

PLANO MUNICIPAL DE



MACRODRENAGEM

POUSO ALEGRE - MG

PRODUTO 4 – RELATÓRIO 1: PROGNÓSTICO: Cenário Atual – Parte 1 Versão Oficial

Itajubá, outubro de 2024

REFERÊNCIAS CADASTRAIS

Cliente	Prefeitura Municipal de Pouso Alegre
Localização	Pouso Alegre, Minas Gerais
Título	Produto 4 – Relatório 1: Cenário atual – Parte 1
Contato	Thais Oliveira Ribeiro
E-mail	thais.o.ribeiro@gmail.com
Líder do projeto	Rafael Barbosa Carreira
Coordenador	Aloísio Caetano Ferreira
Projeto/centro de custo	167/2021
Data do documento	08/10/2024

Isenção de Responsabilidade:

Este documento é confidencial, destinando-se ao uso exclusivo do cliente, não podendo ser reproduzido por qualquer meio (impresso, eletrônico e afins) ainda que em parte, sem a prévia autorização escrita do cliente.

Este documento foi preparado pela Dac Engenharia com observância das normas técnicas de Itajubá e em estrita obediência aos termos do pedido e contrato firmado com o cliente. Em razão disto, a Dac Engenharia isenta-se de qualquer responsabilidade civil e criminal perante o cliente ou terceiros pela utilização deste documento, ainda que parcialmente, fora do escopo para o qual foi preparado.

Coordenação

Aloísio Caetano Ferreira	Engenheiro Hídrico e Civil
Nº CREA: MG-97132/D	

Responsável Técnico

Denis de Souza Silva	Engenheiro Hídrico
Nº CREA: MG-127216/D	

Elaboração

Rebecca Cacciacarro Ambrósio Glauser
Felipe Guimarães Alexandre
Pedro Henrique Justiniano
William Baradel Lari
Rafael Barbosa Carreira
Bárbara de Almeida Teixeira
Daniel Oliveira Pessoa
Marcela das Chagas Rossato
Patrícia Martins dos Reis
Priscilla Mota Costa
Frederico de Souza Nascimento
Isabelle Alcântara da Costa
Luana Castellani Carvalho Francisco
Luana Brandão da Silva

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	1
1. PROJEÇÃO POPULACIONAL	2
1.1. METODOLOGIA.....	2
1.2. PROJEÇÕES	4
1.3. CENÁRIOS	9
2. PROJEÇÃO TERRITORIAL	11
2.1. PROJEÇÃO TERRITORIAL COM BASE EM POPULAÇÃO	11
2.2. PROJEÇÃO TERRITORIAL COM BASE NA EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO DO TERRITÓRIO	14
3. MODELAGEM HIDROLÓGICA	16
3.1. METODOLOGIA.....	16
3.2. ÁREA DE ESTUDO.....	16
3.3. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO, DURAÇÃO E RETARDO	17
3.4. TEMPO DE RETORNO.....	22
3.5. PRECIPITAÇÃO DE PROJETO.....	23
3.6. VAZÃO DE PROJETO	36
3.6.1. Uso e ocupação do solo	37
3.6.2. Curve Number – CN	42
3.6.3. Simulação HEC-HMS	48
REFERÊNCIAS	58
ANEXO I – TABELA DE PROBABILIDADES DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL.....	60
APÊNDICES	62

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.	11
Equação 2.	12
Equação 3.	12
Equação 4.	12
Equação 5.	14
Equação 6.	14
Equação 7.	18
Equação 8.	18
Equação 9.	18
Equação 10	20
Equação 11	25
Equação 12	25
Equação 13	35
Equação 14	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estimativa da população de Pouso Alegre pelo método de regressão linear	5
Figura 2 - Estimativa da população de Pouso Alegre pelo método da projeção geométrica	6
Figura 3 - Estimativa da população de Pouso Alegre pelo método de crescimento logístico	6
Figura 4 - Estimativa da população de Pouso Alegre pelo método da taxa decrescente de crescimento	6
Figura 5 – Projeção populacional do município de Pouso Alegre – Método Progressão Aritmética	7
Figura 6 - Projeção populacional do município de Pouso Alegre – Método Progressão Geométrica.....	7
Figura 7 - Projeção populacional do município de Pouso Alegre – Método Taxa Decrescente de Crescimento	8
Figura 8 - Projeção populacional do município de Pouso Alegre – Método Crescimento Logístico	8
Figura 9 – Cenários para projeção populacional de Pouso Alegre	10
Figura 10 – Esquema da metodologia de projeção territorial.	13
Figura 11 – Gráfico de distribuição normal para valores de Z inferiores à média.....	26
Figura 12 - Gráfico de distribuição normal para valores de Z superiores à média.....	26
Figura 13 - Mapa de uso e ocupação da Bacia do Córrego do Patinho	39
Figura 14 - Mapa de uso e ocupação da Bacia do Córrego São Cristóvão	37
Figura 15 – Mapa de uso e ocupação da Bacia do Córrego da Remonta	38
Figura 16 – Mapa de uso e ocupação da bacia do Córrego São Judas Tadeu	38
Figura 17 – Mapa de uso e ocupação da bacia do Ribeirão das Mortes	39
Figura 18 – Mapa de uso e ocupação da bacia do Ribeirão Pantano	40
Figura 19 – Mapa de uso e ocupação da bacia do Rio Mandu.....	40
Figura 20 – Mapa de uso e ocupação da bacia do Rio Sapucaí-Mirim	41
Figura 21 – Mapa de uso e ocupação da bacia do Rio Sapucaí	41
Figura 22 - Divisão representativa utilizada na simulação da sub-bacia do Córrego do Patinho	52
Figura 23 - Representação da simulação do Córrego São Cristóvão.....	50
Figura 24 - Divisão representativa utilizada na simulação da sub-bacia do Córrego da Remonta.....	51
Figura 25 – Representação da simulação do córrego São Judas Tadeu	51
Figura 26 – Divisão representativa utilizada na simulação da sub-bacia do Ribeirão das Mortes	53
Figura 27 – Divisão representativa utilizada na simulação da bacia do Ribeirão Pantano .	54
Figura 28 – Divisão representativa utilizada na simulação da bacia do Rio Mandu	55
Figura 29 – Divisão representativa utilizada na simulação da bacia do Rio Sapucaí-Mirim	56
Figura 30 – Divisão representativa utilizada na simulação da bacia do Rio Sapucaí	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados das populações de referência para as projeções de Pouso Alegre.....	3
Tabela 2 – Métodos para projeção populacional	4
Tabela 3 – Dados utilizados para o cálculo da área de expansão territorial.....	13
Tabela 4 – Resultados da área de expansão territorial	13
Tabela 5 – Crescimento da mancha urbana de Pouso Alegre	15
Tabela 6 – Tempo de concentração de cada bacia.....	18
Tabela 7 – Tempo de resposta de cada bacia.....	20
Tabela 8 – Períodos de retorno em função da ocupação da área.....	22
Tabela 9 – Chuvas máximas por ano hidrológico.....	24
Tabela 10 – Média e desvio padrão das precipitações máximas por sub-bacia.....	24
Tabela 11 – Parâmetros determinados e obtenção da precipitação acumulada	26
Tabela 12 – Coeficientes de desagregação de chuvas em Pouso Alegre.....	27
Tabela 13 - Precipitações acumuladas por tempo de retorno (utilizadas para cálculo na bacia do Córrego do Patinho)	30
Tabela 14 - Precipitações acumuladas por tempo de retorno (utilizadas para cálculo na bacia do Córrego São Cristóvão).....	28
Tabela 15 – Precipitações acumuladas por tempo de retorno (utilizadas para cálculo na bacia do Córrego da Remonta).....	29
Tabela 16 – Precipitações acumuladas por tempo de retorno (utilizadas para cálculo na bacia do Córrego São Judas Tadeu)	28
Tabela 17 - Precipitações acumuladas por tempo de retorno (utilizadas para cálculo na bacia do Ribeirão das Mortes)	30
Tabela 18 - Precipitações acumuladas por tempo de retorno (utilizadas para cálculo na bacia do Ribeirão Pantano)	31
Tabela 19 - Precipitações acumuladas por tempo de retorno (utilizadas para cálculo na bacia do Rio Mandu).....	32
Tabela 20 - Precipitações acumuladas por tempo de retorno (utilizadas para cálculo na bacia do Rio Sapucaí-Mirim).....	33
Tabela 21 - Precipitações acumuladas por tempo de retorno (utilizadas para cálculo na bacia do Rio Sapucaí).....	33
Tabela 22 – Parâmetros da equação IDF de Pouso Alegre/MG.....	35
Tabela 23 – Classificação do solo por tipo hidrológico	42
Tabela 24 – Valores de CN para bacias rurais	43
Tabela 25 – Valores de CN para bacia urbana.....	44
Tabela 26 – Caracterização do CN da sub-bacia do Córrego do Patinho	45
Tabela 27 – Caracterização do CN da sub-bacia do Córrego São Cristóvão.....	45
Tabela 28 – Caracterização do CN da sub-bacia do Córrego da Remonta.....	45
Tabela 29 – Caracterização do CN da sub-bacia do Córrego São Judas Tadeu	45
Tabela 30 – Caracterização do CN da sub-bacia do Ribeirão das Mortes	45
Tabela 31 – Caracterização do CN da sub-bacia do Ribeirão Pantano	46
Tabela 32 – Caracterização do CN da sub-bacia do Rio Mandu.....	46
<u>Tabela 33 – Caracterização do CN da sub-bacia do Rio Sapucaí-Mirim – Parte 1</u>	<u>46</u>

Tabela 34 – Caracterização do CN da sub-bacia do Rio Sapucaí-Mirim – Parte 2	47
Tabela 35 – Caracterização do CN da sub-bacia do Rio Sapucaí – Parte 1	47
Tabela 36 – Caracterização do CN da sub-bacia do Rio Sapucaí – Parte 2	47
Tabela 37 – Caracterização do CN da sub-bacia do Rio Sapucaí – Parte 3	47
Tabela 38 – Elementos hidrológicos do HEC-HMS	49

APRESENTAÇÃO

Este texto aborda a execução do Produto 4.1 – Prognóstico: Cenário Atual para elaboração do Plano de Macrodrenagem do Município de Pouso Alegre (PMDPA), em conformidade com a ordem de serviço nº 197 emitida pela Prefeitura Municipal de Pouso Alegre e a empresa DAC Engenharia Ltda.

A legislação nacional, representada pela Lei Federal nº 11.445/2007 e Lei nº 14.026/2020, abrange a drenagem urbana e manejo de águas pluviais como serviços públicos. No âmbito municipal, a Lei Ordinária nº 5.887/2017 regula a universalização dos serviços de saneamento básico, englobando a drenagem urbana e o manejo de águas pluviais. Essa legislação destaca a necessidade de programas específicos, projetos, ações e instrumentos para regulamentação, fiscalização, monitoramento e gestão dos serviços.

O presente documento corresponde ao Produto 4 – Prognóstico, precisamente ao relatório 1: Cenário atual. Nele estão contidas as modelagens hidrológicas e hidráulicas construídas de modo a representar a realidade do município. Aqui também é apresentada a metodologia utilizada para projetar o crescimento populacional e a expansão territorial para o ano final de projeto, dados importantes para viabilizar o planejamento integrado das ações, pauta dos produtos subsequentes.

As modelagens hidrológicas e hidráulicas desempenham um papel fundamental em um plano de macrodrenagem, oferecendo uma abordagem analítica e preditiva para o gerenciamento eficiente de águas pluviais em uma região ampla. As simulações hidrológicas permitem a análise do comportamento das chuvas, estimando as vazões e o escoamento superficial em diferentes cenários, enquanto as simulações hidráulicas possibilitam analisar o fluxo da água em sistemas de drenagem, identificando áreas propensas a inundações e auxiliando no dimensionamento adequado de estruturas.

O Produto 4 é composto por este relatório – referente à Parte 1 – onde constam as projeções populacionais e territoriais, bem como a metodologia e os resultados das simulações hidrológicas, e pela Parte 2, documento que apresenta a modelagem hidráulica.

1. PROJEÇÃO POPULACIONAL

As estimativas demográficas desempenham um papel crucial no planejamento do desenvolvimento, sendo decisivas na formulação de políticas públicas. O modo como a população cresce no município é um dos aspectos de grande relevância no processo de análise dos impactos oriundos da urbanização, sendo que compreender esse processo é primordial no estudo dos impactos dessa ocupação nas unidades de bacia hidrográfica. O propósito dos estudos demográficos é examinar elementos intrínsecos às populações humanas, abrangendo sua evolução ao longo do tempo, distribuição geográfica, composição e características gerais (TSUTIYA, 2006).

Esses estudos desempenham um papel significativo no contexto do planejamento de políticas públicas. A precisão da projeção populacional emerge como um elemento crucial em investigações desse teor, demandando não apenas uma avaliação abrangente e interdisciplinar dos panoramas passado, presente e futuro da comunidade em foco, mas também a devida adaptação das técnicas empregadas no cálculo das projeções aos dados disponíveis. Dessa forma, atingir com precisão o alvo demanda não apenas habilidade técnica e sofisticação, mas também está sujeito a certa dose de sorte. A obtenção da dimensão populacional com máxima precisão pressupõe, adicionalmente, uma condição de estabilidade da população ao longo do horizonte de projeção, contribuindo para a redução do erro (KEYFITZ, 1981).

1.1. METODOLOGIA

Para a projeção do estudo demográfico de Pouso Alegre foram considerados os dados populacionais fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes a população dos anos de 2000, 2010 e 2022 (Tabela 1). O horizonte de projeto a ser considerado para o plano e nos cálculos para a projeção foi de 20 anos, sendo o ano zero de referência de projeto o de 2025, dado o regime normativo do plano de ser implementado.

Os métodos de projeção utilizados para a análise do crescimento populacional do município se constituem em métodos de análise de regressão, sendo utilizados os métodos de projeção aritmética, de projeção geométrica, taxa decrescente de crescimento e taxa de crescimento logístico. Os dados populacionais dos censos demográficos não se compreendem de períodos anuais equidistantes, é necessário a aplicação da ferramenta solver do Excel para a resolução dos cálculos de regressão não lineares.

