

CONDOMÍNIO OLIVEIRA

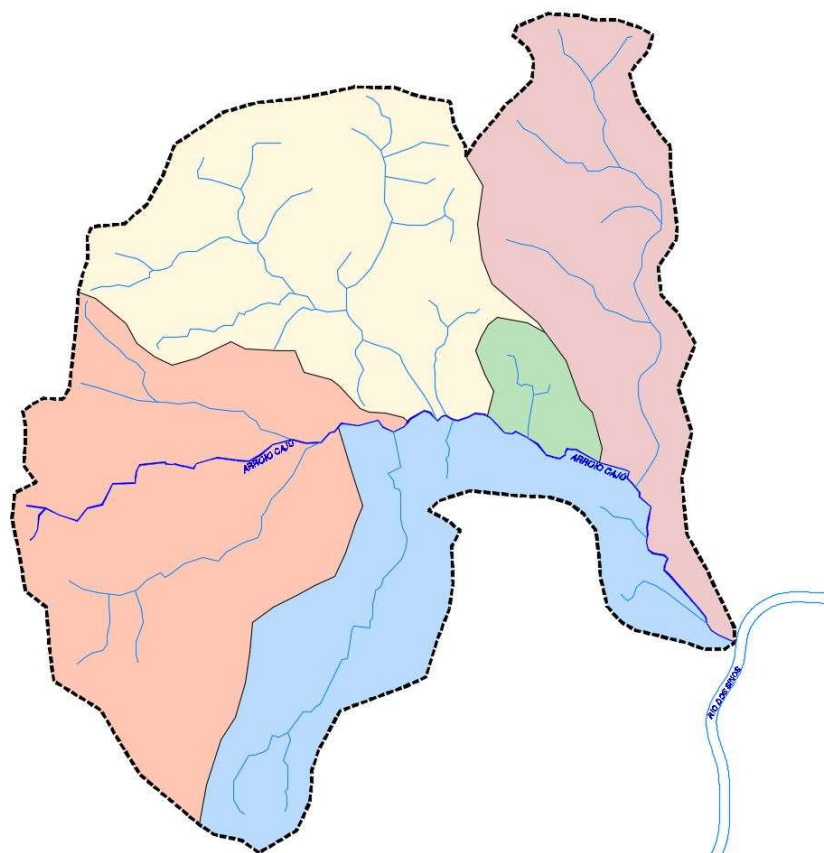
Av. Nova Santa Rita, s/n, Nova Santa Rita - RS



ÁBACO INCORPORAÇÕES IMOBILIÁRIAS LTDA

ESTUDO DE MACRODRENAGEM DO ARROIO CAJÚ

REVISÃO 01



Porto Alegre, janeiro de 2024

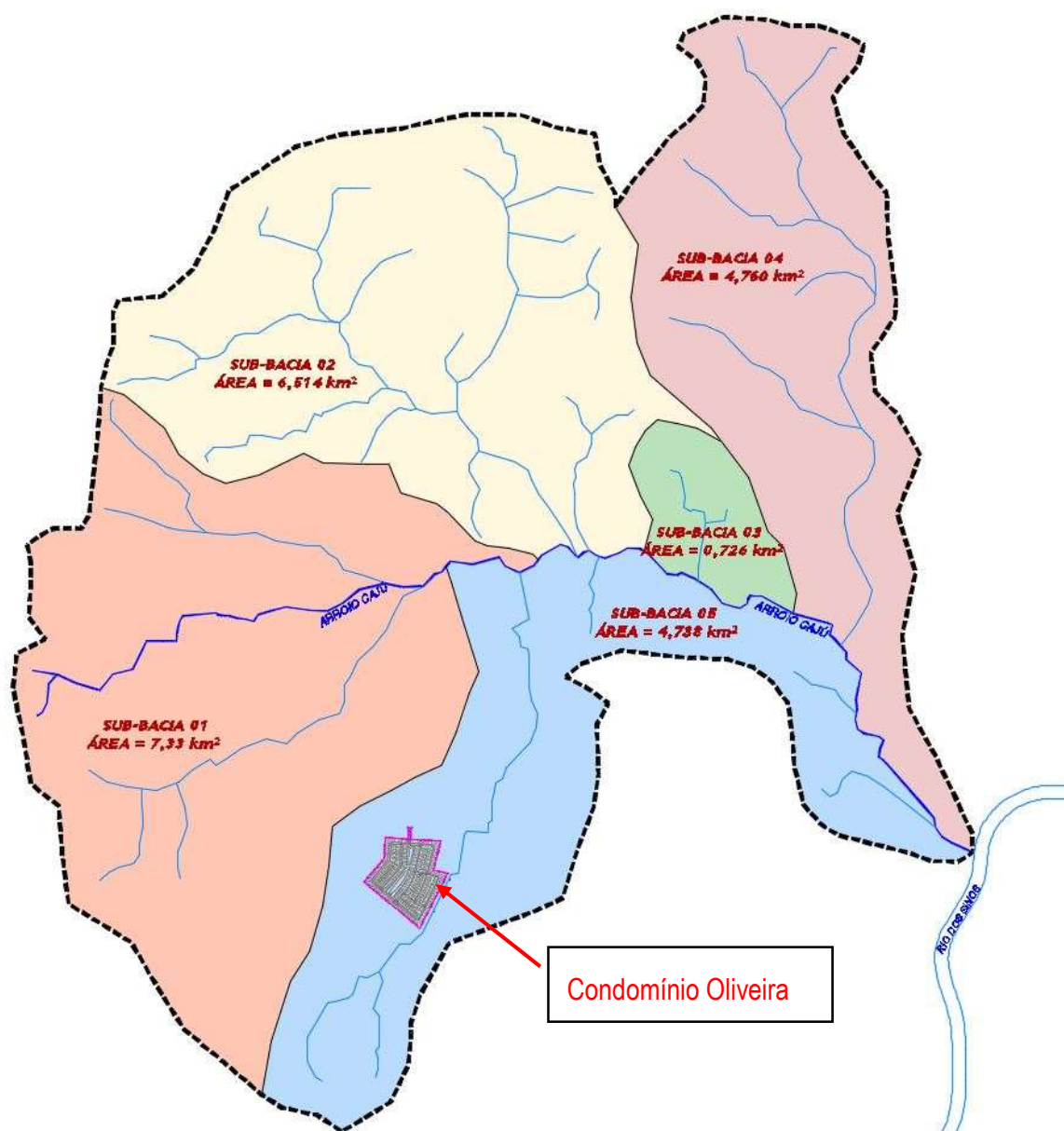
ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Orientações Normativas para o Projeto	4
1.2	Referências Bibliográficas de Apoio	4
2	ESTUDO HIDROLÓGICO.....	5
2.1	Delimitação da Bacia Hidrográfica de Contribuição	5
2.2	Parâmetros, Condições de Contorno e Dimensionamento Hidrológico das Sub-Bacias Hidrológicas do Arroio Cajú.....	6
2.2.1	Tempo de concentração	6
2.2.2	Intensidade máxima de chuva	7
2.2.3	Hidrograma e hietograma de projeto	7
2.3	Resultados das Simulações Hidrológicas das Sub-bacias do Arroio Cajú	9
2.3.1	SUB-BACIA 01.....	9
2.3.2	SUB-BACIA 02.....	13
2.3.3	SUB-BACIA 03.....	16
2.3.4	SUB-BACIA 04.....	20
2.3.5	SUB-BACIA 05.....	23
2.3.6	QUADRO RESUMO	27
3	ESTUDO HIDRÁULICO DO ARROIO CAJÚ.....	27
3.1	Regime de Escoamento e Formulação Matemática	29
3.1.1	Regime de Escoamento.....	29
3.1.2	Simulação Hidrodinâmica e Formulação Matemática	30
3.2	Seções de Escoamento Projetadas	30
3.3	Lâmina Máxima d'água Atingida pelo Arroio – TR 25 Anos	32
3.4	Dimensionamento das Galerias Existentes	41
3.4.1	Equação da Capacidade da Canalização	41
3.4.2	Equação da Velocidade de Escoamento da Canalização.....	43
3.4.3	Resultados do Dimensionamento	43
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
5	ANEXOS	45

