

ESTUDO HIDROLÓGICO PARA ESTIMATIVA DE CHUVA E VAZÃO NA BACIA DO RIO FARIA-TIMBÓ, RIO DE JANEIRO

*Monique de Faria Marins¹; Antonio de Aquino Luz Ribeiro²; Cora Furtado Lobao Pegurier³;
Blanche Laure Marie Delafon⁴; Thiago Dall Agnol Zidde⁵*

RESUMO – O presente trabalho apresenta o estudo hidrológico desenvolvido para a bacia do rio Faria-Timbó, no município do Rio de Janeiro, com o objetivo de subsidiar futuras análises hidráulicas voltadas à mitigação de inundações e alagamentos. A bacia caracteriza-se pelo elevado grau de urbanização, intensa impermeabilização do solo e baixa cobertura vegetal, fatores que contribuem para o aumento do escoamento superficial. Foram realizadas a delimitação da bacia e de suas sub-bacias, a determinação dos parâmetros fisiográficos e do tempo de concentração pelo método de George Ribeiro, além da caracterização do uso e ocupação do solo e da pedologia. Os dados pluviométricos foram obtidos na estação Piedade, da rede Alerta Rio, sendo elaboradas curvas IDF por meio da ferramenta GAM-IDF. As chuvas de projeto e vazões máximas foram estimadas para tempos de recorrência (TR) de 2, 10, 25, 50 e 100 anos, pelo método HUT-SCS/NRCS, utilizando o como apoio o software HIDRO-FLU.

Palavras-Chave – Hidrologia urbana; Inundações urbanas; Drenagem urbana

ABSTRACT– This study presents the hydrological analysis developed for the Faria-Timbó River watershed, located in the municipality of Rio de Janeiro, aiming to support future hydraulic studies focused on flood and urban inundation mitigation. The watershed is characterized by a high degree of urbanization, intense soil impermeabilization, and low vegetation cover, factors that contribute to increased surface runoff. The study included the delineation of the watershed and its sub-basins, the determination of physiographic parameters and concentration time using the George Ribeiro method, as well as the characterization of land use, land cover, and soil types. Rainfall data were obtained from the Piedade station, part of the Alerta Rio monitoring network, and IDF curves were developed using the GAM-IDF tool. Design storms and peak discharges were estimated for return periods of 2, 10, 25, 50, and 100 years using the HUT-SCS/NRCS method, supported by the HIDRO-FLU software.

Key-words – Urban hydrology; Urban flooding; Urban drainage

INTRODUÇÃO

A bacia do rio Faria-Timbó integra a bacia do Canal do Cunha e caracteriza-se como tipicamente urbana, apresentando elevado grau de urbanização e intensa impermeabilização do solo. Destacam-se ainda a canalização de trechos do rio, o lançamento de efluentes e resíduos sólidos, e a

1) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - PUC-Rio, mfmarrins@gmail.com

2) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - PUC-Rio, antoniodaquinio402@gmail.com

3) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - PUC-Rio, cora.pegurier@gmail.com

4) Centrale Lille & Centrale Supélec - Dominante Construction, Ville, Transport / Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - PUC-Rio, delafonblanche@gmail.com

5) Light COM - Rio de Janeiro, RJ, thiagozidde@gmail.com

produção de sedimentos, fatores que contribuem para o assoreamento da calha fluvial. Além disso, o curso d'água apresenta baixa declividade e sofre influência dos efeitos de maré devido à proximidade com a Baía de Guanabara (FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS, 2014).

Ao longo do século XX, a região passou por intensas transformações urbanas, especialmente após a criação do Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) e, posteriormente, com as intervenções promovidas pela SURSAN, responsáveis pela retificação e canalização do rio Faria-Timbó visando minimizar os problemas de inundações na década de 1950 (FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS, 2020).