Tabela 1 – Dados das populações de referência para as projeções de Pouso Alegre

Ano	População
2000 - t_0	106.776 - P_0
2010 - t_1	130.615 - P_1
2022 - t_2	152.217 - P_2

Fonte: IBGE, 2022

Foram utilizados os dados estimados pelo IBGE no período de 2001 a 2021, com exceção dos anos em que o censo demográfico foi executado. A equipe técnica tomou esses valores como base estimativa, os tomando como o cenário mais semelhante à realidade, comparando esses valores aos projetados pelos 4 métodos citados anteriormente, de maneira a identificar a metodologia que apresenta valor mais próximo aos valores estimados pelo IBGE.

Sendo que os modelos utilizados são considerados bem ajustados quando a diferença entre os valores previstos e os observados forem o menor possível. Logo, a correlação de variáveis como meio de ajuste de modelos é uma ferramenta importante. A equação dos dados utilizados deve ser representativa, de modo que isso acarreta numa boa correlação. Correlações acima de 75% são aceitas como uma boa representatividade, entretanto, isso não significa que a boa aderência represente de maneira fidedigna a evolução futura da variável.

De modo que a avaliação exclusiva da correlação não é assegura a adequação da projeção populacional à população estudada. Logo, a seleção de qual método de projeção populacional é mais adequado a realidade do município, deve levar em consideração o ajuste do modelo (através do valor r^2 de correlação) e o contexto de expansão do município estudado, sendo este o fator decisivo no processo de escolha. É importante ressaltar que para que seja válido a utilização dessa metodologia de crescimento logístico, é necessário que sejam satisfeitas as seguintes condições:

- Os dados populacionais precisam ser equidistantes;
- $P_0 < P_1 < P_2$;
- $P_0 \cdot P_2 < P_1^2$.

Quando os dados não satisfizerem a questão da equidistância, é possível adequar a situação através da utilização da ferramenta solver no Excel, de maneira que os dados de

2000, 2010 e 2022 sejam estimados. De maneira que as outras duas condições de utilização do crescimento logísticos sejam atendidas na aplicação para o município de Pouso Alegre.

1.2. PROJEÇÕES

Cada método de projeção apresenta suas singularidades. A projeção demográfica precisa estar alinhada com a densidade populacional da região em análise, seja para o presente, futuro ou em situações de saturação. A abordagem aritmética é típica de projeções utilizadas em estimativas de curto prazo, assumindo que o crescimento populacional e a variação da taxa são proporcionais em todos os intervalos temporais, mantendo-se proporcionais à população existente em um determinado período (HELLER, 2010).

A diminuição da taxa decrescente sugere que à medida que a cidade se expande, a taxa de crescimento diminui gradualmente, convergindo a população para um valor de saturação ao longo do tempo. Em outras palavras, esse método pressupõe que, à medida que o aumento demográfico ocorre, a taxa desse aumento diminui até que a população alcance uma estabilização. Por sua vez, o método do crescimento logístico segue um princípio matemático no qual uma variável segue uma curva em forma de S e, de maneira análoga, se aproxima assintoticamente de um valor de saturação. As equações de cada um dos métodos utilizados são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Métodos para projeção populacional

Método	Taxa de Crescimento	Fórmula da Projeção	Coefficientes
Projeção Aritmética	$\frac{dP}{dt} = K_a$	$P_t = P_0 + K_a(t - t_0)$	$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0}$
Projeção Geométrica	$\frac{dP}{dt} = K_g \cdot P$	$P_t = P_0 \cdot e^{K_g(t - t_0)}$	$K_g = \frac{\ln(P_2) - \ln(P_0)}{t_2 - t_0}$
Crescimento logístico	$\frac{dP}{dt} = K_l \cdot P \cdot \frac{(P_s - P)}{P}$	$P_t = \frac{P_s}{1 + e^{-K_l(P_s - P_0)(t - t_0)}}$	$P_s = \frac{2 \cdot P_0 P_1 P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2}$ $K_l = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \ln \left[\frac{P_1(P_2 - P_1)}{P_1(P_2 - P_0)} \right]$ $c = \frac{(P_s - P_0)}{P_0}$
Taxa decrescente de crescimento	$\frac{dP}{dt} = K_d \cdot \frac{(P_s - P)}{P}$	$P_t = P_0 + (P_s - P_0) \cdot [1 - e^{-K_d(P_s - P_0)(t - t_0)}]$	$P_s = \frac{2 \cdot P_0 P_1 P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2}$ $K_d = \frac{\ln \left[\frac{P_0(P_s - P_1)}{P_1(P_s - P_0)} \right]}{t_2 - t_1}$

Sendo que:

- $\frac{dP}{dt}$ taxa de crescimento da população em função do tempo;

- P_0, P_1, P_2 : populações referentes aos anos de 2000, 2010 e 2022, respectivamente;
- P_t : população estimada no ano t (habitantes);
- P_s : população de saturação (habitantes); e
- K_a, k_g, k_1, c : coeficientes em função da população e/ou tempo.

A população de Pouso Alegre foi projetada utilizando cada um dos métodos, de modo que todos os cenários possíveis fossem considerados. Na Figura 1 é apresentada a estimativa populacional obtida pelo método da projeção aritmética, tendo como dados intermediários estimados pelo IBGE, dos anos de 2000, 2010 e 2022.

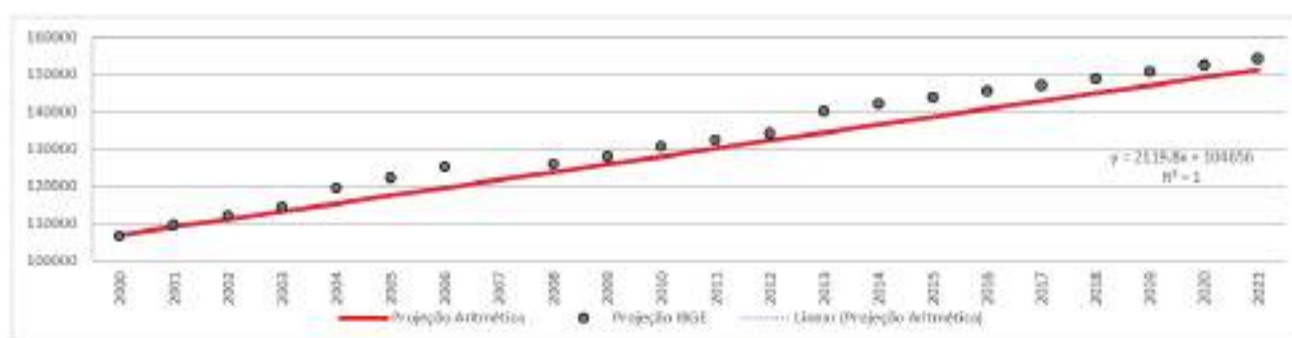


Figura 1 – Estimativa da população de Pouso Alegre pelo método de regressão linear

A mesma estimativa foi repetida para o método de projeção geométrica e crescimento logístico. Os resultados das estimativas utilizando esses métodos são apresentados na Figura 2 e Figura 3.

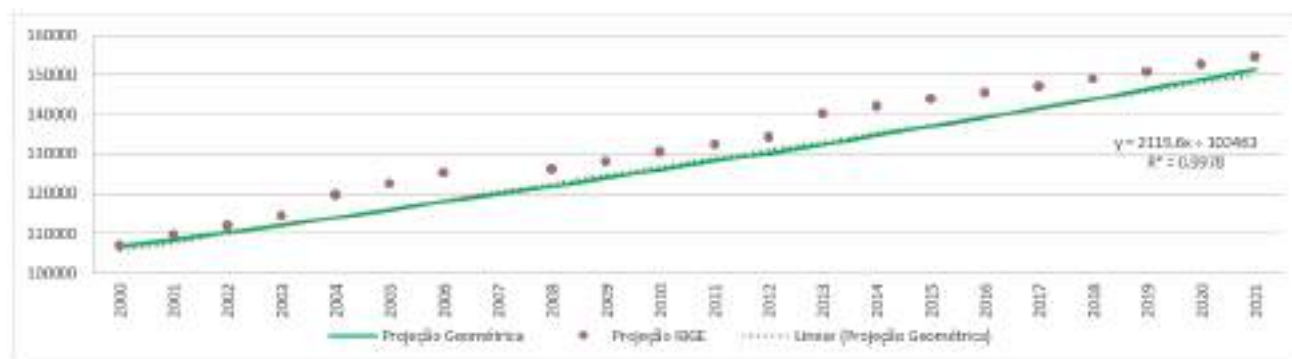


Figura 2 - Estimativa da população de Pouso Alegre pelo método da projeção geométrica

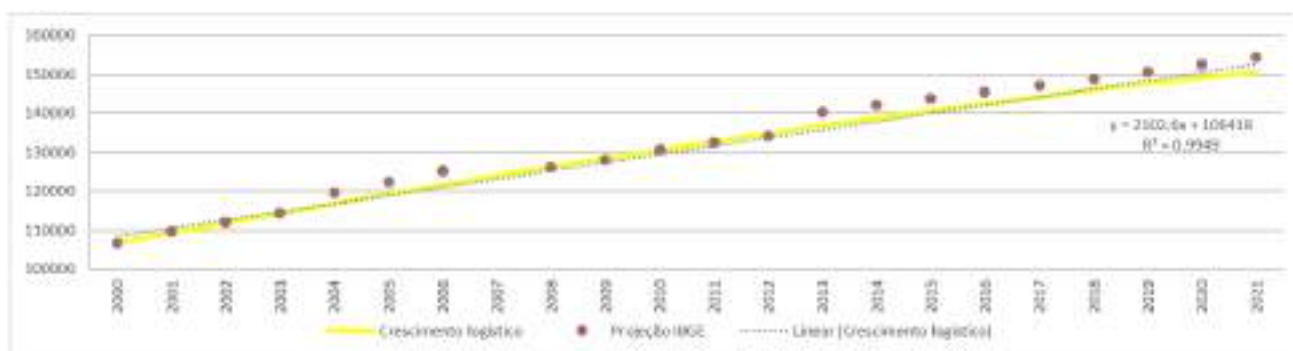


Figura 3 - Estimativa da população de Pouso Alegre pelo método de crescimento logístico

A Figura 4 exibe os resultados obtidos ao aplicar o método da taxa decrescente de crescimento aos dados dos censos de 2000, 2010 e 2022, juntamente com as projeções estimadas pelo IBGE até o ano de 2023.

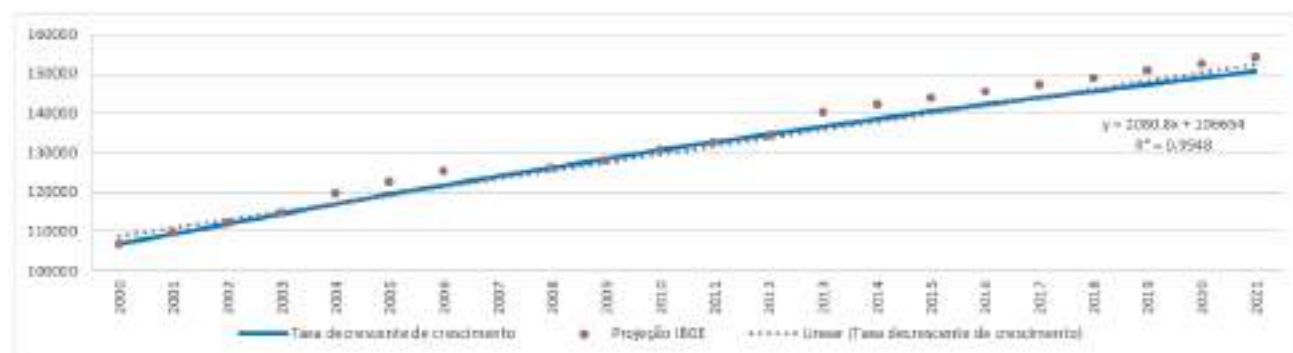


Figura 4 - Estimativa da população de Pouso Alegre pelo método da taxa decrescente de crescimento

Os dados apresentados possibilitam constatar que a projeção aritmética demonstra a melhor correlação entre os métodos, uma vez que apresentou o valor r^2 mais próximo de 1. Não obstante, para uma análise mais precisa do comportamento da população futura, foram contempladas as características econômicas e sociais municipais. Esses aspectos podem influenciar diretamente a dinâmica do crescimento populacional. O intervalo das projeções se inicia em 2023, coincidindo com o ano de elaboração do plano, e se estende até 2045, marcando o término do horizonte de projeto. A primeira projeção a ser exposta adota o método de projeção aritmética (Figura 5).

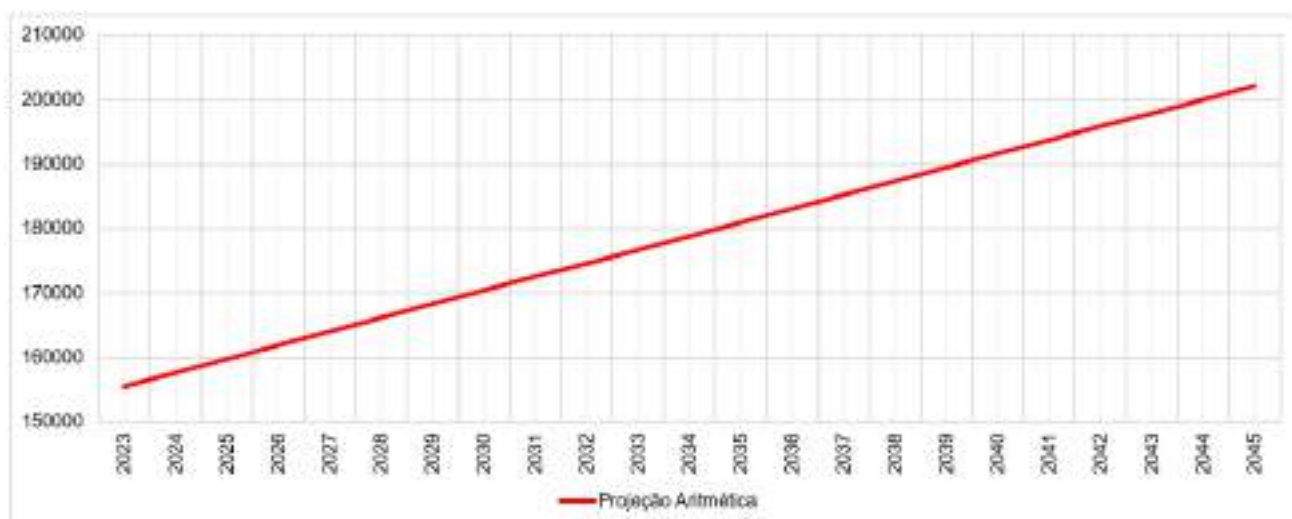


Figura 5 – Projeção populacional do município de Pouso Alegre – Método Progressão Aritmética

Na Figura 6 é exibida a projeção da população residente de Pouso Alegre, utilizando o método da projeção geométrica. Já na Figura 7 é evidenciada a projeção populacional de Pouso Alegre estimada pelo método da taxa decrescente de crescimento.