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo tem por objetivo determinar e dimensionar os parâmetros hidrológicos e hidráulicos (macrodrenagem) da bacia hidrográfica do Arroio Caju, localizado no município de Nova Santa Rita, com área tributária total de 24,068 km² subdividido em 05 sub-bacias principais, conforme elucidado na Figura 01 abaixo:

Figura 01: Bacia Hidrográfica do Arroio Caju



Fonte: AutoCAD Civil 3D® (2023).

O referido arroio drena boa parte das precipitações ocorrentes no município de Nova Santa Rita que vão desde o centro urbano até a zona norte rural da cidade, atuando como afluente (sub-bacia) do Rio dos Sinos.

O presente estudo é parte da contrapartida estabelecida entre a empresa Ábaco Incorporações Imobiliárias Ltda e a Prefeitura Municipal de Nova Santa Rita para implantação do Condomínio Oliveira, situado na Estrada Santa Rita ao Caju, que está inserido na sub-bacia 05 afluente do arroio principal conforme indicado na Figura 01 acima.

O ponto de descarte do emissário pluvial e efluente da ETE do condomínio no referido córrego será na estaca 5+810 com as seguintes coordenadas geográficas decimais: LATITUDE: -29.846594° e LONGITUDE: -51.262403°:

Especificamente, o estudo tratará de atender ao “*TERMO DE REFERÊNCIA PARA OS ESTUDOS NECESSÁRIOS A SEREM APRESENTADOS QUANTO AO ARROIO CONTRIBUINTE DA SUB-BACIA DO ARROIO CAJU*” emitido pela Prefeitura Municipal de Nova Santa Rita / RS.

1.1 Orientações Normativas para o Projeto

As normas orientativas para o presente projeto são as seguintes:

- Plano diretor de drenagem urbana (PDDrU). Sistema de proteção contra enchentes. DEP/PMPA/IPH/UFRGS. Porto Alegre, 2002;
- Caderno de encargos do Departamento de Esgotos Pluviais – DEP. Decreto 14.786 de 30 de dezembro de 2004. Porto Alegre: PMPA, 2005;

1.2 Referências Bibliográficas de Apoio

As bibliografias consultadas para o presente projeto foram as seguintes:

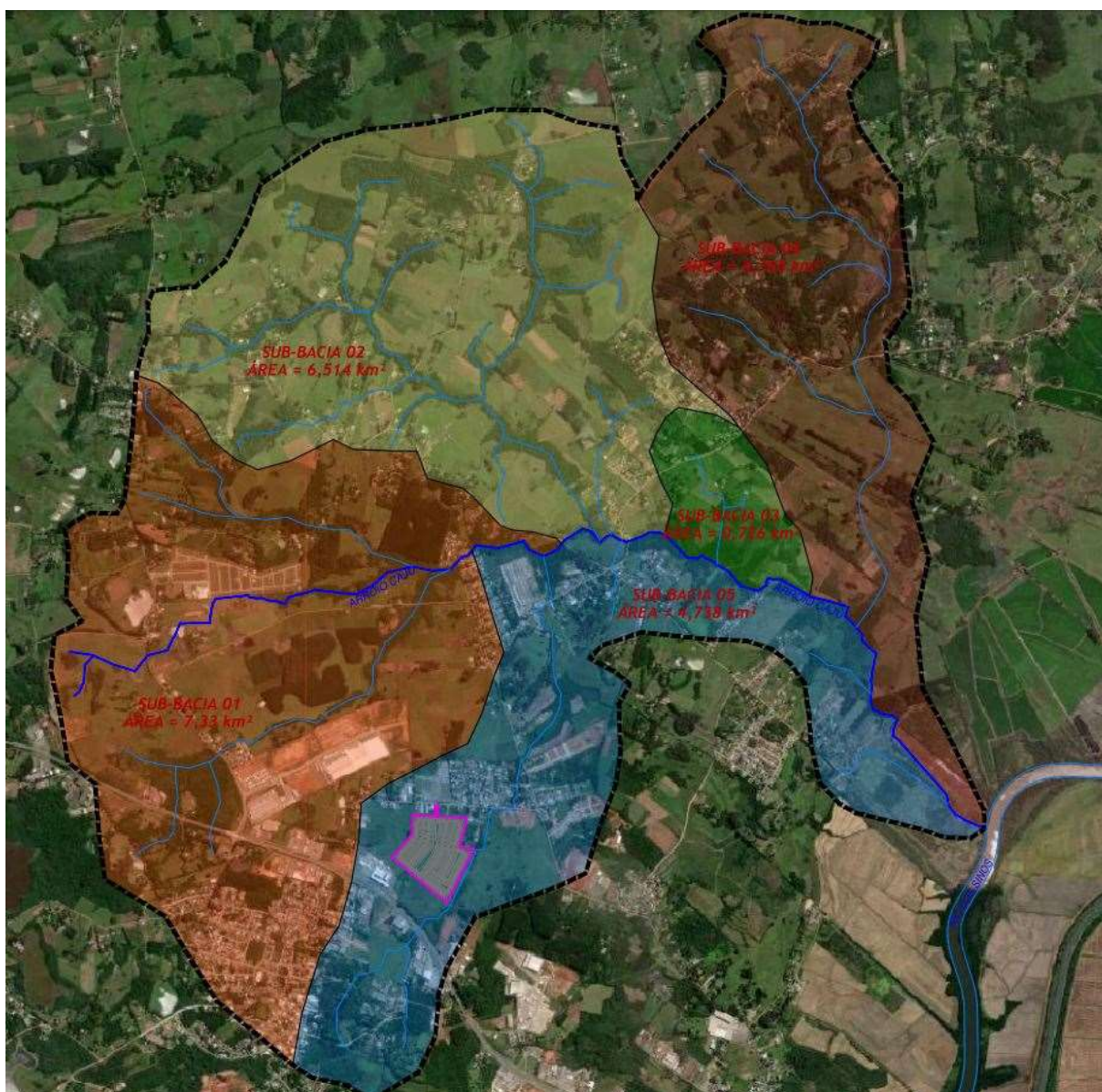
- TUCCI, C.E.M. et al. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre, UFRGS, 2009;
- USACE – U. S. Army Corps of Engineers. HEC-HMS: Hydrologic Modeling System User's Manual. Version 4.3, USA, 2018.
- USACE – U. S. Army Corps of Engineers. HEC-RAS: River Analysis System. Hydraulic Reference Manual. Version 5.0, USA, 2016.

2 ESTUDO HIDROLÓGICO

2.1 Delimitação da Bacia Hidrográfica de Contribuição

A delimitação da bacia hidrográfica de contribuição do Arroio Cajú, objeto do estudo, foi feita com os dados de geoprocessamento disponíveis no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey*). De posse dessas informações, importou-se as curvas de níveis do município de Nova Santa Rita que permitiram a delimitação da bacia hidrográfica de contribuição do córrego no seu trecho de montante e de jusante (trecho estudado), conforme a Figura 02 abaixo:

Figura 02: Bacia Hidrográfica de Contribuição do Arroio Cajú



Fonte: Google Earth (2020).

A bacia tributária total do Arroio Cajú possui 24,068 km² subdivididas em 05 sub-bacias, sendo elas:

- ➔ Sub-bacia 01: 7,330 km²;
- ➔ Sub-bacia 02: 6,514 km²;
- ➔ Sub-bacia 03: 0,726 km²;
- ➔ Sub-bacia 04: 4,760 km²;
- ➔ Sub-bacia 05: 4,738 km²;

O Condomínio Oliveira está inserido na sub-bacia 05 entre a BR-386 e Rua Santa Rita ao Caju.

2.2 Parâmetros, Condições de Contorno e Dimensionamento Hidrológico das Sub-Bacias Hidrológicas do Arroio Cajú

Os parâmetros e condições de contorno para determinação do modelo hidrológico de cada sub-bacia do Arroio Cajú foram determinados de acordo com a sistemática descrita abaixo:

- a) Área contribuinte total: 24,068 km² (subdivididos em 05 sub-bacias);
- b) Tempo de Duração da Simulação (td) = 1440 min (24 horas);
- c) Cenário: Ocupação Atual e Futura;
- d) Tempo de recorrência: TR 5, 10, 25 e 50 anos;
- e) Regime de Escoamento: Não permanente.

