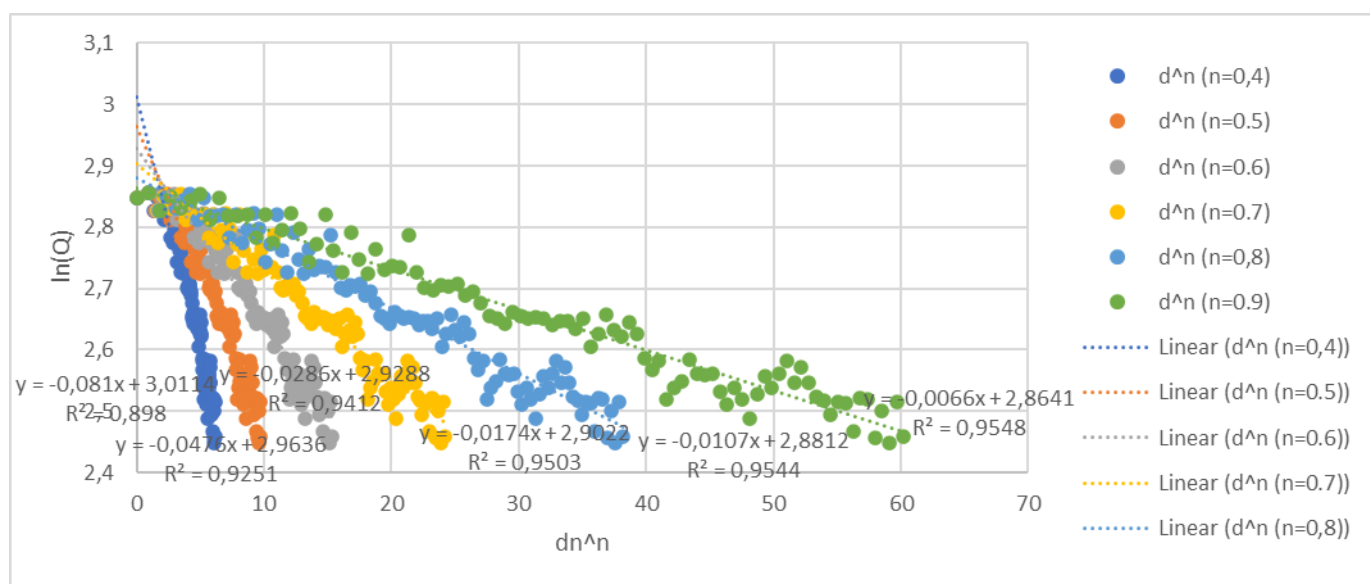
$n$  é um coeficiente exponencial a ser determinado

Os coeficientes  $c$  e  $n$  da equação de Horton foram calculados de acordo com a metodologia citada por Wisler e Brater (1963). Como primeiro passo desta metodologia, a equação 1 tem seus membros tomados de logaritmos naturais como mostrado na equação 2:

$$\ln(Q) = \ln(Q_0) - cd^n \quad (2)$$

Para a equação 2, são plotados os valores de  $\ln(Q)$  em função de  $d^n$  para vários valores de  $n$ , e escolhe-se como a curva de melhor ajuste aquela com o melhor ajuste de correlação linear (parâmetro  $R^2$ ), neste exemplo, foi escolhido o valor de 0,9 para o coeficiente  $n$ , que possui um parâmetro  $R^2$  de 0,9548, como mostrado na Figura 3.

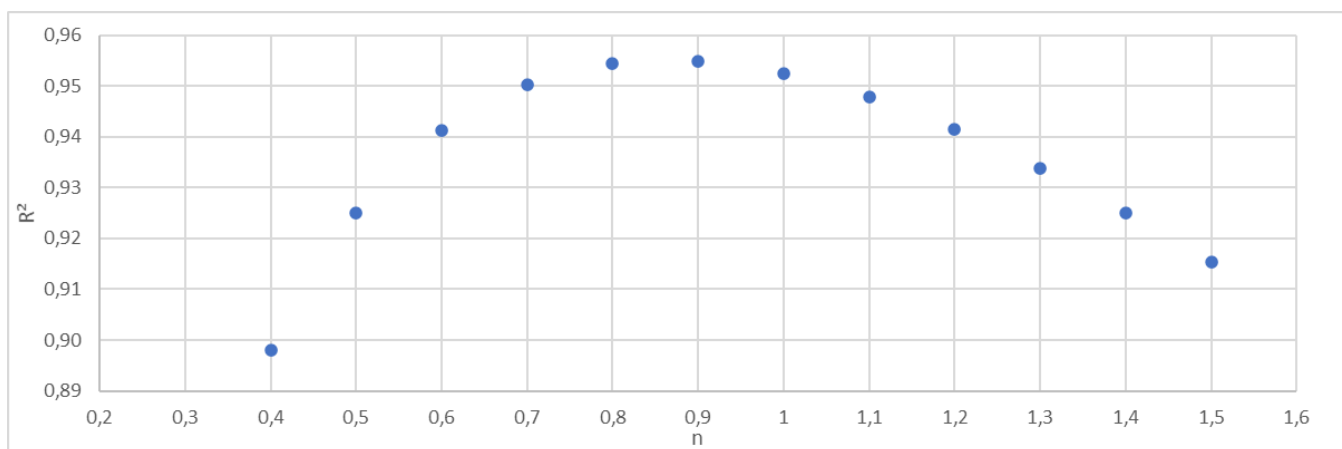
Figura 3 – Correlação entre  $\ln(Q)$  e  $d^n$  para o ano de 2024