Nesse contexto, os estudos hidrológicos desempenham papel fundamental no planejamento urbano, permitindo a estimativa de chuvas e vazões de projeto para diferentes tempos de recorrência, fornecendo subsídios técnicos para sistemas de drenagem e estudos de inundação (TUCCI, 2005).

O presente artigo tem como objetivo apresentar o estudo hidrológico desenvolvido para a bacia do rio Faria-Timbó, localizada no município do Rio de Janeiro. O estudo busca subsidiar futuras análises hidráulicas do curso d'água e do sistema de drenagem local, com vistas à proposição de soluções para mitigação das inundações e alagamentos recorrentes na região.

O trabalho foi elaborado no contexto da disciplina Projeto VI – Aproveitamento de recursos Hídricos, do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), em articulação com um projeto de extensão realizado em parceria com a Fundação Rio-Águas, órgão responsável pela gestão das águas pluviais e pelo controle de inundações no município do Rio de Janeiro.

MÉTODOS

A **delimitação da bacia hidrográfica**, apresentada na Figura 1, foi feita com base em curvas de nível e hidrografia, na escala 1:25.000, disponibilizados pela Prefeitura do Rio de Janeiro, na plataforma de dados abertos DATA.RIO (DATA.RIO, 2016). Para a delimitação tanto da bacia do rio Faria-Timbó, como para as sub-bacias dos rios Faria e Timbó, utilizou-se o software de geoprocessamento QGIS.

Para a realização dos estudos hidrológicos, foi estimado o **tempo de concentração (t_c)**, parâmetro relevante para a análise do comportamento hidrológico da região, pois, a partir dele, é possível compreender o tempo necessário para que toda a água precipitada sobre a bacia chegue ao exutório.

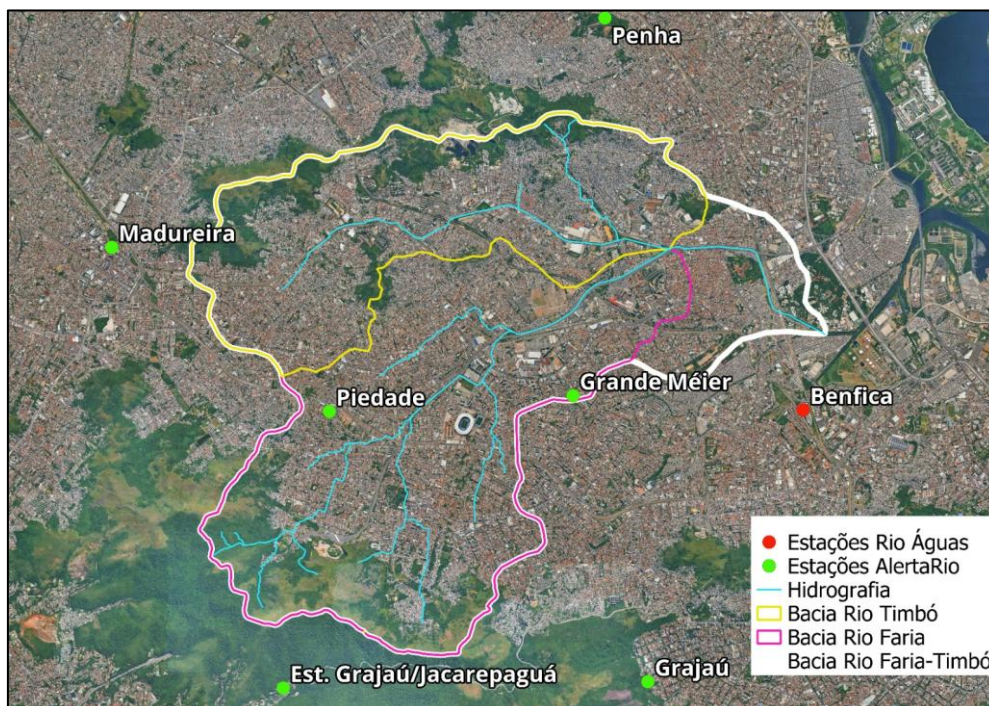


Figura 1 – Delimitação da bacia hidrográfica do rio Faria-Timbó e das sub-bacias dos rios Faria e Timbó, com representação da rede hidrográfica e localização das estações da Fundação Rio-Águas e do Sistema Alerta Rio.