2.2.1 Tempo de concentração

O tempo de concentração foi calculado através da fórmula de Kirpich, conforme CE-DEP/2005:

$$tc = 0,01947x \frac{L^{0,77}}{I^{0,385}} \quad \text{Equação 01}$$

Onde:

tc: tempo de concentração (minutos);

L: comprimento do talvegue ou rede contribuinte (m);

I: declividade média (m/m);

2.2.2 Intensidade máxima de chuva

A intensidade máxima de chuva foi calculada através da equação do Posto Aeroporto, sendo:

$$Imáx = \frac{(826,8 \times TR^{0,143})}{(td + 3)^{0,79}} \quad \text{Equação 02}$$

Imáx = intensidade máxima de chuva (mm/h);

TR = período de retorno em anos;

td = tempo de duração da chuva, considerado igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica de contribuição (min)

2.2.3 Hidrograma e hietograma de projeto

Para a determinação da vazão máxima de contribuição foi utilizado o Método do Hidrograma Unitário (HU) do *Soil Conservation Service* (SCS, 1976), de acordo com CE-DEP/2005, conforme as equações abaixo:

$$a) \quad \Delta t = \frac{tc}{5} \quad \text{Equação 03}$$

$$b) \quad tp = 0,60 \times tc \quad \text{Equação 04}$$

$$c) \quad t'p = \frac{\Delta t}{2} + tp \quad \text{Equação 05}$$

$$d) \quad tb = tp + t'p \quad \text{Equação 06}$$

$$e) \quad tr = 1,67 \times t'p \quad \text{Equação 07}$$

$$f) \quad qp = \frac{2,08 \times A}{trp} \quad \text{Equação 08}$$

Onde:

tc = tempo de concentração;

tp = tempo de pico;

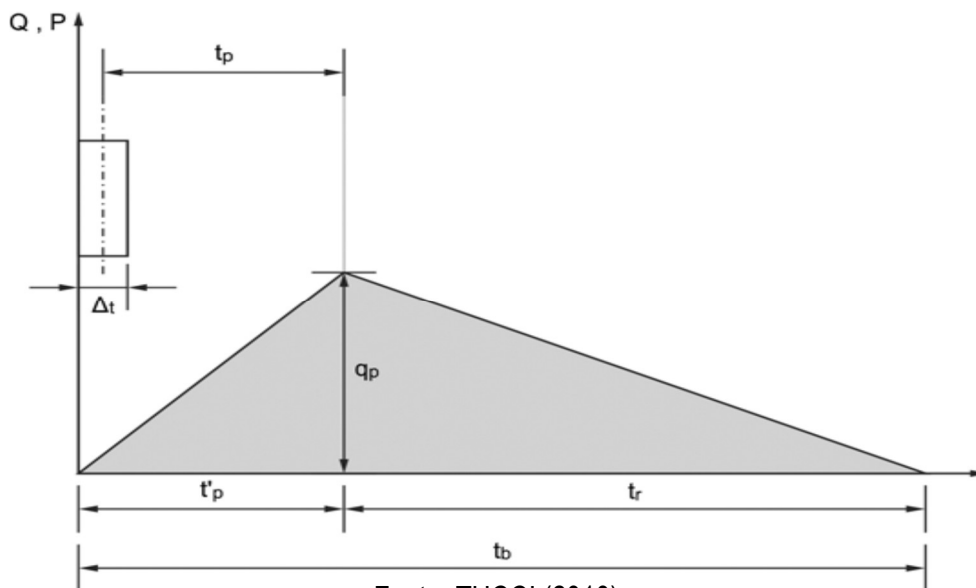
tb = tempo de base;

tr = tempo de recessão;

qp = vazão de pico do hidrograma triangular;

As equações acima descrita são elucidadas conforme a Figura 05 abaixo.

Figura 05: Hidrograma Sintético Triangular (HU)



Fonte: TUCCI (2010).

Utilizou-se o modelo Curva Número (CN) que trata de um valor composto que representa todos os diferentes grupos de solos e suas ocupações na terra, para estimar o escoamento superficial na subbacia (HEC-HMS, 2018), conforme a Equação 09:

$$S = \frac{2500}{CN} - 254 \quad \text{Equação 09}$$

Foi feito o levantamento da ocupação e tipo de solo de todas as sub-bacias para determinação do coeficiente Curva Número (CN) com base na Tabela 01 abaixo:

Tabela 01: Estimativa de Valores de CN

Estimativa de escoamento superficial (Valores de CN para grupos hidrogeológicos de solo)

Condições	A	B	C	D
Florestas	41	63	74	80
Campos	65	75	83	85
Plantações	62	74	82	87
Zona Comercial	89	92	94	95
Zona Industrial	81	88	91	93
Zona Residencial	77	85	90	92

- CN (Curva-Número) é um parâmetro que caracteriza o uso e ocupação do solo, utilizado no Método do Soil Conservation Service (SCS), que possui grande influência na determinação da precipitação efetiva. Ele é muito importante, por exemplo, no dimensionamento da drenagem urbana, o que influencia no custo da rede de drenagem.

Para a separação do escoamento superficial, para fins de determinação da precipitação efetiva (Pe), utilizou-se o método SCS (1957), para $P > 0,2 S$.

$$Pe = \frac{(P - 0,2 \times S)^2}{(P + 0,8 \times S)}$$

Equação 10

Sendo:

P = precipitação total (mm);

Pe = precipitação efetiva (mm);

S = armazenamento no solo.