O parâmetro  $c$  é calculado como o coeficiente angular do ajuste efetuado. No exemplo da Figura 3, o valor encontrado é de 0,0066. Um exemplo da variação do parâmetro  $R^2$  em função do coeficiente  $n$  é mostrado na Figura 4. Nela, observa-se que o maior valor de  $R^2$  é aquele que corresponde ao valor de  $n$  de 0,9, como suposto anteriormente.

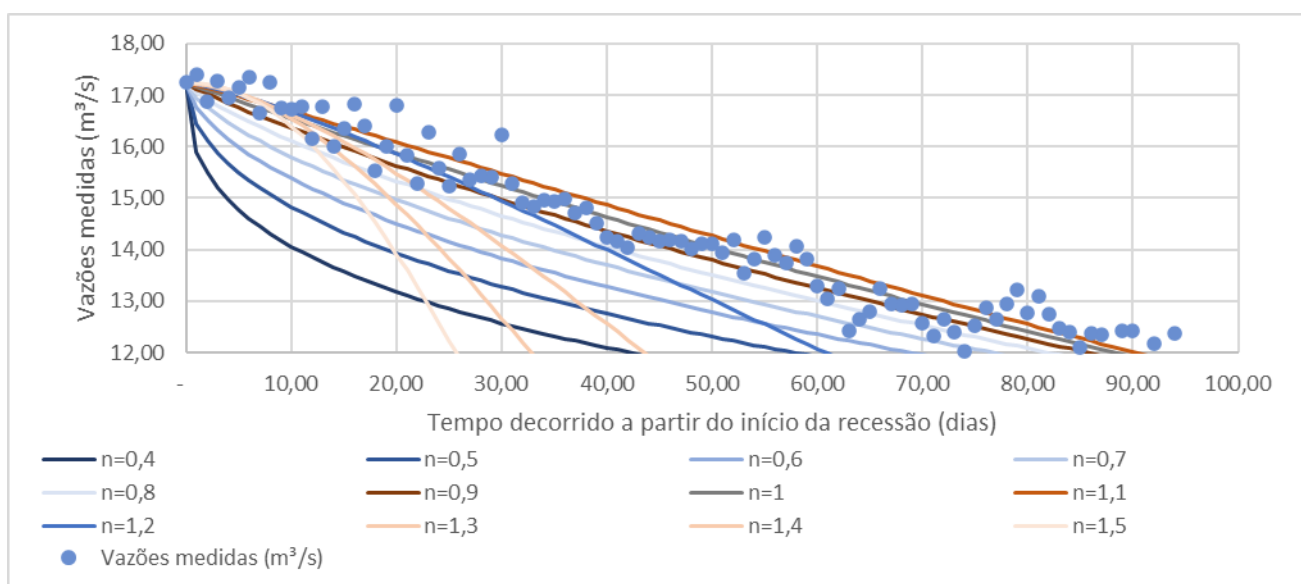


Figura 4 – Coeficiente de correlação linear  $R^2$  em função do parâmetro  $n$



Ao se comparar as vazões medidas e as calculadas para os coeficientes constantes na Figura 5, confirmamos que a vazão de recessão suposta para o coeficiente  $n = 0,9$  corresponde adequadamente aos valores medidos.

Figura 5 – Ajuste de coeficientes para a recessão de 2024



Assim como aqueles calculados para o ano de 2024, os coeficientes de ajuste da equação de recessão foram calculados para os anos de 2017 a 2024 e registrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Datas de início e coeficientes de recessão calculados

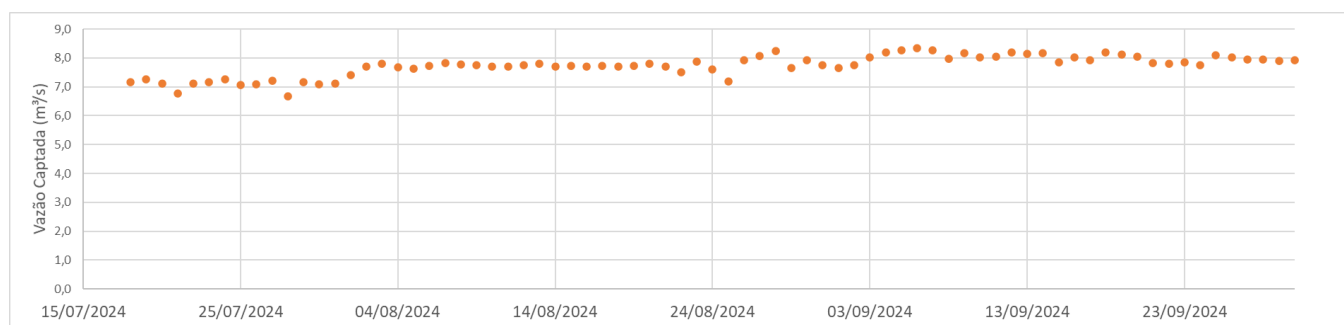
Ano	Data do início da recessão	c	n
2017	13/07/2017	-0,0099	0,8