Para o cálculo do t_c , foi adotada a fórmula de George Ribeiro descrita a seguir, conforme recomendado na “Instrução Técnica para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico” (FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS, 2019).

$$t_c = \frac{16.L}{(1,05 - 0,2.p).(100.S)^{0,04}} \quad (1)$$

Onde: t_c = tempo de concentração (min); L = comprimento do talvegue principal (km); p = percentual de cobertura vegetal da bacia (decimal); S = declividade média do talvegue (m/m).

A **declividade** do curso d’água principal (S) de uma bacia hidrográfica está diretamente relacionada ao relevo associado à calha do rio. Possui grande relevância, uma vez que a velocidade do escoamento está intimamente associada à inclinação da calha fluvial: quanto maior a declividade, maior tende a ser a velocidade do escoamento (BARBOSA, 2015). Existem diferentes métodos para a determinação da declividade de um curso d’água. Neste estudo, foram adotadas duas abordagens (UFES, 2011):

1) Declividade baseada nos extremos (S_1): É obtida pela razão entre a diferença total de elevação do leito (ΔH) e a extensão horizontal (L) do curso d’água entre os pontos inicial e final. A declividade S_1 é expressa por:

$$S_1 = \Delta H / L \quad (2)$$

Onde: S_1 = declividade média (m/m); ΔH = desnível (m); L = extensão total (m)

2) Declividade ponderada (S₂): Trata-se de uma estimativa mais representativa da declividade média do curso d'água. Consiste em determinar uma linha de declividade constante no gráfico do perfil longitudinal, de modo que a área compreendida entre essa linha e o eixo das abscissas seja equivalente à área delimitada pela curva real do perfil do rio e o mesmo eixo. Assim, a declividade S₂ corresponde à declividade média baseada na área sob a curva do perfil longitudinal do canal, podendo ser calculada por:

$$S_2 = (2 \cdot A_p) / L^2 \quad (3)$$

Onde: S₂ = declividade média ponderada (m/m); A_p = área sob a curva do perfil longitudinal do curso d'água (m²) e L = comprimento horizontal do curso d'água (m).

A determinação da área sob o perfil foi realizada por métodos gráficos. O comprimento do curso d'água, o perfil e a declividade foram calculados com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento, como o QGIS, e de desenho, como o AutoCAD, utilizando o modelo digital de terreno (MDT) com resolução espacial de 1 m × 1 m, disponibilizado pela Fundação Rio-Águas.

A **porcentagem de cobertura vegetada**, a ser aplicada na fórmula do George Ribeiro, foi estimado com o auxílio do QGIS, utilizando os dados referentes ao mapeamento e uso do solo da cidade do Rio de Janeiro relativos ao ano de 2019, disponibilizados em DATA.RIO (2016). Através do recorte desse mapeamento, tanto para a totalidade da bacia (Faria-Timbó), quanto para as sub bacias (Faria e Timbó), foram agrupados os usos do solo, conseguindo assim os seus valores de áreas e porcentagens. Os usos foram categorizados como área urbanizada ou não urbanizada, sendo a porcentagem de cobertura vegetal da bacia obtida pela soma das áreas não urbanizadas.

O **levantamento dos dados pluviométricos** da região foi realizado por meio de consultas ao Sistema Alerta Rio, da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (ALERTA RIO, 2016). A plataforma disponibiliza informações referentes às estações meteorológicas, das quais foram obtidas as coordenadas geográficas utilizadas na elaboração de um shapefile de localização no software QGIS. Posteriormente, foi realizada a sobreposição espacial entre os postos pluviométricos e a bacia hidrográfica do rio Faria-Timbó, com o objetivo de selecionar a estação mais representativa para a região, considerando sua localização e a adequação da série histórica de dados de precipitação.