Após determinação dos hietogramas obtidos a partir do processamento do hidrograma unitário sintético triangular (HU), foram gerados os hidrogramas pelo processo de convolução, como descrito em Tucci (2010), para a bacia de contribuição de maneira a se obter as vazões máximas de pico para o tempo de retorno considerado além dos volumes acumulados e retidos nos canais.

2.3 Resultados das Simulações Hidrológicas das Sub-bacias do Arroio Cajú

Abaixo seguem os resultados do dimensionamento hidrológico para as 05 sub-bacias do Arroio Cajú:

2.3.1 SUB-BACIA 01

Tabela 02: Cálculo do coeficiente CN

Condição	Área (km²)	Percent (%)	Coeficiente CN
Floresta	1,49	0,20	63
Campo	3,62	0,49	75
Plantações	0,40	0,05	74
Zona Industrial	0,65	0,09	88
Zona Residencial	1,17	0,16	85
Total	7,33		

CN (médio) 75,23792633

CN (adotado) 75

Fonte: O AUTOR (2023).

Tabela 03: Parâmetros Hidrológicos Definidos e Calculados

Parâmetros Hidrológicos da Sub-bacia	
Área (km²)	7,3300 km²
I (m/m)	0,0170 m/m
L talvegue (m)	3441,00 m
CN	75
C (runoff)	0,60
n (Manning)	0,0150
Tempo de Retorno	10 anos
S (mm)	84,6667 mm

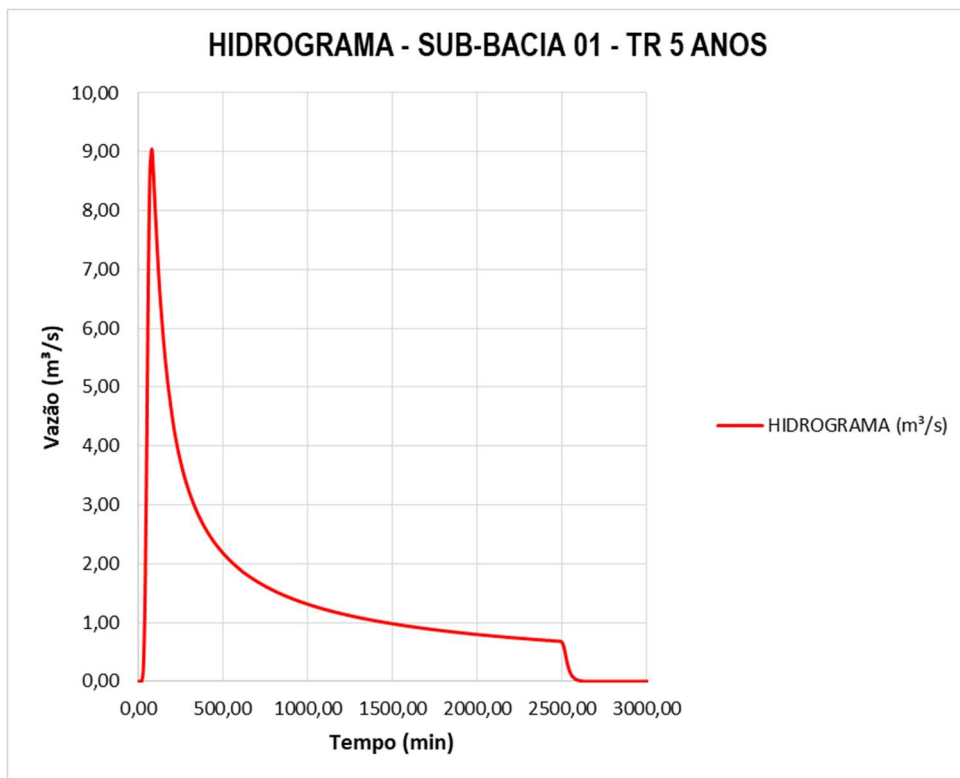
Fonte: O AUTOR (2023).

Tabela 04: Parâmetros Hidrograma Unitário Trinagular

Parâmetros Hidrograma Unitário Triangular	
Tempo de Concentração - <i>tc</i>	49,42 min
	0,82 h
Duração da Chuva - <i>td</i>	1440,00 min
	24,00 h
<i>Δt</i> (intervalo de tempo)	9,88 min
	10,00 adot. (min)
	0,17 h
Número de Intervalos	144,00 intervalos
	144,00 intervalos
Tempo de pico - <i>tp</i>	0,49 h
	29,65 min
Tempo de pico - <i>t'p</i>	0,58 h
	34,65 min
Tempo de recessão - <i>tr</i>	0,96 h
	57,87 min
Tempo de base - <i>tb</i>	1,54 h
	92,52 min
Descarga de Pico - <i>q</i>	26,43 m³/s.mm

Fonte: O AUTOR (2023).