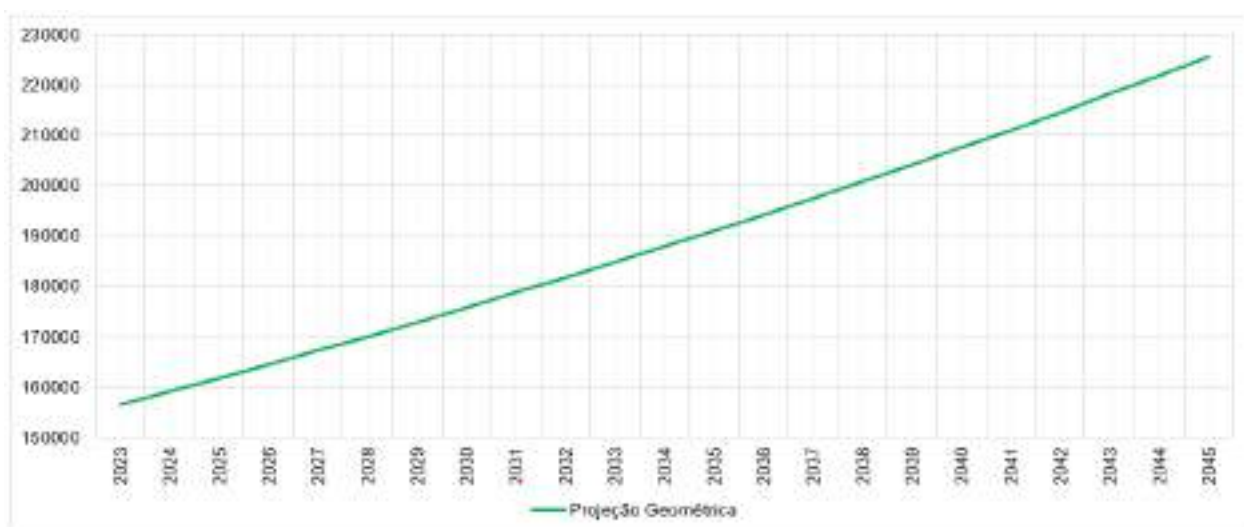


Figura 6 - Projeção populacional do município de Pouso Alegre – Método Progressão Geométrica

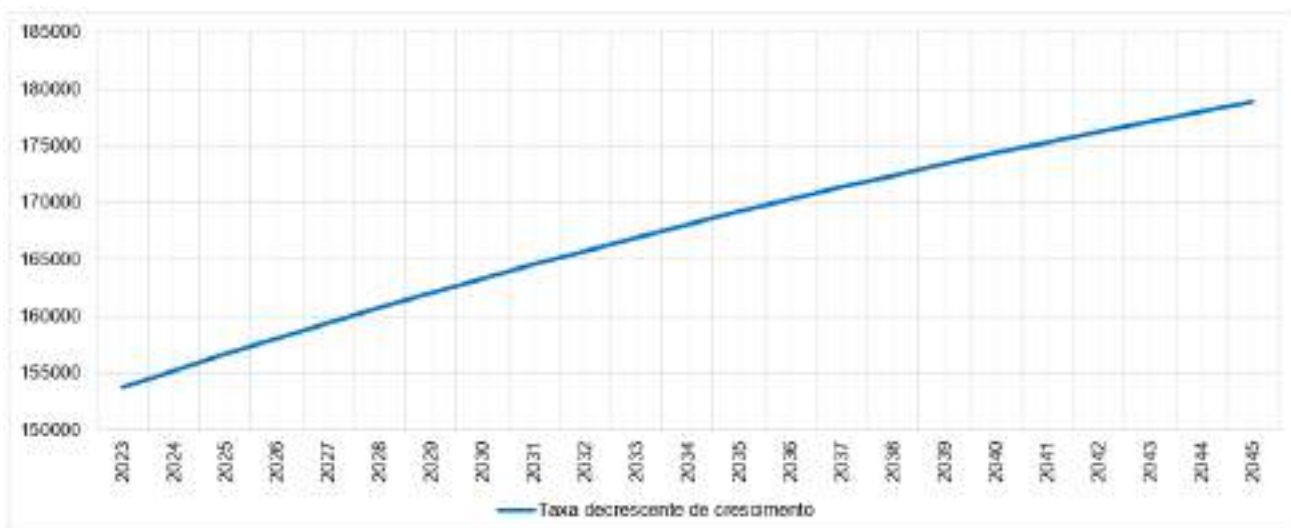


Figura 7 - Projeção populacional do município de Pouso Alegre – Método Taxa Decrescente de Crescimento

Por fim, na Figura 8 pode ser observada a projeção populacional referente ao método do crescimento logístico para a população residente de Pouso Alegre.

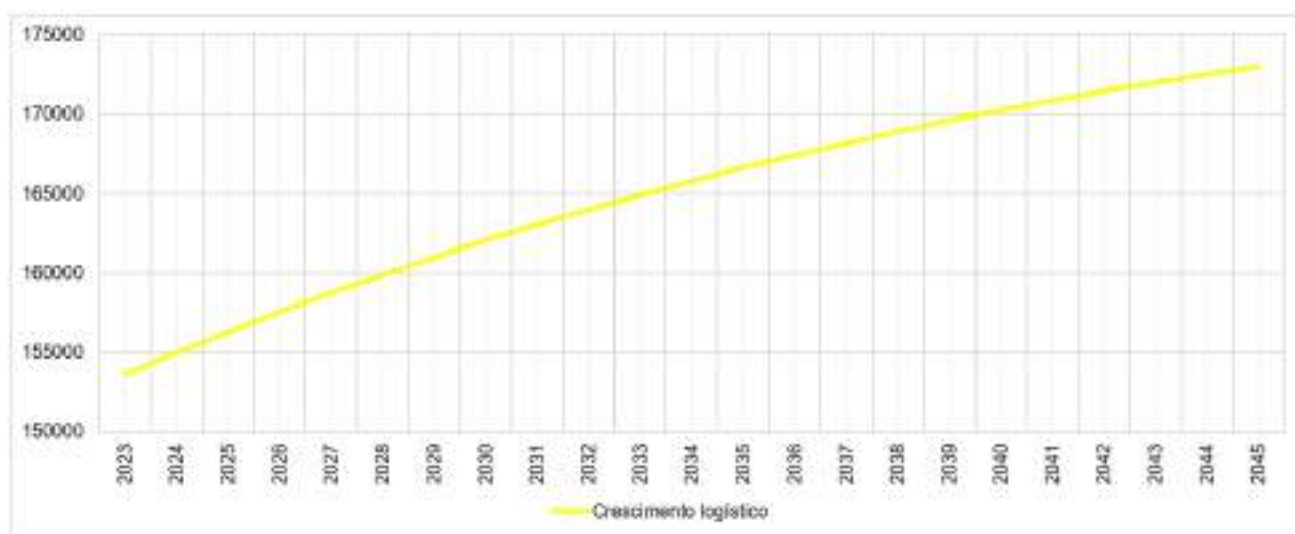


Figura 8 - Projeção populacional do município de Pouso Alegre – Método Crescimento Logístico

Por meio da análise dos gráficos, verifica-se que a projeção da população ao final do projeto (2045) pelos métodos de progressão aritmética e geométrica apresentaram valores mais elevados, totalizando 202.168 e 221.825 habitantes, respectivamente. Isso contrasta com as projeções fornecidas pelos métodos da taxa decrescente de crescimento e do crescimento logístico, que totalizaram 172.552 e 178.908 habitantes, respectivamente. Além disso, ao considerar o tamanho territorial de Pouso Alegre e fatores relacionados à economia

local, sugere-se que a população do município possui potencial de crescimento populacional. Portanto, o método mais apropriado para a projeção populacional seria aquele que leva em conta a capacidade de crescimento populacional.

Considerando tudo o que foi apresentado, incluindo a correlação do modelo com os dados do IBGE, as projeções efetuadas (juntamente com as populações previstas ao término do plano) e as particularidades do município de Pouso Alegre, podemos concluir que o método de projeção populacional mais adequado à população residente de Pouso Alegre é a projeção aritmética.

1.3. CENÁRIOS

É crucial destacar que as estimativas, baseadas em um cenário tendencial, refletem uma possível evolução da população, caso o comportamento siga o padrão observado no passado recente, após o ano de 2000. No entanto, variáveis imprevisíveis, como uma pandemia ou a implementação de empreendimentos intensivos e parques industriais, têm o potencial de desvincular o modelo de projeção da realidade futura.

Ao longo do horizonte de planejamento, é raro que os modelos de projeção permaneçam completamente alinhados com a realidade, justificando a necessidade de revisões periódicas nos planos. Dessa forma, uma projeção ajustada, que se aproxime do valor esperado, demanda a inclusão e análise da variável de erro.

Alcançar projeções totalmente precisas é uma tarefa bastante desafiadora, senão impossível, em domínios de pequena escala. Por essa razão, a avaliação das projeções populacionais desempenha um papel crucial para identificar os erros de cada método e selecionar aquele que minimiza as imprecisões, considerando sempre os contextos específicos da população projetada, os dados disponíveis e o período de projeção necessário.

As variáveis que exercem impacto direto na determinação de um percentual mínimo de erro incluem o tamanho da população, a taxa de crescimento populacional, o horizonte de projeção, entre outras. Estudos indicam que, independentemente do tamanho populacional, erros inferiores a 5% são considerados aceitáveis, aqueles entre 5% e 10% são classificados como pequenos, enquanto erros situados entre 10% e 20% são considerados moderados, e erros superiores a 20% são categorizados como elevados (WILSON, 2011).

Com base nessa análise, foi estabelecida uma margem de erro relativo aceitável de 5% para mais ou para menos na projeção populacional de Pouso Alegre. Isso implica que os valores obtidos pelo método da progressão aritmética, acrescidos de 5%, representam o cenário pessimista, enquanto os valores diminuídos em 5% compõem o cenário otimista. O fato deste estudo delimitar demanda de recursos públicos, o aumento da necessidade de recursos reflete em custos elevados, dado isso, considera-se esse o cenário pessimista. Da mesma forma, se a procura pelos serviços públicos diminui (indicando uma população menor), esse cenário é categorizado como otimista.

Considerando tudo o que foi apresentado, é crucial lidar com diferentes cenários dentro da projeção populacional escolhida. Estes cenários incluem o otimista, o pessimista e aquele calculado pelo método matemático. Com a segurança da estimativa em mente, a equipe técnica optou por adotar a projeção pessimista. Nesse cenário, considera-se a população projetada pelo método de taxa decrescente de crescimento, com a adição de 5% à população ao final do plano (Figura 9).

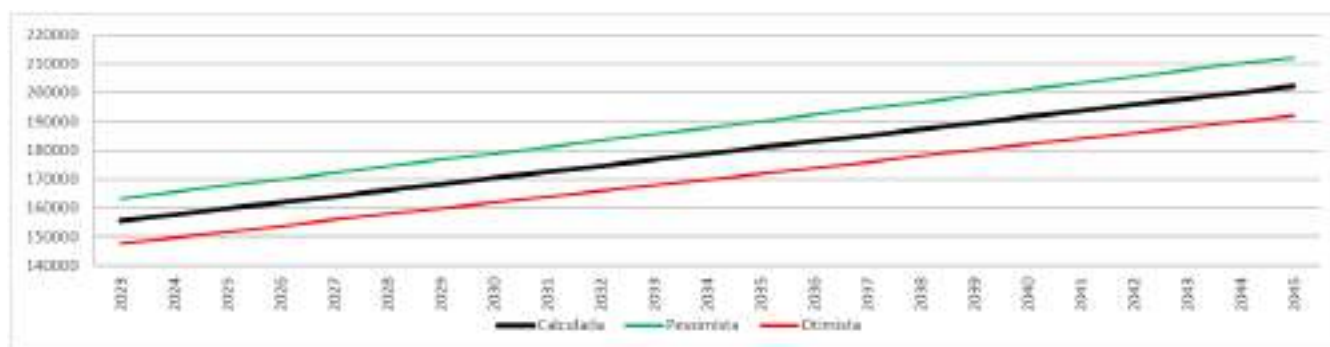


Figura 9 – Cenários para projeção populacional de Pouso Alegre

2. PROJEÇÃO TERRITORIAL

A fim de considerar que a população calculada anteriormente ocupará uma parte do espaço municipal e que essa alteração no uso do solo desempenha um papel crucial nos processos de escoamento superficial e infiltração de águas pluviais, torna-se imperativo avaliar a projeção territorial no âmbito do presente plano. Nesse contexto, realiza-se uma estimativa do perímetro urbano para os próximos 20 anos, correspondendo ao horizonte de projeto. Essa estimativa visa prever a área impermeabilizada no município.

A projeção territorial pode ser conduzida com base na população projetada (calculada no item anterior) e na evolução do crescimento territorial observado por meio de imagens de satélites. Para compreender o que melhor se adequa a Pouso Alegre, efetuou-se a projeção territorial levando em consideração tanto a população quanto a evolução da ocupação do território. Nesse sentido, apresenta-se a projeção territorial fundamentada na população estimada para o ano de 2045.

2.1. PROJEÇÃO TERRITORIAL COM BASE EM POPULAÇÃO

A abordagem metodológica utilizada para avaliar a expansão do perímetro urbano fundamenta-se na no Estudo 3 - Crescimento Urbano da cidade de Florianópolis (BID, 2014) e na Lei Municipal nº 2.249, de 30 de janeiro de 2002, de Aparecida de Goiânia (APARECIDA DE GOIÂNIA, 2002).

O primeiro passo dessa metodologia envolve o cálculo da taxa de densidade domiciliar municipal. Para tal, são necessários os dados populacionais de Pouso Alegre em 2022, conforme o IBGE, e o número de lotes residenciais. Com essas informações em mãos, utiliza-se a equação seguinte:

$$Dd = \frac{P_{censo}}{LR}$$

Equação 1

Em que:

Dd = densidade domiciliar;

P_{censo} = População mais recente estimada pelo IBGE;

LR = Lotes residenciais.