As **equações de intensidade-duração-frequência (IDF)**, possibilitam a criação de uma chuva de projeto, determinando a intensidade (I) de um evento dados seu Tempo de Recorrência (TR) e sua duração (t). Tal equação estrutura-se da seguinte forma:

$$I = \frac{K \cdot TR^a}{(t + b)^c} \quad (4)$$

Onde: I = intensidade pluviométrica (mm/h); TR = tempo de recorrência (anos); t = duração da precipitação (min); K, a b e c = parâmetros representativos de cada posto.

Para a obtenção dos parâmetros K , a , b e c da equação IDF, o presente estudo utilizou a ferramenta *Genetic Algorithm Methodology for IDF* (GAM-IDF), desenvolvida por SILVEIRA (2020) no âmbito do Grupo de Pesquisa em Hidrologia e Modelagem Hidrológica em Bacias Hidrográficas da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). A ferramenta realiza o ajuste estatístico entre a série de precipitações máximas diárias anuais e uma função de densidade de probabilidade, selecionando a distribuição que melhor representa os dados observados. Como dado de entrada, foi inserida a série histórica de precipitação máxima diária anual do posto pluviométrico selecionado.

As análises hidrológicas foram realizadas considerando **tempos de recorrência** de 2, 10, 25, 50 e 100 anos, adotados para avaliação da resposta hidrológica da bacia.

As intensidades de chuva determinadas na etapa anterior possibilitam a estimativa da **chuva de projeto** e a elaboração do respectivo **hietograma**, considerando a duração definida com base no t_c da bacia e os TRs adotados para o projeto. Para essa etapa, foi utilizado o software HIDRO-FLU, desenvolvido pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que reúne diversas ferramentas voltadas à automatização de procedimentos e cálculos hidrológicos.

O próximo passo, após a estimativa das chuvas, consiste no cálculo das **vazões** e dos **hidrogramas de projeto**. De acordo com a Instrução Técnica da Rio-Águas (FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS, 2019), a metodologia de cálculo hidrológico para determinação das vazões de projeto deve ser definida em função da área das bacias hidrográficas, conforme os seguintes critérios:

- Método Racional Modificado para bacias com área $\leq 1 \text{ km}^2$;
- Método HUT-SCS, do U.S. Soil Conservation Service (SCS), atualmente denominado NRCS, para bacias com área $> 1 \text{ km}^2$.

No presente estudo, utilizou-se o método HUT-SCS/ NRCS para a obtenção das vazões de pico da bacia. O método baseia-se na geração de hidrogramas unitários a partir da chuva excedente calculada pelo parâmetro Curve Number (CN), resultando, por convolução, no hidrograma final de cheia, cujo pico corresponde à vazão de projeto. Para a determinação do **Curve Number (CN)**, tornou-se necessário conhecer as características de uso e ocupação do solo, bem como a pedologia da bacia hidrográfica. O mapeamento de uso e ocupação do solo foi realizado a partir do shapefile “Cobertura Vegetal e Uso da Terra 2018”, disponibilizado em DATA.RIO (2019), sendo posteriormente efetuado o recorte correspondente às áreas das bacias. Já as informações pedológicas foram obtidas por meio do mapeamento disponibilizado pelo IBGE, para o ano de 2025, do qual também foi realizado o recorte para a área de estudo (IBGE, 2026). Para cada classe de uso identificada, associou-se os valores de CN disponíveis em TUCCI (1993), possibilitando assim a obtenção do CN ponderado para cada classe de uso. Quanto aos grupos hidrológicos, as áreas

previamente classificadas como urbanas foram enquadradas diretamente no grupo hidrológico D, para as demais áreas, o enquadramento considerou o tipo de solo existente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A **bacia hidrográfica** do rio Faria-Timbó, delimitada até sua foz, bem como as sub-bacias dos rios Faria e Timbó, foram definidas conforme a metodologia apresentada anteriormente, resultando em áreas de drenagem de 35,64 km² para a bacia do Faria-Timbó, 19,21 km² para a sub-bacia do rio Faria e 13,11 km² para a sub-bacia do rio Timbó, conforme ilustrado na Figura 1 e apresentado na Tabela 2, ao final deste capítulo.