Gráfico 01: Hidrograma da Sub-bacia 01 – TR 5 anos

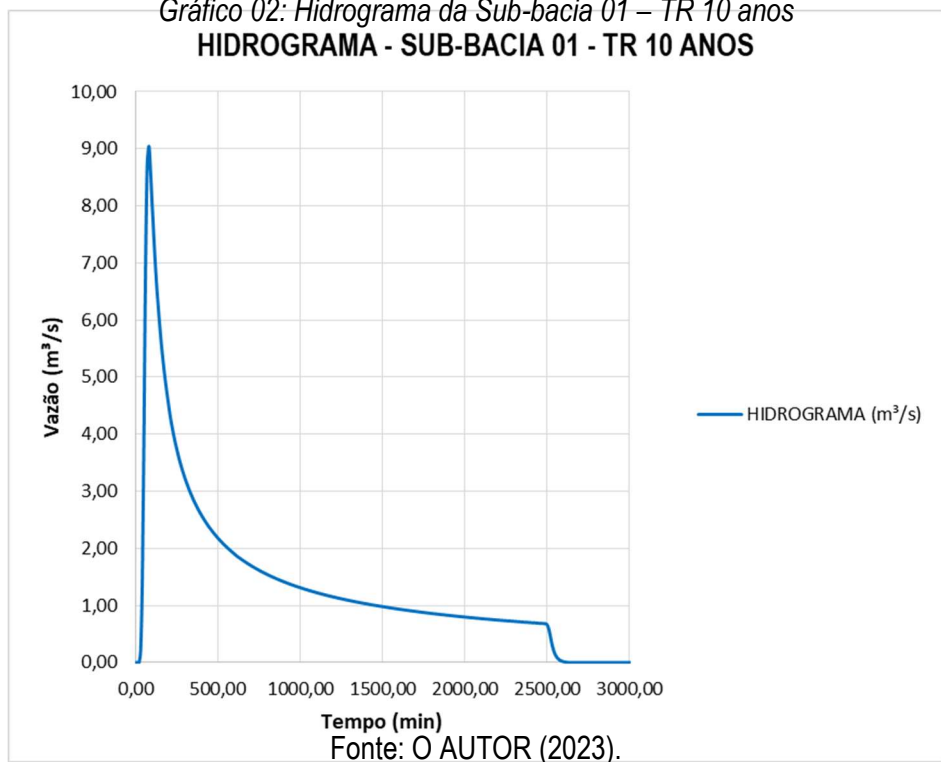


Fonte: O AUTOR (2023).

$Q(\text{máx}) = 7,71 \text{ m}^3/\text{s}$

Gráfico 02: Hidrograma da Sub-bacia 01 – TR 10 anos

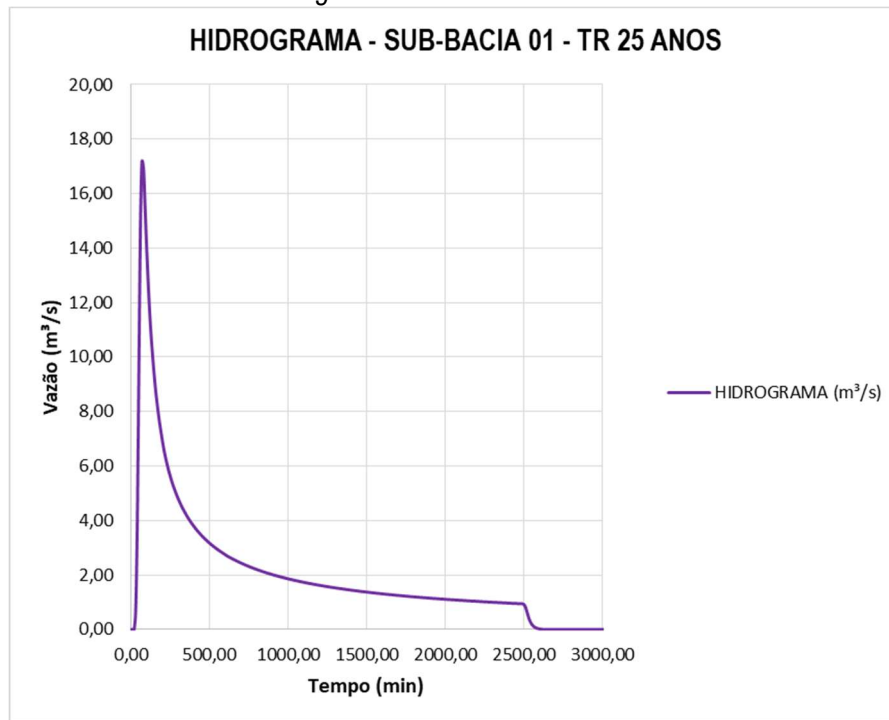
HIDROGRAMA - SUB-BACIA 01 - TR 10 ANOS



Fonte: O AUTOR (2023).