Ao realizar o cálculo da densidade domiciliar, torna-se viável obter o número de lotes requeridos para o ano de 2045, considerando a projeção populacional para esse período. A equação para o cálculo dos lotes necessários é apresentada a seguir.

$$Ln = \frac{P_{proj}}{Dd}$$

Equação 2

Em que:

Ln = Lotes necessários;

P_{censo} = População projetada para o ano de 2045;

Dd = densidade domiciliar.

Para determinar o número efetivo de lotes, é preciso subtrair do cálculo anterior os lotes vagos, conforme demonstrado a abaixo.

$$L_{efetivo} = Ln - Lv$$

Equação 3

Em que:

$L_{efetivo}$ = número de lotes efetivos;

Ln = Lotes necessários;

Lv = Lotes vagos.

Para determinar a área de expansão para os lotes efetivos foi considerado a expansão horizontal e optou-se por utilizar a área mínima de um lote de 200 m² definida por consenso com o grupo técnico da Prefeitura de Pouso Alegre. Dado isso o cálculo é desenvolvido pela expressão a seguir:

$$A_{exp} = \frac{L_{efetivo} \cdot A_{lote\ min}}{1.000.000}$$

Equação 4

Sendo:

A_{exp} = área a ser expandida, em km²;

$L_{efetivo}$ = número de lotes efetivos;

$A_{lote\ min}$ = área mínima dos lotes, em m².

A metodologia adotada para a projeção territorial, com base na população estimada, é explicitada na Figura 10. Na Tabela 3 são apresentados os dados relativos à quantidade de lotes, à população estimada pelo IBGE para o ano de 2022 e à projeção populacional

para o ano de 2045 (calculada pelo método da taxa decrescente de crescimento, acrescida de 5%). Já os resultados calculados referentes a expansão territorial de Pouso Alegre são apresentados pela Tabela 4.



Figura 10 – Esquema da metodologia de projeção territorial.

Tabela 3 – Dados utilizados para o cálculo da área de expansão territorial

Lotes		
Residenciais (totais)	58.230	lotes
lotes vagos	17.771	lotes
Área mínima	200	m²
Dados populacionais		
População censo 2022	152.212	habitantes
Pop. Projetada para 2045	212.277	habitantes

Tabela 4 – Resultados da área de expansão territorial

Dados calculados		
Densidade domiciliar (Dd)	2,61	hab/lote
Lotes necessários (Ln)	81.208	lotes
Lotes efetivos (Lefetivo)	63.437	lotes
Área de expansão (Aexp)	12,69	km²

O cálculo realizado para a expansão do território, considerando a população estimada para 2045 (212.277 habitantes), resulta em uma área necessária de 12,69 km². Em termos simples, a projeção territorial, fundamentada no crescimento populacional, indica que o município precisará expandir-se em 12,69 km² para acomodar a população prevista para 2045. Vale ressaltar que, nessa metodologia, o fator de verticalização não foi contemplado, portanto o resultado reflete a área destinada exclusivamente a residências horizontais.

2.2. PROJEÇÃO TERRITORIAL COM BASE NA EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO DO TERRITÓRIO

Nessa abordagem metodológica, destinada a avaliar a viabilidade de expansão territorial para a ocupação urbana, a análise da tendência de crescimento da mancha urbana foi conduzida por delimitações realizadas no Google Earth nos anos de 2005, 2011, 2016 e 2022. A escolha desses anos se deu pelo fato de que imagens anteriores a 2010 não proporcionavam uma delimitação precisa da mancha urbana, seja devido à baixa resolução espacial ou à presença de nuvens. Portanto, visando obter intervalos mais equidistantes possível, optou-se pelos anos de 2005, 2011, 2016 e 2022, sendo este último o ano mais recente com dados de imageamento disponíveis para o município de Pouso Alegre.

A partir das delimitações das manchas urbanas em um dos anos mencionados, foi possível obter a área total em quilômetros quadrados e, conseqüentemente, calcular a taxa de crescimento entre os intervalos de anos. A equação a seguir foi empregada no cálculo da taxa de crescimento.

$$Taxa\ de\ crescimento = \left(\frac{A_{atual}}{A_{passada}} \right)^{\frac{1}{n} - 1}$$
Equação 5

Sendo que:

$A_{passada}$ = é a área urbana “atual” de 2005, 2011, 2016 e 2022;

A_{atual} = é a área urbana “passada” de 2005, 2011, 2016 e 2022, em km²;

n é o intervalo de anos entre o imageamento da mancha atual e passada.

A projeção da área urbana para o ano de 2045, o qual marca o término do horizonte do Plano de Macrodrenagem, foi determinada mediante a aplicação da seguinte equação. Nessa abordagem, a área referente ao ano anterior foi fixada em 38,90 km², conforme identificado em uma imagem do Google Earth para a área urbana de Pouso Alegre em 2022. A partir desse ponto de partida, procedeu-se com a projeção para os anos subsequentes até 2045.

$$Área\ projetada = A_{passada}(1 + T_{atual})^n$$
Equação 6

Sendo:

$A_{passada}$ = é a última área medida da zona urbana, por satélite, em 2022;

T_{atual} = é a taxa de crescimento anual;

n é a quantidade de anos entre medição das duas áreas.

De forma concisa, realizou-se a mensuração das áreas urbanas de Pouso Alegre nos anos de 2005, 2011, 2016 e 2023. Em seguida, procedeu-se ao cálculo das taxas de crescimento durante esses períodos, resultando nas taxas anuais correspondentes. Por fim, para a projeção territorial, optou-se por utilizar a taxa de crescimento estabelecida no intervalo de 2005 a 2023.

Tabela 5 – Crescimento da mancha urbana de Pouso Alegre

Evolução da mancha urbana			
Ano	Área (km ²)	Taxa de crescimento no período	Taxa de crescimento anual
2005	19,70	-	-
2011	23,10	2,69%	0,45%
2016	29,90	5,30%	1,06%
2023	42,71	5,23%	0,75%
2005-2023	-	4,39%	0,24%
Área projetada para 2045 (km ²)		47,82	
Expansão necessária (km ²)		5,11	

Considerando as taxas de crescimento identificadas nos intervalos de 2005-2011, 2011-2016 e 2016-2022, concluiu-se que a taxa de 4,39% entre 2005 e 2022 melhor representa o desenvolvimento do município. Assim, adotou-se o princípio da taxa média de crescimento em períodos regulares para calcular a taxa anual. Desta maneira, a taxa de 4,39% ao longo de 18 anos equivale a um incremento de 0,24% ao ano. Ao aplicar a taxa anual de crescimento de 0,24% a 2045, estima-se que a área prevista para a mancha urbana atinja 47,82 km², implicando um acréscimo de 5,11 km² em relação à área urbana mais recente, em 2023.

Considerando o exposto, a responsabilidade pela escolha entre as metodologias de projeção territorial recaiu sobre o Grupo de Trabalho Executivo (GTe) e o Núcleo Gestor (NG), sendo escolhida a expansão que se baseia na evolução da mancha urbana, uma vez que esta é capaz de considerar a verticalização da cidade. É relevante ressaltar que, para o Plano de Macrodrenagem, a quantificação da área a ser impermeabilizada ao longo do horizonte de execução do plano é de extrema importância.

3. MODELAGEM HIDROLÓGICA

Nesse item será apresentada a metodologia de obtenção dos dados hidrológicos, utilizados como dados de entrada (input) na modelagem hidráulica.

3.1. METODOLOGIA

Os estudos hidrológicos utilizam como base modelos que possuem a função de representar os processos que ocorrem nas bacias hidrográficas, de modo a prever as decorrências de diferentes cenários em relação aos valores observados, sendo que o produto de sua análise é obtenção do hidrograma de cheia na saída do exutório da bacia de estudo. A modelagem permite a verificação da densidade dos dados reais, que possuem uma observação limitada da situação hidrológica da bacia.

Esses dados possibilitam a calibração dos modelos, de modo a gerar séries que permitem a obtenção de estudos para áreas não monitoradas. O estudo hidrológico ocorrerá por meio de simulações realizadas no software HEC-HMS, o qual foi desenvolvido pelo Hydrologic Engineering Center do US Army Corps of Engineers (HECUSACE), sendo já consolidada sua utilização em estudos similares a nível internacional.

Para viabilização do estudo hidrológico é necessário obter primeiramente alguns dados que servirão como base para o processamento do modelo, sendo eles: a delimitação da bacia de contribuição e seus parâmetros analíticos, os cálculos do tempo de concentração (t_c), duração (t_d) e de retardo (lag time), a definição dos tempos de retorno (TR), o cálculo da chuva de projeto, a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo e o cálculo do CN para utilização do método SCS Curve Number. Definidos esses dados, é possível obter os hidrogramas de projeto através de simulações realizadas dentro do software HEC-HMS.

Antes do processo da simulação hidrológica é necessário o processamento de imagens de satélite através do software livre QGIS 3.28.9 e Global Mapper 21.0, as quais serão utilizadas tanto para simulações hidrológicas, quanto para as hidráulicas.

3.2. ÁREA DE ESTUDO

Algumas áreas urbanas possuem maiores probabilidades a sofrerem com eventos de inundações, dado sua formação topográfica, sendo o que ocorre no município de Pouso Alegre. A área de estudo das simulações executadas compreende as sub-bacias hidrográficas do Córrego São Cristóvão, Córrego do Patinho, Córrego da Remonta, Córrego

São Judas Tadeu, Ribeirão das Mortes, Ribeirão Pantano, Rio Mandu, Rio Sapucaí Mírim e Rio Sapucaí. As sub-bacias foram caracterizadas quanto suas características fisiográficas no Produto 3.

Importante ressaltar que, com exceção da BH do Córrego São Judas Tadeu e do Córrego São Cristóvão (devido a suas pequenas dimensões), todas as demais bacias foram divididas em sub-bacias, de modo a tornar a análise mais robusta e detalhada.

3.3. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO, DURAÇÃO E RETARDO

O tempo de concentração é um parâmetro hidrológico que deriva da suposição de que a bacia hidrográfica se comporta como um sistema linear em relação ao fluxo superficial imediato. A consequência dessa premissa é a determinação do tempo de concentração como o período necessário para que toda a bacia comece a contribuir na seção de saída. Sob essa condição fictícia de resposta linear da bacia, o tempo de concentração é o momento de estabilidade, quando se estabelece um equilíbrio duradouro entre uma chuva efetiva de intensidade constante e o fluxo superficial imediato resultante (FRAGOSO; FERREIRA e MARQUES, 2009).

A determinação do tempo de concentração apresenta desafios, sendo necessário observar simultaneamente os eventos de precipitação e os hidrogramas. Sendo um parâmetro sensível a fatores como: forma da bacia; declividade média da bacia; tipo de cobertura vegetal; comprimento e declividade do curso principal; distância horizontal entre o ponto mais afastado da bacia e o ponto de interesse; condições do solo em que a bacia se encontra no início da chuva. Uma abordagem alternativa para determinar o tempo de concentração é empregar diversas fórmulas empíricas que consideram diversas características fisiográficas de uma bacia hidrográfica. Escolher a fórmula mais apropriada torna-se uma tarefa complexa nesse contexto (SILVEIRA, 2005).

Dentre as fórmulas frequentemente citadas na literatura para calcular o tempo de focalização, destaca-se a equação proposta por Kirpich (1940), a qual originou-se a partir de estudos em pequenas bacias hidrográficas agrícolas. Esta equação demonstra sua eficácia em bacias de médio porte, com áreas inferiores a 12.000 km², proporcionando estimativas precisas, mas mostrando limitações para áreas inferiores a 26,2 km². Por outro lado, a Equação do Corps Engineers dos EUA foi desenvolvida com base em 25 bacias hidrográficas rurais nos Estados Unidos, todas com áreas de até 12.000 km² e comprimento do rio principal inferior a 257 km (SILVEIRA, 2005). Por fim, a equação de Carter é utilizada

para estimar o tempo de concentração de bacias de pequeno a médio porte que se encontram inseridas em áreas urbanizadas (SILVEIRA, 2005).

As bacias que compõe a hidrografia do município de Pouso Alegre são em sua maior área de uso rural, sendo assim, as equações de Kirpich (Equação 7), Corps Engineers (Equação 8) e Carter () foram as selecionadas para a determinação do tempo de concentração das áreas estudadas. Para as sub-bacias do Córrego da Remonta e Córrego São Judas Tadeu e Ribeirão das Mortes utilizou-se a equação de Kirpich, já as sub-bacias do Córrego do Patinho e Corrêgo e São Cristóvão foram calculadas utilizando a equação de Carter. Por último, para as sub-bacias do Rio Pantano, Rio Sapucaí Mirim, Rio Mandu e Rio Sapucaí se aplicou a equação de Corps Engineers para determinação do tempo de concentração (Tabela 6).

$$t_c = 0,0663 L^{0,77} S^{-0,385} \quad \text{Equação 7}$$

$$t_c = 0,194 L^{0,76} S^{-0,19} \quad \text{Equação 8}$$

$$t_c = 0,0977 L^{0,6} S^{-0,3} \quad \text{Equação 9}$$

Sendo que:

t_c : Tempo de concentração da bacia (h);

L: Comprimento do talvegue (km);

S: Declividade média da bacia (m/m).