Ano	Data do início da recessão	c	n
2018	24/05/2018	-0,0039	1
2019	22/07/2019	-0,0039	1
2020	09/05/2020	-0,0338	0,6
2021	18/06/2021	-0,0114	0,7
2022	01/06/2022	-0,0011	1,3
2023	13/05/2023	-0,0083	0,8
2024	18/05/2024	-0,0066	0,9

### Vazão captada em Bela Fama

A operação da captação de Bela Fama é suposta como a vazão captada no período de estiagem no ano de 2024, como indicado na Figura 6. Estas informações são disponibilizadas no sítio eletrônico da empresa de saneamento local (Copasa, 2025)

Figura 6 – Vazões Captadas em Bela Fama



### Modulações de vazões defluentes

As vazões defluentes consideradas possíveis são àquelas que se destacam das vazões normais registradas nas estações de PCH E Nova Jusante (41193000) e PCH Rio de Pedras Barramento (41140080). As modulações necessárias de defluência e as datas de suas implementações são mostradas na Tabela 3.

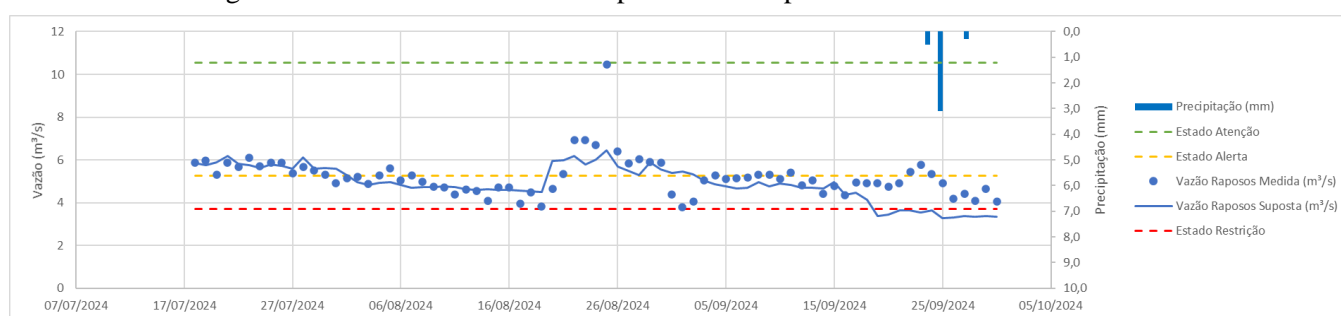
Tabela 3 – Datas de modulações de vazões complementares

Modulações	Q m³/s
05/08/2025	1,67
31/08/2025	2,87
24/09/2025	3,07
28/09/2025	3,2

## RESULTADOS

O resultado do trabalho é o ajuste de vazão calculada na estação de Raposos, em comparação com a vazão medida para o mesmo período. Estas informações são mostradas na Figura 7. Verifica-se que o melhor ajuste de vazões no período corresponde ao coeficiente de recessão observado no ano de 2023. Podemos notar que a vazão defluente suposta (linha azul) apenas difere significativamente da medida ao final do período de estiagem, em que as premissas de cálculo deixam de ser válidas.

Figura 7 – Vazões defluentes em raposos com o aporte dos usuários da bacia



## CONCLUSÕES

Conclui-se que, a partir das premissas apontadas, é possível estimar a vazão no rio das Velhas durante os períodos de estiagem, a exemplo da operação realizada no ano hidrológico de 2024. Por óbvio, se estima inicialmente o coeficiente de recessão por cenários até que os dados reais de vazão de recessão sejam registrados e um ajuste de curva do ano presente possa ser feito.

Convém destacar que diante das alterações observadas no regime de chuvas que tem refletido na redução da disponibilidade hídrica superficial no alto Velhas, a única maneira sustentável a curto e médio prazo para garantir o suprimento da demanda do Sistema rio das Velhas é regularização de vazão em quantidade adequada às necessidades da região metropolitana de Belo Horizonte.

## REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Hidro-Telemetria / Mapa, 2025. Sistema Hidro - Telemetria. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidrotelemetria/Mapa.aspx>. Acesso em: 15, mai. 2025.

COPASA. COPASA, 2025. Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Disponível em: [www.copasa.com.br](http://www.copasa.com.br). Acesso em: 15, mai. 2025.

TUCCI, C. E. M. (2013) *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 4a edição. Porto Alegre: Editora UFRGS, ABRH, 944 p.

WISLER, C. O.; BRATER, E. F. (1963) *Hydrology*. 2a edição. John Wiley & Sons, Nova Iorque, 408 p.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores expressam seus mais profundos agradecimentos ao comitê de usuários de Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e aos seus membros.