$Q(\text{máx}) = 9,04 \text{ m}^3/\text{s}$

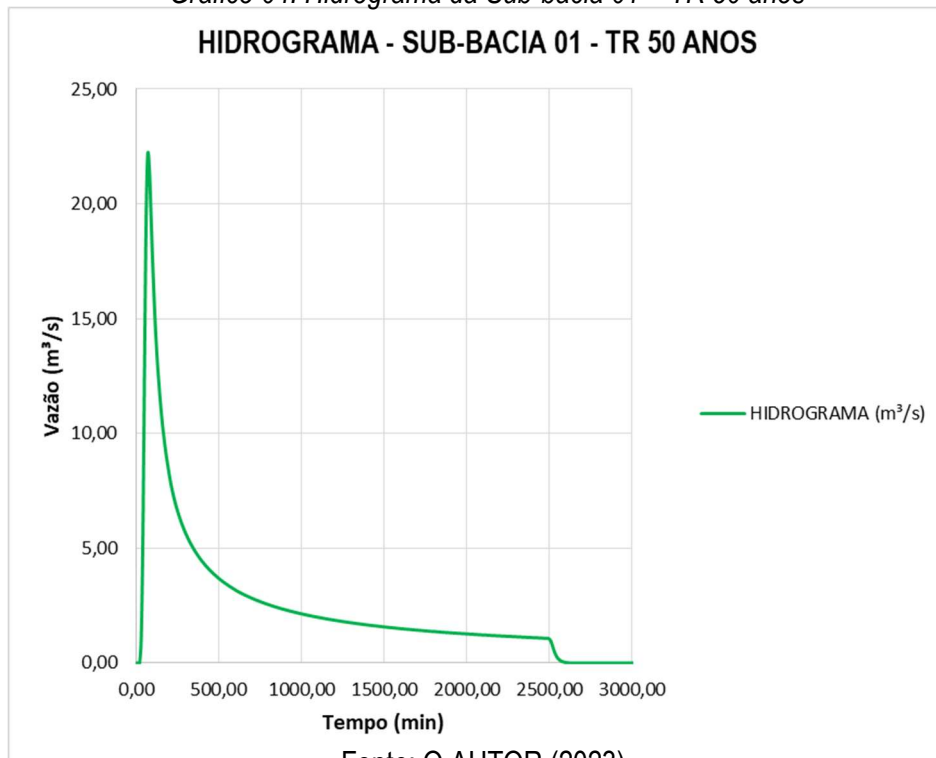
Gráfico 03: Hidrograma da Sub-bacia 01 – TR 25 anos



Fonte: O AUTOR (2023).

$$Q(\text{máx}) = 17,18 \text{ m}^3/\text{s}$$

Gráfico 04: Hidrograma da Sub-bacia 01 – TR 50 anos



Fonte: O AUTOR (2023).

$$Q(\text{máx}) = 22,19 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.3.2 SUB-BACIA 02

Tabela 05: Cálculo do coeficiente CN

Condição	Área (km²)	Percent (%)	Coeficiente CN
Floresta	1,16	0,18	63
Campo	3,92	0,60	75
Plantações	0,65	0,10	74
Zona Industrial	0,00	0,00	88
Zona Residencial	0,78	0,12	85
Total	6,51		

CN (médio) 73,91464538

CN (adotado) 73

Fonte: O AUTOR (2023).

Tabela 06: Parâmetros Hidrológicos Definidos e Calculados

Parâmetros Hidrológicos da Sub-bacia	
Área (km²)	6,5140 km²
I (m/m)	0,0270 m/m
L talvegue (m)	3317,00 m
CN	73
C (runoff)	0,60
n (Manning)	0,0150
Tempo de Retorno	10 anos
S (mm)	93,9452 mm

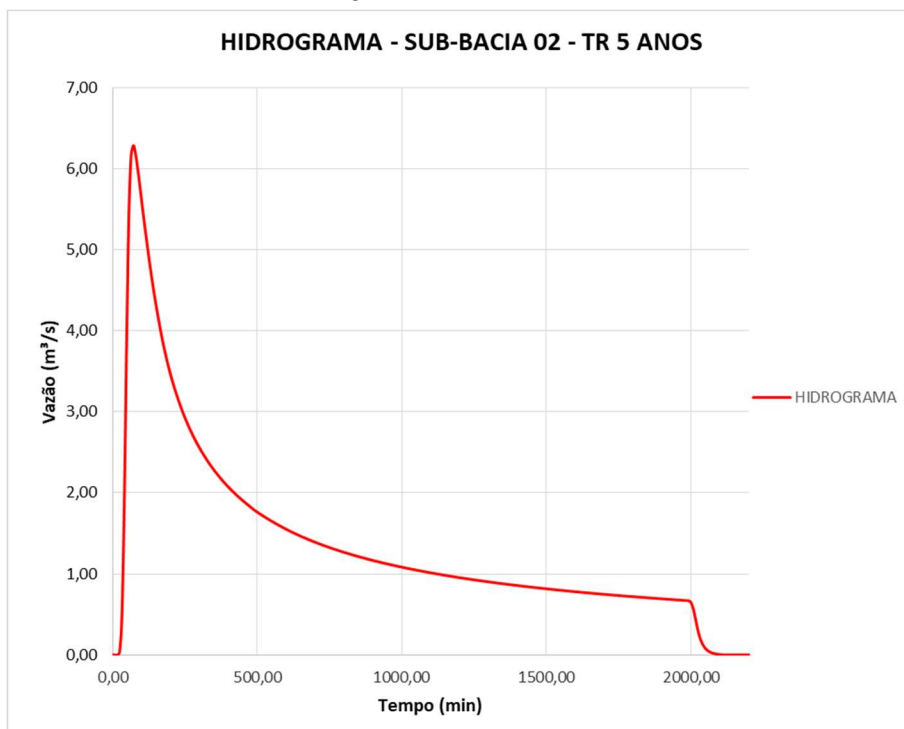
Fonte: O AUTOR (2023).

Tabela 07: Parâmetros Hidrograma Unitário Trinagular

Parâmetros Hidrograma Unitário Triangular	
Tempo de Concentração - t_c	40,20 min 0,67 h
Duração da Chuva - t_d	1440,00 min 24,00 h
Δt (intervalo de tempo)	8,04 min 8,00 adot. (min) 0,13 h
Número de Intervalos	180,00 intervalos 180,00 intervalos
Tempo de pico - t_p	0,40 h 24,12 min
Tempo de pico - t'_p	0,47 h 28,12 min
Tempo de recessão - t_r	0,78 h 46,96 min
Tempo de base - t_b	1,25 h 75,09 min
Descarga de Pico - q	28,94 m ³ /s.mm

Fonte: O AUTOR (2023).