Tabela 6 – Tempo de concentração de cada bacia

Bacia	Tempo de Concentração (min)	
Córrego São Cristóvão	ÁREA DE INTERESSE	49
São Judas Tadeu	ÁREA DE INTERESSE	74
Córrego da Remonta	SUB 1	24
	ÁREA DE INTERESSE	57
Córrego do Patinho	ÁREA DE INTERESSE	105
	SUB 1	46
	SUB 2	30
	SUB 3	16
Ribeirão das Mortes	SUB 1	17
	SUB 2	14

Bacia	Tempo de Concentração (min)	
	SUB 3	14
	SUB 4	18
	SUB 5	14
	SUB 6	53
	SUB 7	20
	SUB 8	19
	ÁREA DE INTERESSE	146
Ribeirão Pantano	SUB 1	29
	SUB 2	54
	SUB 3	10
	SUB 4	96
	SUB 5	32
	SUB 6	23
	SUB 7	257
	SUB 8	60
	SUB 9	11
	SUB 10	20
	SUB 11	13
	SUB 12	35
	SUB 13	31
	SUB 14	43
	ÁREA DE INTERESSE	350
Rio Mandu	SUB 1	431
	SUB 2	477
	SUB 3	357
	SUB 4	134
	SUB 5	72
	SUB 6	81
	ÁREA DE INTERESSE	385
Rio Sapucaí-Mirim	SUB 1	762
	SUB 2	205
	SUB 3	126
	SUB 4	140
	SUB 5	1,011
	SUB 6	1,273
	SUB 7	139
	ÁREA DE INTERESSE	678
Rio Sapucaí	SUB 2 - sub1	833
	SUB 2 - sub2	1,024
	SUB 2 - sub3	964
	SUB 2 - sub4	1,236
	SUB 3	1,034
	ÁREA DE INTERESSE	575

Após estabelecido o tempo de concentração, procede-se à determinação do período total de precipitação (t_d), o qual deve superar ou, no mínimo, igualar o tempo de concentração da bacia, com o propósito de assegurar que o hidrograma atingirá seu pico de vazão. Para durações excedentes ao tempo de concentração, observa-se uma tendência de decréscimo na intensidade da chuva, enquanto para durações mais curtas, não há tempo suficiente para que toda a extensão da bacia contribua para a seção de interesse. A escolha foi efetuada em favor da uniformização do tempo de duração, adotando o próximo valor (associado ao tempo de concentração) para simplificar a disposição dos intervalos temporais.

Finalmente, realizou-se o cálculo do período de defasagem (lag time) para as sub-bacias, o qual, por simplificação, corresponde a 60% do tempo de concentração da precipitação. Este parâmetro representa o lapso temporal entre o ponto central do hietograma (gráfico temporal de precipitação) abrangendo a totalidade da chuva e o momento de pico no hidrograma (gráfico temporal de vazões). A estimativa do tempo de resposta pode ser derivada pelo intervalo de tempo determinado entre o centróide (ponto central geométrico) da precipitação total, considerando desde o início da precipitação até o ponto correspondente ao pico de vazão, e o instante correspondente ao ápice de vazão (LECASTRE e FRANCO, 1984).

A equação utilizada para se estimar o tempo de resposta é:

$$t_l = 0,6 t_c \quad \text{Equação 10}$$

Sendo:

t_l = tempo de resposta, em min;

t_c = tempo de concentração, em min.

Foram determinados os valores de tempo de resposta para cada um dos segmentos de cada bacia, e esses valores são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Tempo de resposta de cada bacia

Bacia		Lag time (min)
Córrego São Cristóvão	ÁREA DE INTERESSE	29
São Judas Tadeu	ÁREA DE INTERESSE	33

Bacia	Lag time (min)	
Córrego da Remonta	SUB 1	14
	ÁREA DE INTERESSE	34
	ÁREA DE INTERESSE	63
Córrego do Patinho	SUB 1	28
	SUB 2	18
	SUB 3	9
Ribeirão das Mortes	SUB 1	10
	SUB 2	8
	SUB 3	8
	SUB 4	11
	SUB 5	9
	SUB 6	32
	SUB 7	12
	SUB 8	12
	ÁREA DE INTERESSE	87
	ÁREA DE INTERESSE	87
Ribeirão Pantano	SUB 1	17
	SUB 2	32
	SUB 3	6
	SUB 4	58
	SUB 5	19
	SUB 6	14
	SUB 7	157
	SUB 8	36
	SUB 9	6
	SUB 10	12
	SUB 11	8
	SUB 12	22
	SUB 13	19
	SUB 14	26
Rio Mandu	ÁREA DE INTERESSE	210
	SUB 1	258
	SUB 2	286
	SUB 3	214
	SUB 4	80
	SUB 5	43
Rio Sapucaí-Mirim	SUB 6	49
	ÁREA DE INTERESSE	231
	SUB 1	457
	SUB 2	123
	SUB 3	75
	SUB 4	84
	SUB 5	607
	SUB 6	764
Rio Sapucaí-Mirim	SUB 7	83
	ÁREA DE INTERESSE	407

Bacia	Lag time (min)	
Rio Sapucaí	SUB 2 - sub1	500
	SUB 2 - sub2	615
	SUB 2 - sub3	579
	SUB 2 - sub4	742
	SUB 3	620
	ÁREA DE INTERESSE	345

3.4. TEMPO DE RETORNO

A probabilidade de um nível de vazão ou precipitação específico ocorrer ou ser superado em um período de tempo é o que compreendemos como risco. O tempo de retorno (TR) é a reciprocidade dessa probabilidade e denota o período médio em que esse evento tem a probabilidade de se repetir ou ser superado. Para cada estrutura ou característica natural, há uma metodologia específica para calcular seu intervalo de retorno. Em diversas literaturas são encontrados valores sugeridos para cada classificação de obra de drenagem, o guia federal sugere os valores apresentados na para cada um dos tipos de obra (Tabela 8).

Tabela 8 – Períodos de retorno em função da ocupação da área

Tipo de obra	Tipo de ocupação	Período de retorno (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Edifícios de serviços públicos	2 a 5
Microdrenagem	Aeroportos	5 a 10
Macro drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 ou 100
Macro drenagem	Área de importância específica	500

Fonte: FUNASA, 2016

Ao planejar áreas urbanas, dado que haverá modificações na bacia, a escolha do tempo de retorno está relacionada à possibilidade de uma precipitação específica, e não necessariamente à vazão resultante, a qual resulta da interação da precipitação com outros elementos da bacia hidrográfica. É importante destacar que os impactos de uma inundação variarão de estrutura para estrutura. Por exemplo, uma inundação em um sistema de drenagem de águas pluviais em estradas terá um impacto direto no tráfego local, enquanto em um sistema de controle urbano de inundações, os principais riscos envolvem danos a propriedades e à infraestrutura. Para o caso deste estudo, as simulações hidrológicas e hidráulicas foram conduzidas considerando intervalos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

3.5. PRECIPITAÇÃO DE PROJETO

Em obras hidráulicas, incluindo os sistemas de drenagem urbana, é essencial compreender as interações que definem as precipitações máximas, ou seja, as relações entre intensidade, duração e frequência nas áreas de intervenção. Estas conexões são derivadas da análise prolongada do padrão de precipitação na região, abrangendo um período extenso que englobe os eventos climáticos extremos do local de estudo (TUCCI, 2012).

As projeções pluviométricas, também denominadas hietogramas, são abordagens simplificadas para representar a distribuição temporal das chuvas. Seu principal intento é disponibilizar dados iniciais para modelos de simulação chuva-vazão, empregados na concepção de estruturas hidráulicas. Diversos métodos existem para gerar hietogramas de chuva; entretanto, neste estudo, optou-se pela aplicação do método dos blocos alternados, utilizando precipitação calculada por meio da análise estatística de dados históricos observados.

A decisão pela adoção dessa metodologia na síntese de chuva foi motivada pela capacidade de produzir resultados mais eficazes em bacias de maior extensão, uma vez que emprega valores calculados com base em séries pluviométricas previamente observadas. Para implementar o método de distribuição temporal das chuvas, foi necessário, inicialmente, calcular a precipitação acumulada para cada intervalo de retorno. Com essa finalidade, foram empregados os registros de precipitação máxima mensal provenientes da estação pluviométrica de Pouso Alegre (código 02245077, série histórica de 1941 a 1999). A partir desse conjunto de dados, tornou-se viável a seleção das informações sobre precipitação máxima para cada ano hidrológico, abrangendo o período de agosto a julho, com a exclusão dos anos que apresentavam falha, processo o qual foi realizado para cada uma das sub-bacias (Tabela 9).

Tabela 9 – Chuvas máximas por ano hidrológico.

Ano hidrológico	Máxima ano hidrológico (mm)	Ano hidrológico	Máxima ano hidrológico (mm)
1941-1942	57,5	1970-1971	60,8
1942-1943	49,2	1971-1972	64,2
1943-1944	75,5	1972-1973	64,4
1944-1945	88,7	1973-1974	64,7
1945-1946	76,9	1974-1975	57,2
1946-1947	70,8	1975-1976	66,7
1947-1948	72	1976-1977	61,5
1948-1949	58,5	1977-1978	99,8
1949-1950	40,2	1978-1979	60,8
1950-1951	58,2	1979-1980	96,4
1951-1952	50,2	1980-1981	55,4
1952-1953	50,3	1981-1982	84,4
1953-1954	61,4	1982-1983	90,6
1954-1955	100,2	1983-1984	83,1
1955-1956	109,2	1984-1985	76,6
1956-1957	59	1985-1986	67,1
1957-1958	63,4	1986-1987	73,4
1958-1959	52,6	1987-1988	70,6
1959-1960	-	1988-1989	64,2
1960-1961	75,4	1989-1990	75
1961-1962	68,6	1990-1991	35,1
1962-1963	83,4	1991-1992	71
1963-1964	75	1992-1993	91
1964-1965	251	1993-1994	33,4
1965-1966	87,7	1994-1995	-
1966-1967	125	1995-1996	52,3
1967-1968	57,1	1996-1997	50,2
1968-1969	66,2	1997-1998	48,2
1969-1970	79,1	1998-1999	64,2

Após a escolha dos dados, a etapa subsequente envolveu a determinação da média e do desvio padrão dos logaritmos neperianos (Ln) associados a cada precipitação máxima, por sub-bacia, conforme Tabela 10.

Tabela 10 – Média e desvio padrão das precipitações máximas por sub-bacia

Sub-bacia	Parâmetro	Resultado
Córrego São Cristóvão	Média - μ	4,22
	Desvio padrão - σ	0,31
São Judas Tadeu	Média - μ	4,22
	Desvio padrão - σ	0,31
Córrego da Remonta	Média - μ	4,22
	Desvio padrão - σ	0,31
Córrego do Patinho	Média - μ	4,22
	Desvio padrão - σ	0,31
Mortes	Média - μ	4,22
	Desvio padrão - σ	0,31
Pantano	Média - μ	4,22

Sub-bacia	Parâmetro	Resultado
Mandu	Desvio padrão - σ	0,31
	Média - μ	4,22
	Desvio padrão - σ	0,31
Sapucaí-Mirim	Média - μ	4,22
	Desvio padrão - σ	0,31
Sapucaí	Média - μ	4,22
	Desvio padrão - σ	0,31

Assim, tornou-se viável conduzir a análise estatística dos dados e determinar a precipitação acumulada em relação ao tempo de retorno utilizando a Distribuição Log-Normal por meio da tabela estatística associada à distribuição Normal (Equação 10).

$$\ln x = Z \cdot S_{\ln x} + \bar{x}_{\ln x} \quad \text{Equação 11}$$

Sendo que:

$\ln x$: Logarítmo da variável (precipitação);

$\bar{x}_{\ln x}$: Média dos logaritmos da variável;

$S_{\ln x}$: Desvio padrão dos logaritmos da variável.

Para utilizar a Equação 11, é imprescindível dispor dos valores de Tempo de Retorno necessários, assim como suas respectivas probabilidades (inverso do TR). Neste estudo, a análise concentra-se nas probabilidades de ultrapassagem (precipitações máximas). Portanto, é necessário obter as probabilidades à direita do valor de Z. A probabilidade a ser consultada na tabela da distribuição Normal será a complementar ao valor calculado, conforme especificado na Equação 11.

$$P_{tabela} = 1 - \frac{1}{TR} \quad \text{Equação 12}$$

Na Figura 11 e Figura 12 são exibidos os gráficos de probabilidade, sendo o primeiro para valores de Z inferiores à média e o segundo para valores de Z superiores à média. O resultado das probabilidades obtidos pela Equação 12 devem ser consultados na tabela da distribuição normal (ver anexo I) para determinar o valor correspondente de Z.

Entrada da tabela para Z é a probabilidade abaixo de Z.

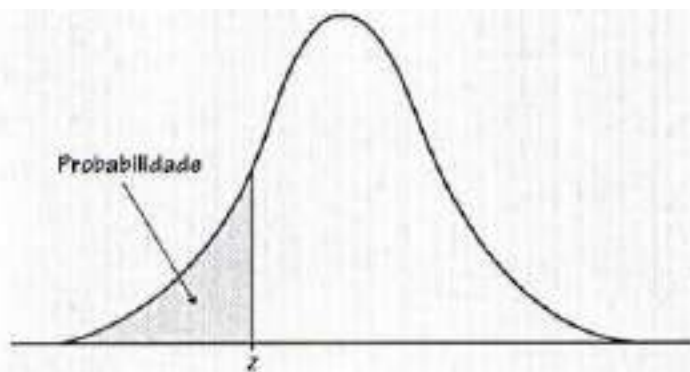


Figura 11 – Gráfico de distribuição normal para valores de Z inferiores à média
Fonte: SILVA, 2020

Entrada da tabela para Z é a probabilidade abaixo de Z.

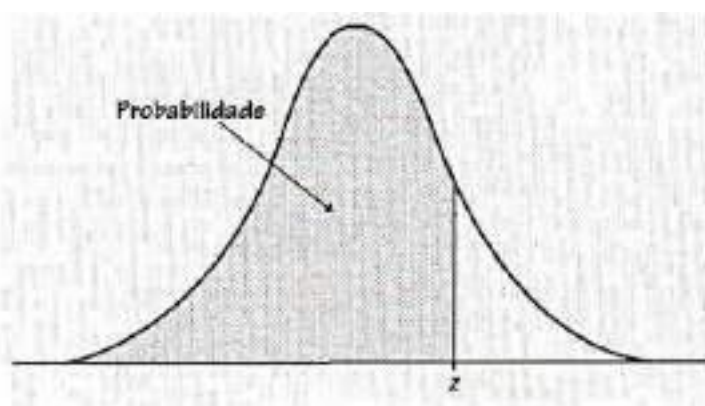


Figura 12 - Gráfico de distribuição normal para valores de Z superiores à média
Fonte: SILVA, 2020

Em seguida, utilizando os dados estatísticos apresentados na Tabela 10, é possível aplicar a Equação 11 para calcular o logaritmo neperiano da variável em estudo ($\ln x$). Desse modo, torna-se viável determinar a precipitação máxima acumulada ao realizar a exponenciação do logaritmo neperiano para cada período de retorno, conforme indicado na Tabela 11.