Os **tempos de concentração** (t_c) obtidos pelo método de George Ribeiro foram de 160,89 minutos para a bacia do rio Faria-Timbó, 136,93 minutos para a sub-bacia do rio Faria e 96,55 minutos para a sub-bacia do rio Timbó. Observa-se que a bacia do Faria-Timbó apresentou o maior t_c , em função de sua maior área de drenagem e extensão do curso d'água principal, enquanto a sub-bacia do rio Timbó apresentou o menor valor entre as áreas analisadas. Além disso, embora a bacia apresente elevado grau de urbanização, predominam baixas declividades ao longo da maior parte do curso d'água, sendo apenas a região de cabeceira caracterizada por um trecho mais íngreme. Como a declividade exerce forte influência na equação de George Ribeiro, a adoção da declividade média ponderada (S_2), considerada mais representativa do perfil longitudinal do rio, também contribuiu para a obtenção de um maior tempo de concentração.

Como mencionado, para o cálculo do t_c , adotou-se a **declividade média** ponderada (S_2), por entender-se que essa representa de forma mais adequada o perfil longitudinal do rio. A declividade baseada nos extremos S_1 apresentou valores significativamente superiores, o que resultaria em menores tempos de concentração, influenciando diretamente na estimativa da chuva de projeto e, consequentemente, das vazões calculadas. Ressalta-se que esse método tende a superestimar a declividade média do rio e, consequentemente, o pico de cheia, especialmente em cursos d'água com múltiplas quedas ou variações acentuadas de relevo. Os parâmetros fisiográficos utilizados nos cálculos, como comprimento do talvegue e declividade média, estão apresentados na Tabela 2.

A análise de **uso e cobertura do solo** da bacia do rio Faria-Timbó e sub-bacias, permitiu a obtenção das porcentagens correspondentes a cada classe de ocupação, a partir do somatório das áreas por grupo e tipo de uso do solo. Para a bacia do rio Faria-Timbó, observou-se predominância de áreas residenciais, que representam 58,99% da área total da bacia, evidenciando o elevado grau de urbanização da região. Em seguida, destacam-se as áreas classificadas como favela, correspondendo a 10,68%, e as áreas de cobertura gramíneo-lenhosa, com 7,95% da área total. Esses resultados

demonstram o predomínio de superfícies urbanizadas e impermeabilizadas, fator que influencia diretamente o comportamento hidrológico da bacia e o aumento do escoamento superficial.

Em relação ao **percentual de cobertura vegetal**, a bacia do rio Faria apresentou o maior percentual entre as áreas analisadas, com 19,93% de cobertura. Já a bacia do rio Faria-Timbó apresentou 16,25%, enquanto a sub-bacia do rio Timbó apresentou o menor valor, correspondente a 14,43%. Os resultados evidenciam a predominância de áreas urbanizadas nas três bacias, com reduzida presença de cobertura vegetal, característica típica de bacias urbanas.

Quanto à seleção do **posto pluviométrico** mais representativo para a área de estudo, foi escolhido o posto Piedade. Esse posto encontra-se localizado em posição central adequada para representar as características pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Faria-Timbó, conforme apresentado na Figura 1. O posto Piedade encontra-se em operação desde 1997, possuindo registros pluviométricos disponíveis até dezembro de 2025, com dados coletados em intervalos de 15 minutos, constituindo, portanto, uma base de dados consistente e adequada.