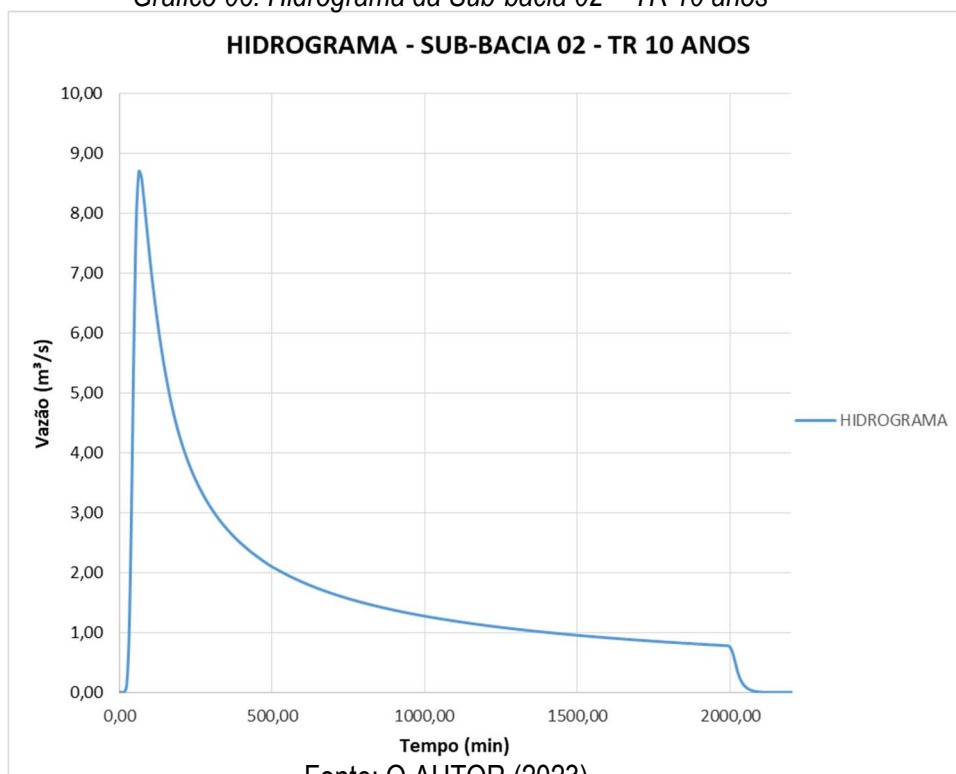
Gráfico 05: Hidrograma da Sub-bacia 02 – TR 5 anos



Fonte: O AUTOR (2023).

Q(máx) = 6,29 m³/s

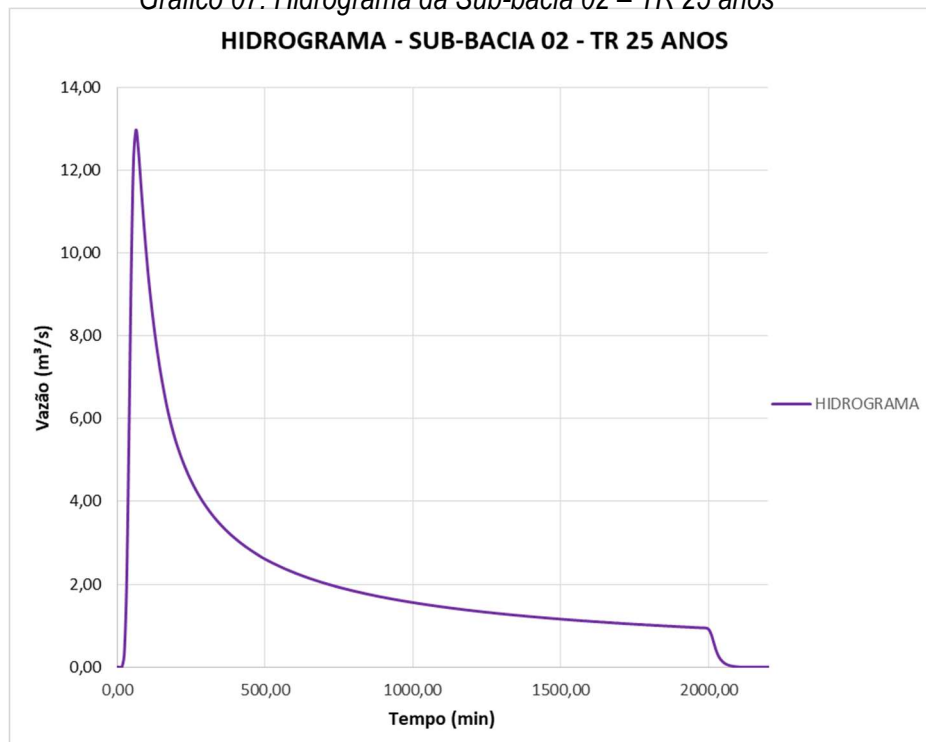
Gráfico 06: Hidrograma da Sub-bacia 02 – TR 10 anos



Fonte: O AUTOR (2023).

$Q(\text{máx}) = 8,69 \text{ m}^3/\text{s}$

Gráfico 07: Hidrograma da Sub-bacia 02 – TR 25 anos



Fonte: O AUTOR (2023).

$Q(\text{máx}) = 12,98 \text{ m}^3/\text{s}$