A precipitação obtida representa a chuva acumulada ao longo de um dia. Nesse sentido, é necessário realizar a desagregação da chuva de acordo com o tempo de duração calculado para a bacia em análise. Para tal, foram aplicados os coeficientes de desagregação de chuvas específicos para o município de Pouso Alegre, conforme apresentado pelo CPRM (2021), destacado na Tabela 12.

Tabela 11 – Parâmetros determinados e obtenção da precipitação acumulada

TR (anos)	Probabilidade	Na tabela de probabilidades	Z (tabela)	$\ln x$	P Log-Normal (mm)
1,01	0,9901	0,0099	-2,33	3,496	33,00
1,1	0,9091	0,0909	-1,34	3,806	44,97

TR (anos)	Probabilidade	Na tabela de probabilidades	Z (tabela)	Inx	P Log-Normal (mm)
1,2	0,8333	0,1667	-0,97	3,922	50,48
1,3	0,7692	0,2308	-0,74	3,993	54,24
1,4	0,7143	0,2857	-0,57	4,047	57,20
1,5	0,6667	0,3333	-0,43	4,090	59,76
1,6	0,6250	0,3750	-0,32	4,125	61,85
1,7	0,5882	0,4118	-0,22	4,156	63,82
1,8	0,5556	0,4444	-0,14	4,181	65,43
1,9	0,5263	0,4737	-0,07	4,203	66,88
2	0,5000	0,5000	0,00	4,225	68,36
3	0,3333	0,6667	0,43	4,359	78,19
4	0,2500	0,7500	0,68	4,437	84,55
5	0,2000	0,8000	0,84	4,487	88,88
6	0,1667	0,8333	0,97	4,528	92,57
7	0,1429	0,8571	1,07	4,559	95,51
8	0,1250	0,8750	1,15	4,584	97,93
9	0,1111	0,8889	1,22	4,606	100,09
10	0,1000	0,9000	1,28	4,625	101,99
15	0,0667	0,9333	1,50	4,694	109,25
20	0,0500	0,9500	1,65	4,740	114,49
25	0,0400	0,9600	1,75	4,772	118,13
30	0,0333	0,9667	1,83	4,797	121,12
40	0,0250	0,9750	1,96	4,837	126,14
50	0,0200	0,9800	2,05	4,866	129,74
100	0,0100	0,9900	2,33	4,953	141,60
200	0,0050	0,9950	2,58	5,031	153,11
500	0,0020	0,9980	2,88	5,125	168,17
1000	0,0010	0,9990	3,08	5,187	179,01
10000	0,0001	0,9999	3,49	5,316	203,49

Tabela 12 – Coeficientes de desagregação de chuvas em Pouso Alegre

Parâmetro	Coeficiente de desagregação
cd24h/dia	1.13
cd14h/24h	0.83
cd8h/24h	0.75
cd4h/24h	0.73
cd3h/24h	0.69
cd2h/24h	0.64
cd1h/24h	0.56
cd45min/1h	0.91
cd30min/1h	0.79
cd15min/1h	0.51
cd10min/1h	0.39

Dado o grande porte das bacias em análise, cada uma delas foi subdivida em sub-bacias de modo a tornar a análise mais robusta, considerando os tempos de deságue de cada um desses afluentes no talvegue principal. Assim, com os dados de desagregação das

chuvas, tornou-se viável determinar a precipitação total para um dado período de duração associado a um intervalo de recorrência (Tabela 13 a Tabela 21).

Tabela 13 - Precipitações acumuladas por tempo de retorno (utilizadas para cálculo na bacia do Córrego São Cristóvão)

TR (anos)	P1h (mm)
1,01	20,88
1,1	28,45
1,2	31,94
1,3	34,32
1,4	36,20
1,5	37,82
1,6	39,14
1,7	40,38
1,8	41,40
1,9	42,32
2	43,26
3	49,48
4	53,50
5	56,24
6	58,58
7	60,44
8	61,97
9	63,34
10	64,54
15	69,13
20	72,45
25	74,75
30	76,64
40	79,82
50	82,10
100	89,61
200	96,89
500	106,42
1000	113,28
10000	128,77

Tabela 14 – Precipitações acumuladas por tempo de retorno (utilizadas para cálculo na bacia do Córrego São Judas Tadeu)

TR (anos)	P1h (mm)	P15min (mm)	P10min (mm)
1,01	20,88	10,65	8,14
1,1	28,45	14,51	11,10
1,2	31,94	16,29	12,46
1,3	34,32	17,51	13,39
1,4	36,20	18,46	14,12

TR (anos)	P1h (mm)	P15min (mm)	P10min (mm)
1,5	37,82	19,29	14,75
1,6	39,14	19,96	15,26
1,7	40,38	20,60	15,75
1,8	41,40	21,12	16,15
1,9	42,32	21,58	16,51
2	43,26	22,06	16,87
3	49,48	25,23	19,30
4	53,50	27,29	20,87
5	56,24	28,68	21,94
6	58,58	29,87	22,85
7	60,44	30,82	23,57
8	61,97	31,60	24,17
9	63,34	32,30	24,70
10	64,54	32,91	25,17
15	69,13	35,26	26,96
20	72,45	36,95	28,26
25	74,75	38,12	29,15
30	76,64	39,09	29,89
40	79,82	40,71	31,13
50	82,10	41,87	32,02
100	89,61	45,70	34,95
200	96,89	49,41	37,79
500	106,42	54,27	41,50
1000	113,28	57,77	44,18
10000	128,77	65,67	50,22

Tabela 15 – Precipitações acumuladas por tempo de retorno (utilizadas para cálculo na bacia do Córrego da Remonta)

TR (anos)	P1h (mm)	P45min (mm)	P30min (mm)	P15min (mm)	P10min (mm)
1,01	20,88	19,00	16,50	10,65	8,14
1,1	28,45	25,89	22,48	14,51	11,10
1,2	31,94	29,07	25,24	16,29	12,46
1,3	34,32	31,24	27,12	17,51	13,39
1,4	36,20	32,94	28,60	18,46	14,12
1,5	37,82	34,41	29,88	19,29	14,75
1,6	39,14	35,62	30,92	19,96	15,26
1,7	40,38	36,75	31,90	20,60	15,75
1,8	41,40	37,68	32,71	21,12	16,15
1,9	42,32	38,51	33,43	21,58	16,51
2	43,26	39,36	34,17	22,06	16,87
3	49,48	45,03	39,09	25,23	19,30
4	53,50	48,69	42,27	27,29	20,87
5	56,24	51,18	44,43	28,68	21,94
6	58,58	53,31	46,28	29,87	22,85
7	60,44	55,00	47,75	30,82	23,57
8	61,97	56,39	48,95	31,60	24,17
9	63,34	57,64	50,04	32,30	24,70
10	64,54	58,73	50,98	32,91	25,17
15	69,13	62,91	54,61	35,26	26,96
20	72,45	65,93	57,24	36,95	28,26
25	74,75	68,02	59,05	38,12	29,15
30	76,64	69,74	60,55	39,09	29,89
40	79,82	72,64	63,06	40,71	31,13

50	82,10	74,71	64,86	41,87	32,02
100	89,61	81,54	70,79	45,70	34,95
200	96,89	88,17	76,54	49,41	37,79
500	106,42	96,84	84,07	54,27	41,50
1000	113,28	103,08	89,49	57,77	44,18
10000	128,77	117,18	101,73	65,67	50,22

Tabela 16 - Precipitações acumuladas por tempo de retorno (utilizadas para cálculo na bacia do Córrego do Patinho)

TR (anos)	P2h (mm)	P1h (mm)	P30min (mm)
1,01	23,86	20,88	16,50
1,1	32,52	28,45	22,48
1,2	36,51	31,94	25,24
1,3	39,23	34,32	27,12
1,4	41,37	36,20	28,60
1,5	43,22	37,82	29,88
1,6	44,73	39,14	30,92
1,7	46,15	40,38	31,90
1,8	47,32	41,40	32,71
1,9	48,37	42,32	33,43
2	49,44	43,26	34,17
3	56,55	49,48	39,09
4	61,14	53,50	42,27
5	64,28	56,24	44,43
6	66,95	58,58	46,28
7	69,07	60,44	47,75
8	70,82	61,97	48,95
9	72,39	63,34	50,04
10	73,76	64,54	50,98
15	79,01	69,13	54,61
20	82,80	72,45	57,24
25	85,43	74,75	59,05
30	87,59	76,64	60,55
40	91,22	79,82	63,06
50	93,83	82,10	64,86
100	102,41	89,61	70,79
200	110,73	96,89	76,54
500	121,62	106,42	84,07
1000	129,46	113,28	89,49
10000	147,16	128,77	101,73

Tabela 17 - Precipitações acumuladas por tempo de retorno (utilizadas para cálculo na bacia do Ribeirão das Mortes)

TR (anos)	P3h (mm)	P1h (mm)	P30min (mm)	P15min (mm)
1,01	25,73	20,88	16,50	10,65
1,1	35,06	28,45	22,48	14,51
1,2	39,36	31,94	25,24	16,29
1,3	42,29	34,32	27,12	17,51

TR (anos)	P3h (mm)	P1h (mm)	P30min (mm)	P15min (mm)
1,4	44,60	36,20	28,60	18,46
1,5	46,60	37,82	29,88	19,29
1,6	48,23	39,14	30,92	19,96
1,7	49,76	40,38	31,90	20,60
1,8	51,02	41,40	32,71	21,12
1,9	52,15	42,32	33,43	21,58
2	53,30	43,26	34,17	22,06
3	60,97	49,48	39,09	25,23
4	65,92	53,50	42,27	27,29
5	69,30	56,24	44,43	28,68
6	72,18	58,58	46,28	29,87
7	74,47	60,44	47,75	30,82
8	76,35	61,97	48,95	31,60
9	78,04	63,34	50,04	32,30
10	79,52	64,54	50,98	32,91
15	85,18	69,13	54,61	35,26
20	89,27	72,45	57,24	36,95
25	92,10	74,75	59,05	38,12
30	94,43	76,64	60,55	39,09
40	98,35	79,82	63,06	40,71
50	101,16	82,10	64,86	41,87
100	110,41	89,61	70,79	45,70
200	119,38	96,89	76,54	49,41
500	131,12	106,42	84,07	54,27
1000	139,58	113,28	89,49	57,77
10000	158,66	128,77	101,73	65,67

Tabela 18 - Precipitações acumuladas por tempo de retorno (utilizadas para cálculo na bacia do Ribeirão Pantano)

TR (anos)	P8h (mm)	P2h (mm)	P1h (mm)	P45min (mm)	P30min (mm)	P15min (mm)	P10min (mm)
1,01	27,97	23,86	20,88	19,00	16,50	10,65	8,14
1,1	38,11	32,52	28,45	25,89	22,48	14,51	11,10
1,2	42,78	36,51	31,94	29,07	25,24	16,29	12,46
1,3	45,97	39,23	34,32	31,24	27,12	17,51	13,39
1,4	48,48	41,37	36,20	32,94	28,60	18,46	14,12
1,5	50,65	43,22	37,82	34,41	29,88	19,29	14,75
1,6	52,42	44,73	39,14	35,62	30,92	19,96	15,26
1,7	54,08	46,15	40,38	36,75	31,90	20,60	15,75
1,8	55,45	47,32	41,40	37,68	32,71	21,12	16,15
1,9	56,68	48,37	42,32	38,51	33,43	21,58	16,51
2	57,93	49,44	43,26	39,36	34,17	22,06	16,87
3	66,27	56,55	49,48	45,03	39,09	25,23	19,30
4	71,65	61,14	53,50	48,69	42,27	27,29	20,87
5	75,33	64,28	56,24	51,18	44,43	28,68	21,94
6	78,45	66,95	58,58	53,31	46,28	29,87	22,85
7	80,94	69,07	60,44	55,00	47,75	30,82	23,57
8	82,99	70,82	61,97	56,39	48,95	31,60	24,17
9	84,83	72,39	63,34	57,64	50,04	32,30	24,70
10	86,43	73,76	64,54	58,73	50,98	32,91	25,17

TR (anos)	P8h (mm)	P2h (mm)	P1h (mm)	P45min (mm)	P30min (mm)	P15min (mm)	P10min (mm)
15	92,59	79,01	69,13	62,91	54,61	35,26	26,96
20	97,03	82,80	72,45	65,93	57,24	36,95	28,26
25	100,11	85,43	74,75	68,02	59,05	38,12	29,15
30	102,65	87,59	76,64	69,74	60,55	39,09	29,89
40	106,90	91,22	79,82	72,64	63,06	40,71	31,13
50	109,95	93,83	82,10	74,71	64,86	41,87	32,02
100	120,01	102,41	89,61	81,54	70,79	45,70	34,95
200	129,76	110,73	96,89	88,17	76,54	49,41	37,79
500	142,52	121,62	106,42	96,84	84,07	54,27	41,50
1000	151,71	129,46	113,28	103,08	89,49	57,77	44,18
10000	172,46	147,16	128,77	117,18	101,73	65,67	50,22

Tabela 19 - Precipitações acumuladas por tempo de retorno (utilizadas para cálculo na bacia do Rio Mandu)

TR (anos)	P14h (mm)	P3h (mm)	P2h (mm)
1,01	30,95	25,73	23,86
1,1	42,17	35,06	32,52
1,2	47,34	39,36	36,51
1,3	50,87	42,29	39,23
1,4	53,65	44,60	41,37
1,5	56,05	46,60	43,22
1,6	58,01	48,23	44,73
1,7	59,85	49,76	46,15
1,8	61,37	51,02	47,32
1,9	62,73	52,15	48,37
2	64,11	53,30	49,44
3	73,34	60,97	56,55
4	79,30	65,92	61,14
5	83,36	69,30	64,28
6	86,82	72,18	66,95
7	89,58	74,47	69,07
8	91,84	76,35	70,82
9	93,88	78,04	72,39
10	95,65	79,52	73,76
15	102,46	85,18	79,01
20	107,38	89,27	82,80
25	110,79	92,10	85,43
30	113,60	94,43	87,59
40	118,31	98,35	91,22
50	121,68	101,16	93,83
100	132,81	110,41	102,41
200	143,61	119,38	110,73
500	157,72	131,12	121,62
1000	167,90	139,58	129,46
10000	190,85	158,66	147,16

Tabela 20 - Precipitações acumuladas por tempo de retorno (utilizadas para cálculo na bacia do Rio Sapucaí-Mirim)