Também foram consultados dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Entretanto, não foram identificados postos com séries históricas disponíveis dentro da área de interesse. Além disso, optou-se por não utilizar as equações de chuva intensa disponibilizadas pela Fundação Rio-Águas, uma vez que estas foram elaboradas com base em séries históricas mais antigas. Ressalta-se ainda que o posto Benfica, que aparece na Figura 1 como próximo à área de estudo, não foi considerado no estudo, pois foi descontinuado pela Fundação Rio-Águas no âmbito da revisão da Instrução Técnica vigente.

Com base na série histórica do posto Piedade, foram selecionadas as **precipitações máximas diárias anuais**, resultando em uma série com 29 anos de dados. Os valores de precipitação máxima diária anual do posto Piedade, referentes ao período de 1997 a 2025, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Precipitações máximas diárias anuais do Posto Piedade

Ano	P max (mm)	Ano	P max (mm)	Ano	P max (mm)
1997	47,0	2007	84,2	2017	34,4
1998	147,0	2008	62,0	2018	114,4
1999	79,1	2009	91,6	2019	85,2
2000	58,9	2010	126,0	2020	67,2
2001	83,2	2011	47,4	2021	100,0
2002	48,6	2012	54,0	2022	113,8
2003	91,4	2013	148,0	2023	66,6
2004	10,2	2014	84,6	2024	55,8
2005	75,8	2015	44,6	2025	60,0
2006	74,8	2016	68,0		

A partir da série de precipitações máximas diárias anuais do posto Piedade, foram obtidas, por meio do modelo GAM-IDF, a curva e a equação de chuva intensa da região, bem como as respectivas constantes locais da **equação IDF**, apresentadas na Equação 5.

$$I = \frac{688,620 \cdot TR^{0,197}}{(t + 9,233)^{0,707}} \quad (5)$$

Onde: I = intensidade pluviométrica (mm/h); TR = tempo de recorrência (anos); t = duração da precipitação (min); K , a e c = parâmetros representativos de cada posto.

Com base nos tempos de recorrência adotados e na duração da chuva, estimada com base no t_c , foram obtidas as intensidades da chuva e as chuvas de projetos, apresentadas na Tabela 2.

A **caracterização pedológica** resultou na identificação de três tipos principais de solos: Latossolo Vermelho-Amarelo, enquadrado no Grupo Hidrológico A; Argissolo Vermelho-Amarelo, pertencente ao Grupo Hidrológico B; e áreas urbanas, classificadas no Grupo Hidrológico D. Esses grupos hidrológicos foram utilizados na determinação dos **valores de CN**, que foram de 86,86 para a bacia do rio Faria-Timbó, 85,61 para a sub-bacia do rio Faria e 88,07 para a sub-bacia do rio Timbó, conforme Tabela 2. Os resultados indicam baixa capacidade de infiltração, o que já era esperado, considerando que a análise de uso e ocupação do solo evidenciou a predominância de áreas urbanizadas e impermeabilizadas na bacia hidrográfica (em torno de 80%).

Por fim, os resultados das intensidades, chuvas de projeto e vazões de pico foram obtidos para os tempos de recorrência de 2, 10, 25, 50 e 100 anos, conforme apresentado na Tabela 2. Os hietogramas e hidrogramas gerados para as sub-bacias dos rios Faria e Timbó, bem como para a bacia do rio Faria-Timbó, considerando o TR de 25 anos, estão apresentados nas figuras a seguir.