TR (anos)	P24h (mm)	P14h (mm)	P4h (mm)	P3h (mm)
1,01	37,29	30,95	27,22	25,73
1,1	50,81	42,17	37,09	35,06
1,2	57,04	47,34	41,64	39,36
1,3	61,29	50,87	44,74	42,29
1,4	64,64	53,65	47,19	44,60
1,5	67,53	56,05	49,30	46,60
1,6	69,89	58,01	51,02	48,23
1,7	72,11	59,85	52,64	49,76
1,8	73,94	61,37	53,97	51,02
1,9	75,57	62,73	55,17	52,15
2	77,24	64,11	56,39	53,30
3	88,36	73,34	64,50	60,97
4	95,54	79,30	69,74	65,92
5	100,44	83,36	73,32	69,30
6	104,60	86,82	76,36	72,18
7	107,92	89,58	78,78	74,47
8	110,66	91,84	80,78	76,35
9	113,10	93,88	82,57	78,04
10	115,25	95,65	84,13	79,52
15	123,45	102,46	90,12	85,18
20	129,37	107,38	94,44	89,27
25	133,48	110,79	97,44	92,10
30	136,86	113,60	99,91	94,43
40	142,54	118,31	104,05	98,35
50	146,60	121,68	107,02	101,16
100	160,01	132,81	116,81	110,41
200	173,02	143,61	126,30	119,38
500	190,03	157,72	138,72	131,12
1000	202,29	167,90	147,67	139,58
10000	229,94	190,85	167,86	158,66

Tabela 21 - Precipitações acumuladas por tempo de retorno (utilizadas para cálculo na bacia do Rio Sapucaí)

TR (anos)	P24h (mm)	P14h (mm)	P8h (mm)
1,01	37,29	30,95	27,97
1,1	50,81	42,17	38,11
1,2	57,04	47,34	42,78
1,3	61,29	50,87	45,97
1,4	64,64	53,65	48,48
1,5	67,53	56,05	50,65
1,6	69,89	58,01	52,42
1,7	72,11	59,85	54,08
1,8	73,94	61,37	55,45
1,9	75,57	62,73	56,68
2	77,24	64,11	57,93
3	88,36	73,34	66,27
4	95,54	79,30	71,65

TR (anos)	P24h (mm)	P14h (mm)	P8h (mm)
5	100,44	83,36	75,33
6	104,60	86,82	78,45
7	107,92	89,58	80,94
8	110,66	91,84	82,99
9	113,10	93,88	84,83
10	115,25	95,65	86,43
15	123,45	102,46	92,59
20	129,37	107,38	97,03
25	133,48	110,79	100,11
30	136,86	113,60	102,65
40	142,54	118,31	106,90
50	146,60	121,68	109,95
100	160,01	132,81	120,01
200	173,02	143,61	129,76
500	190,03	157,72	142,52
1000	202,29	167,90	151,71
10000	229,94	190,85	172,46

Assim, deu-se continuidade à obtenção da precipitação por meio do método dos blocos alternados. Este é um indicador sintético elaborado a partir das curvas IDF, assumindo a premissa de que o valor estabelecido pelas curvas IDF para as durações parciais coincide com a soma dos volumes de precipitação, à medida que blocos de chuva são adicionados. Para tal propósito, foi essencial derivar a equação de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) específica para o município de Pouso Alegre, uma vez que essa forma é uma das abordagens mais comuns para calcular a intensidade de chuvas (BACK, 2012 e VILLELA & MATTOS, 1975 apud FREITAS, 2016).

Observa-se que o método dos blocos alternados opera de maneira arbitrária na disposição dos blocos de chuva no hidrograma. Contudo, é factível adotar regras empíricas que resultam em picos mais pronunciados. Uma prática comum sugere posicionar blocos de precipitação mais intensa entre 1/3 e 1/2 da duração da tempestade, seguido pela alocação alternada dos demais valores. Este método estabelece uma relação indireta entre o intervalo de tempo utilizado e os valores de intensidade nos picos, resultando em intensidades mais elevadas para intervalos de tempo menores (CANHOLI 2014).

Para estabelecer a curva Intensidade-Duração-Frequência (IDF) de Pouso Alegre, empregou-se o programa Pluvi, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa. Este software disponibiliza parâmetros para essa equação em todo o território brasileiro. Os valores específicos para o local em análise estão detalhados na Tabela 22.

Tabela 22 – Parâmetros da equação IDF de PousoAlegre/MG

Parâmetro	Resultado
a	667,3380
b	0,1840
c	20,8690
d	0,6350

A hidrografia do território examinado abrange um total de 49 sub-bacias distribuídas ao longo de sua extensão. Diante desse panorama, tornou-se imperativo realizar o cálculo das chuvas de projeto individualmente para cada uma dessas bacias, empregando o método dos blocos alternados representado pela Equação 5:

$$i = \frac{a \cdot TR^b}{(t + c)^d} \quad \text{Equação 13}$$

Sendo:

a,b,c e d: Parâmetros do local de análise;

i: Intensidade máxima de precipitação (mm/h);

TR: Tempo de retorno (anos);

t: duração total da chuva (minutos)

Com os parâmetros devidamente estabelecidos, foi viável determinar a equação Intensidade-Duração-Frequência (IDF) específica para o município de Pouso Alegre (Equação 6).

$$i = \frac{667,338 \cdot TR^{0,184}}{(t + 20,869)^{0,635}} \quad \text{Equação 14}$$

Para avançar no cálculo da precipitação projetada, é essencial determinar os intervalos de distribuição de chuva, sendo que cada sub-bacia possui um período de tempo definido. Com essa definição, tornou-se viável aplicar a Equação 14 e calcular a intensidade máxima de precipitação para cada intervalo.

Com as intensidades estabelecidas, foi possível computar a precipitação acumulada para cada passo, multiplicando as intensidades pelo tempo de intervalo. A etapa subsequente envolveu o cálculo da variação da chuva durante o intervalo, subtraindo o valor anterior de cada precipitação do valor correspondente adjacente. Por fim, os resultados foram organizados conforme preconiza o método dos blocos alternados, com os valores

mais elevados posicionados centralmente no hidrograma, alternando-se com os valores restantes. Estão expostos os Hietogramas, no APÊNDICE A, representando a distribuição temporal da precipitação para cada microbacia nos cenários de projeto, considerando os tempos de retorno estabelecidos (CANHOLI, 2014).

3.6. VAZÃO DE PROJETO

O Serviço de Conservação do Solo (SCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos apresentou uma abordagem simplificada para a avaliação do escoamento superficial em pequenas bacias rurais, Tal estimativa fundamenta-se em dados prontamente acessíveis, como uso da terra, cobertura vegetal, índice pluviométrico e tipo de solo, A disseminação desse método nos estudos hidrológicos ganhou destaque devido à sua simples aplicação (JESUS, 2017),

Diversos métodos se encontram disponíveis para converter precipitação em vazão, Neste estudo, optou-se pela utilização do método de Número de Curva - CN, concebido pelo Serviço de Conservação do Solo – SCS, Este método possui a capacidade de calcular a porção de precipitação que infiltra no solo e aquela que resulta em escoamento superficial, Denominado comumente como Número de Curva (CN), foi elaborado com o propósito de determinar a fração de precipitação que se infiltra ou excede, possibilitando a criação de hidrogramas para a análise hidrológica de uma região específica (CANHOLI, 2014),

O principal parâmetro deste método é o CN, cuja determinação está condicionada ao tipo de solo e ao uso da terra (definidos pelo grupo hidrológico de solos), à cobertura vegetal, à fração de área impermeável, à interceptação e ao armazenamento superficial, Outros parâmetros considerados na aplicação deste método incluem a relação entre a abstração inicial e a capacidade de armazenamento potencial de água no solo, conhecida como coeficiente de abstração inicial, a escolha do valor a ser empregado nesse parâmetro é uma das decisões mais subjetivas em todo o método (PEZAN, 2022).

As simulações hidrológicas das microbacias do estudo foram conduzidas no software HEC-HMS, Para a execução dessas simulações, foram necessários os seguintes dados de entrada, sendo que todos foram pré-determinados com exceção dos valores de Manning e CN que serão apresentados posteriormente:

- Os hietogramas de projeto de cada sub-bacia para os tempos de retorno utilizados (contidos no item 3.5);
- Os dados de caracterização de cada sub-bacias, apresentados no Produto 3,1;

- Valores de Curve Number (CN);
- Nos trechos de rios estipulados na simulação considerou-se o valor do coeficiente de Manning do local,

3.6.1. Uso e ocupação do solo

A análise do uso e ocupação do solo é uma excelente ferramenta para compreender e descrever a dinâmica de ocupação do solo e as propriedades da localidade. Para o presente estudo foram gerados mapas utilizando as imagens fornecidas pelo satélite Sentinel-2, o qual consiste em um sensor multiespectral MSI com 13 bandas espectrais e com resolução espacial de 10m. Sendo que o Sentinel-2 foi lançado exclusivamente para o monitoramento da ocupação da superfície terrestre. As imagens obtidas do satélite foram tratadas para que se elaborassem os mapas das sub-bacias estudadas. Da Figura 13 a Figura 20 pode ser observada a classificação de uso e ocupação da área de estudo.