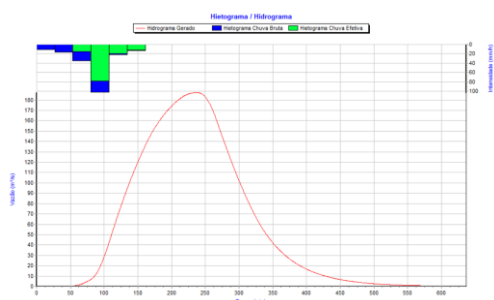


Figura 2 - Hietograma e hidrograma referentes à bacia do rio Faria-Timbó (TR = 25anos)

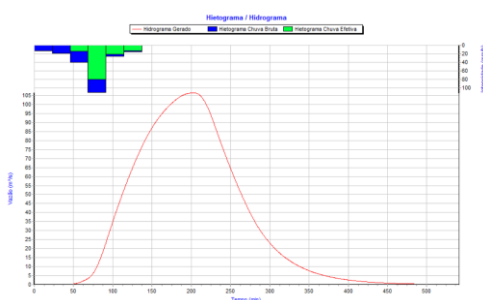


Figura 3 - Hietograma e hidrograma referentes à bacia do rio Faria (TR = 25anos)

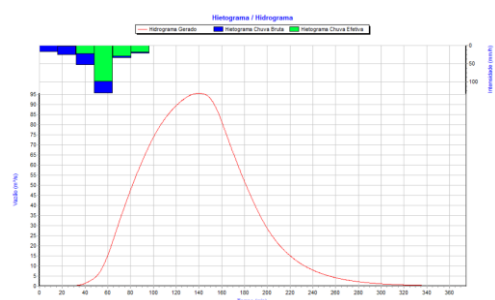


Figura 4 - Hietograma e hidrograma referentes à bacia do rio Timbó (TR = 25anos)

Observação: Os valores de vazão apresentados foram calculados sem o uso da opção “amortecimento superficial das vazões” do HIDRO-FLU. Essa opção foi selecionada apenas para gerar os gráficos.

Tabela 2 – Resultados dos parâmetros hidrológicos das bacias dos rios Faria, Timbó e Faria-Timbó, para os períodos de retorno de 2, 10, 25, 50 e 100 anos

Parâmetros	Bacia do Rio Faria	Bacia do Rio Timbó	Bacia do Rio Faria-Timbó
Área de drenagem (Km²)	19,21	13,11	35,64
Perímetro (km)	22,72	19,64	30,55
Comprimento do curso d'água principal (km)	8,55	5,98	10,02
Declividade Média Extremos S1 (m/m)	0,02900	0,00474	0,02460
Declividade Média Ponderada S2 (m/m)	0,00770	0,00474	0,00593
Coefficiente de cobertura vegetal da bacia (p)	0,1993	0,1443	0,1625
Coefficiente Curve Number	85,61	88,07	86,86
Tempo de concentração (min)	136,93	96,55	160,89
Tempo de concentração (h)	2,28	1,61	2,68
Precipitação (mm) TR 2	53,1	47,1	56,0
Intensidade (mm/h) TR 2	23,29	29,25	20,90
Vazão TR 2 (m³/s)	53,222	49,045	97,574
Precipitação (mm) TR 10	72,9	64,6	76,9
Intensidade (mm/h) TR 10	31,97	40,12	28,69
Vazão TR 10 (m³/s)	90,493	81,824	161,368
Precipitação (mm) TR 25	87,3	77,4	92,2
Intensidade (mm/h) TR 25	38,29	48,07	34,40
Vazão TR 25 (m³/s)	119,654	107,239	210,651
Precipitação (mm) TR 50	100,1	88,7	105,7
Intensidade (mm/h) TR 50	43,90	55,09	39,44
Vazão TR 50 (m³/s)	146,038	130,326	255,290
Precipitação (mm) TR 100	114,8	101,7	121,1
Intensidade (mm/h) TR 100	50,35	63,17	45,19
Vazão TR 100 (m³/s)	177,283	157,423	307,146

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos confirmam as características urbanas da bacia do rio Faria-Timbó, marcada pela intensa impermeabilização do solo e baixa cobertura vegetal. Os valores de CN evidenciam uma região com baixa capacidade de infiltração, na qual grande parte da precipitação se transforma em escoamento superficial. Os hidrogramas e hietogramas obtidos reforçam esse comportamento, apresentando elevados valores de vazão que, associados aos aspectos de urbanização e drenagem, indicam alta suscetibilidade da região em relação às inundações e aos alagamentos.

O presente estudo representa uma etapa fundamental para o desenvolvimento das análises hidráulicas da bacia, atualmente em fase de elaboração por meio de modelagem computacional no software HEC-RAS 2D. Espera-se que os resultados contribuam para a proposição de medidas voltadas à mitigação dos impactos das inundações sobre a população local, especialmente na região estudada, que apresenta alta vulnerabilidade a esses eventos.

Destaca-se a relevância acadêmica e social do trabalho, desenvolvido em parceria entre a PUC-Rio e a Fundação Rio-Águas. A participação dos alunos em um projeto aplicado tem proporcionado importante experiência prática, promovendo a integração entre universidade, poder público e sociedade. Ressalta-se, ainda, que estudos dessa natureza envolvem desafios significativos, como limitações de dados hidrológicos, compatibilização de diferentes bases cartográficas e o domínio de múltiplas ferramentas computacionais, como QGIS, AutoCAD, HIDRO-FLU e HEC-RAS 2D.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à PUC-Rio pelo apoio e recursos disponibilizados durante a realização deste estudo. E à Fundação Rio-Águas pela colaboração e pelos dados fornecidos, que enriqueceram significativamente a pesquisa e contribuíram para o desenvolvimento deste estudo.

REFERÊNCIAS

- ALERTA RIO. *Sistema de Alerta de Chuvas da Prefeitura do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.sistema-alerta-rio.com.br/>. Acesso em 20/03/2026.
- BARBOSA, A. R. 2015. Apostila de Hidrologia Aplicada – Bacia Hidrográfica. UFOP. Disponível em: https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17403/material/Cap2%20-%20Bacia%20Hidrografica_UFOP.pdf. Acesso em 06/04/2026.
- DATA.RIO. *Portal de Dados Abertos da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Instituto Pereira Passos. Disponível em: <https://www.data.rio/>. Acesso em 20/03/2026.
- FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS. *Relatório Síntese – PDMap*. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/8940582/4249724/RA0027.RA.3775_RELATORIOSINTESEPDM_AP.pdf. Acesso em 20/03/2026.
- FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS. *Instrução Técnica para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico*. Revisão 1. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/8940582/4244719/InstrucaoTecnicaREVISA01.pdf>. Acesso em 15/03/2026.
- FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS. *Rios de Janeiro. Um manual dos rios, canais e corpos hídricos da cidade do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/12762726/4321903/Arte_Livro_Rios_do_Rio_28x28CM_Fechado_Final_Atualizado_Abr_2021_final.pdf. Acesso em 13/05/2026.
- IBGE. *Pedologia*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/pedologia/10871-pedologia.html>. Acesso em 06/04/2026.
- SILVEIRA, J. P. M. *et al Genetic Algorithm Methodology for I-D-F: GAM-IDF*. Grupo de Pesquisa em Hidrologia e Modelagem Hidrológica em Bacias Hidrográficas. Pelotas, 2020. Disponível em: <https://gphidro.shinyapps.io/gam-idf/>. Acesso em 30/04/2026.
- TUCCI, Carlos E. M. *Gestão de Águas Pluviais Urbanas*. Porto Alegre: ABRH, 2005. Capítulo 2. Disponível em: <https://dlwqtxts1xzle7.cloudfront.net/33435134/GestaoAguasPluviaisUrbanas-libre.pdf>. Acesso em 13/05/2026.
- TUCCI, Carlos E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 1993.
- UFES. *Hidrologia: Apostila – Capítulo 3*. Vitória. 2011. UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. Disponível em: <https://ecivilufes.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/04/hidrologia-apostila-cap-3.pdf>. Acesso em 13/05/2026.