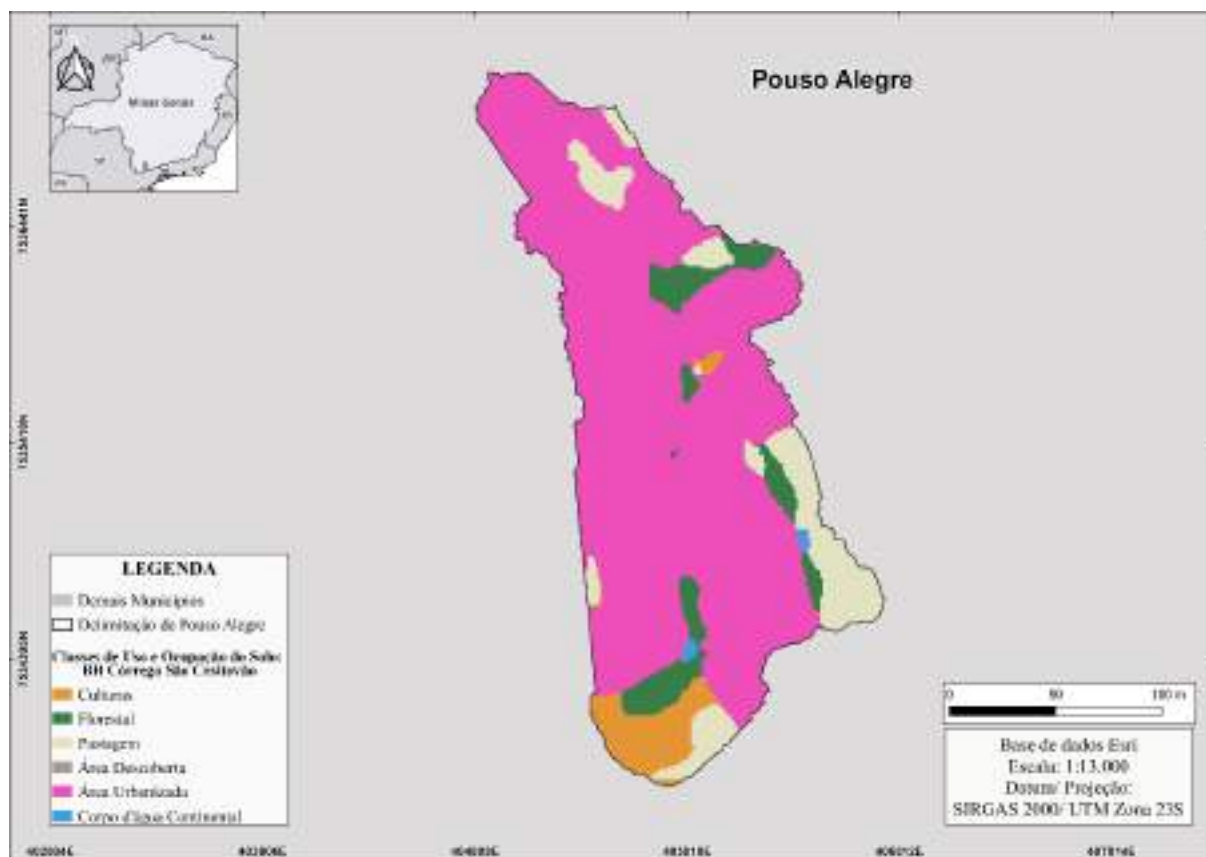


Figura 13 - Mapa de uso e ocupação da Bacia do Córrego São Cristóvão

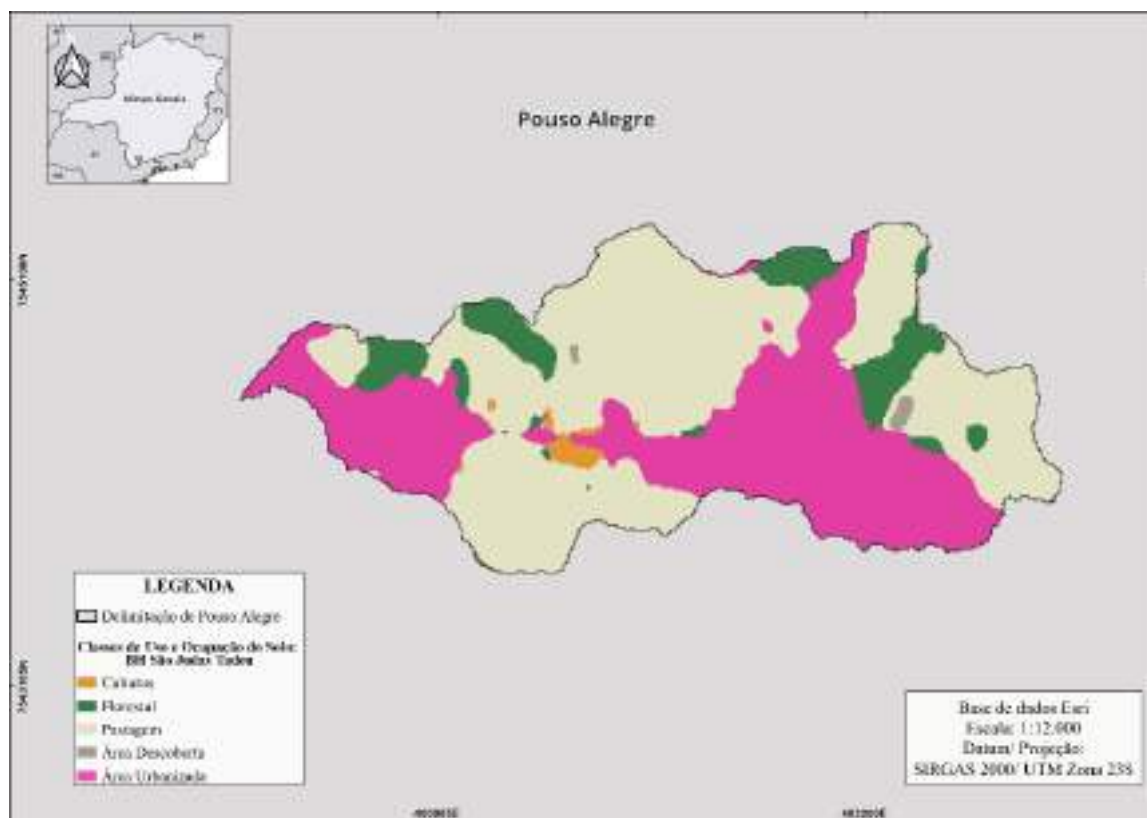


Figura 14 – Mapa de uso e ocupação da bacia do Córrego São Judas Tadeu

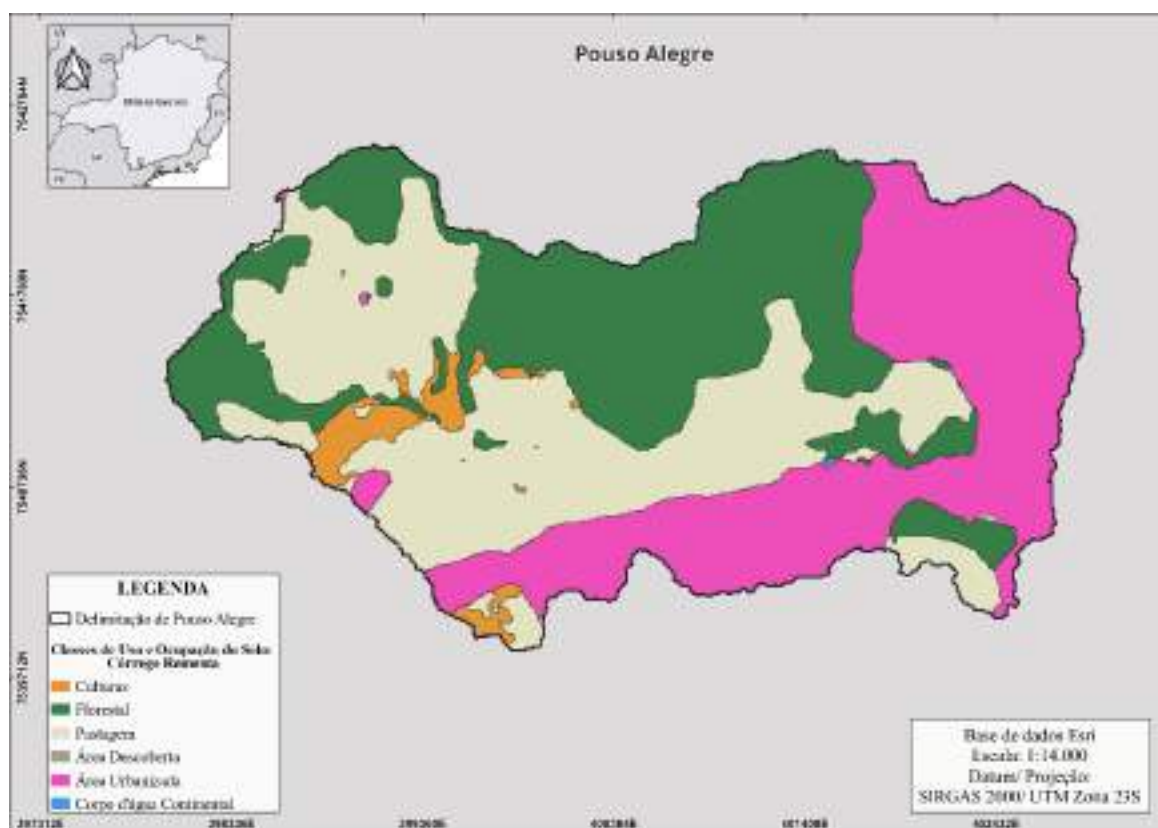


Figura 15 – Mapa de uso e ocupação da Bacia do Córrego da Remonta

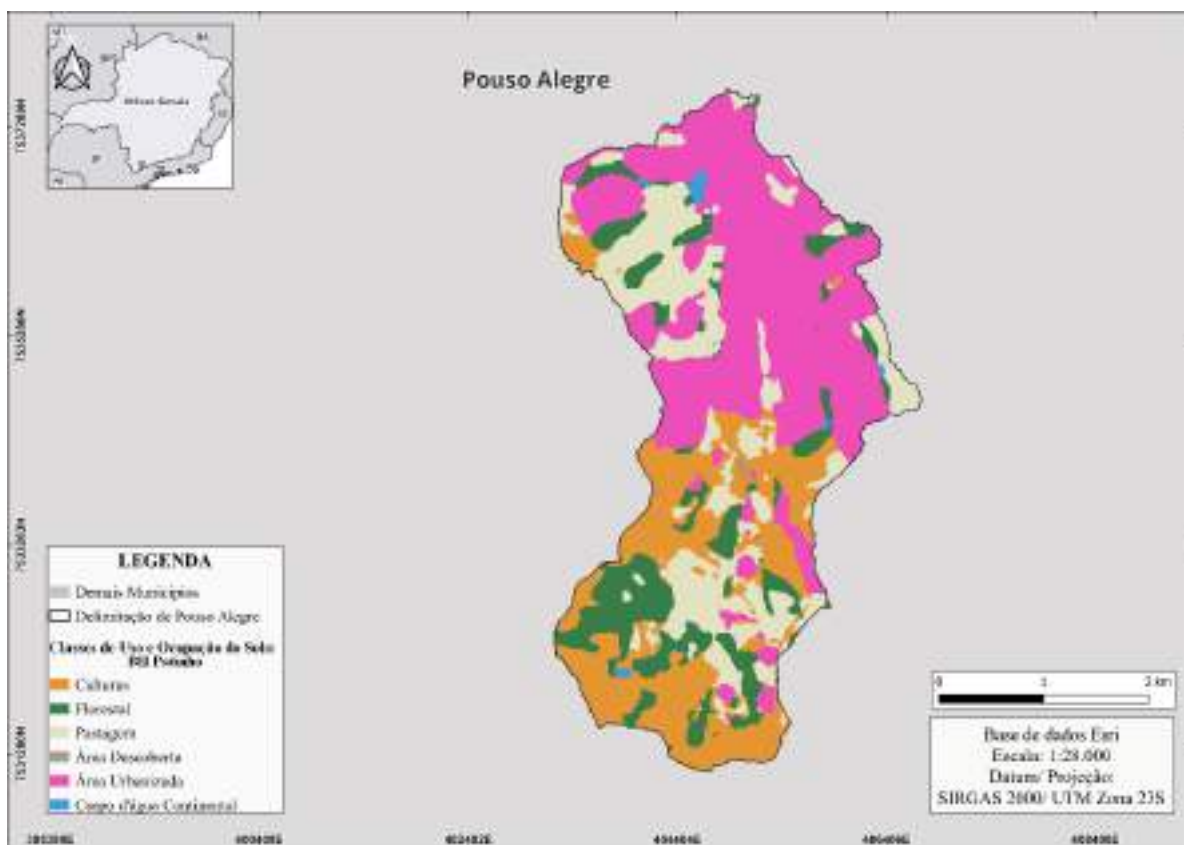


Figura 16 - Mapa de uso e ocupação da Bacia do Córrego do Patinho

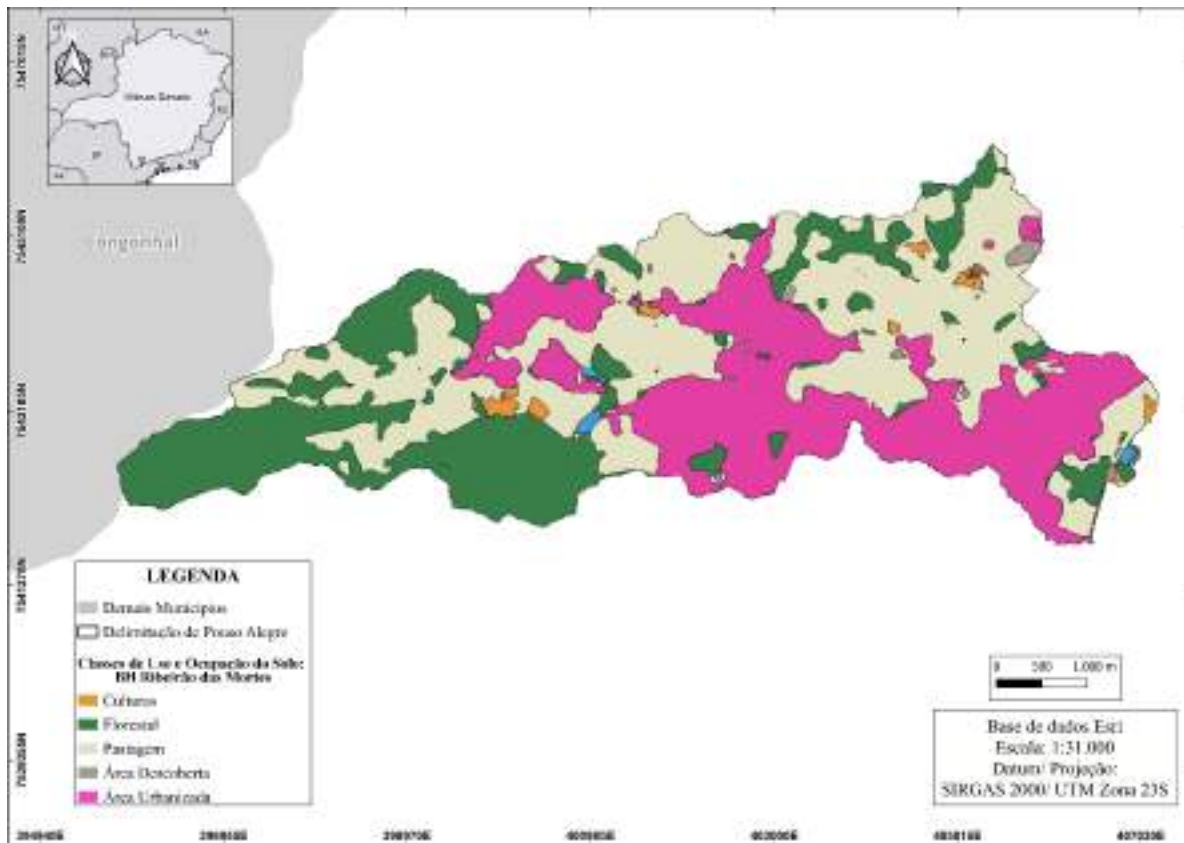


Figura 17 – Mapa de uso e ocupação da bacia do Ribeirão das Mortes

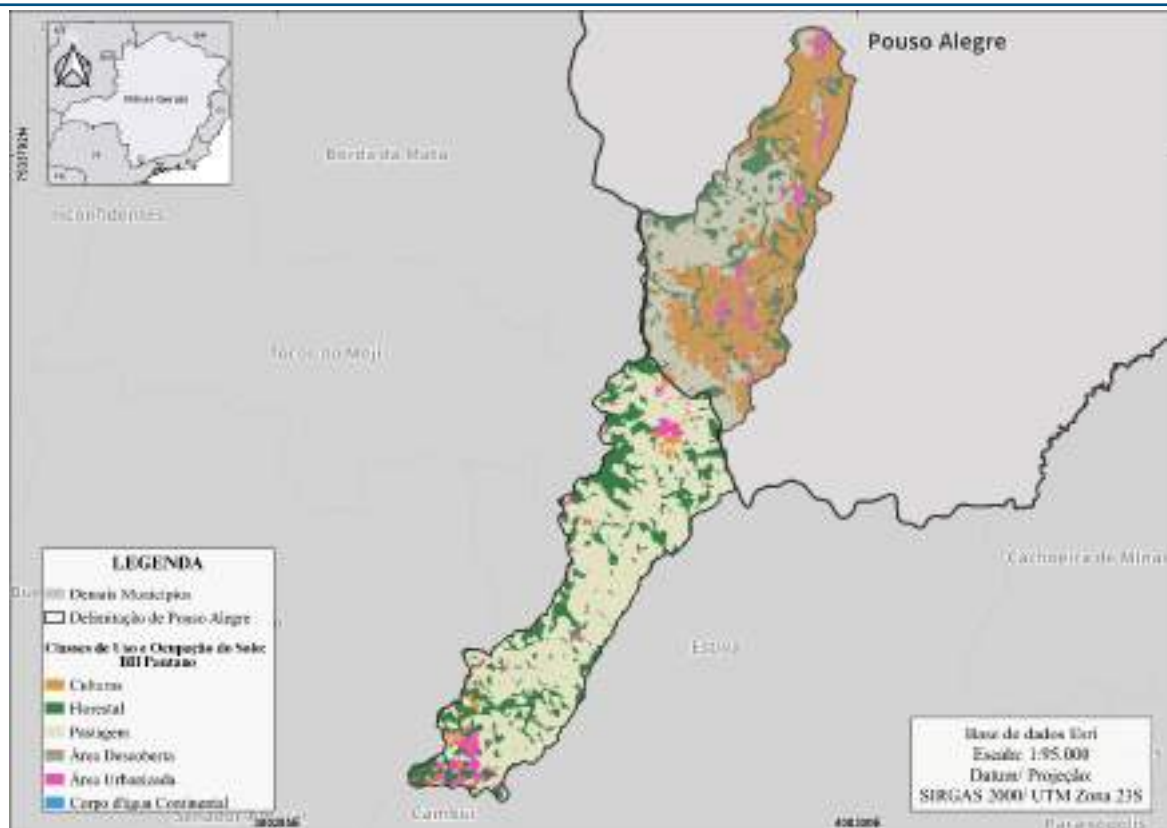


Figura 18 – Mapa de uso e ocupação da bacia do Ribeirão Pantano

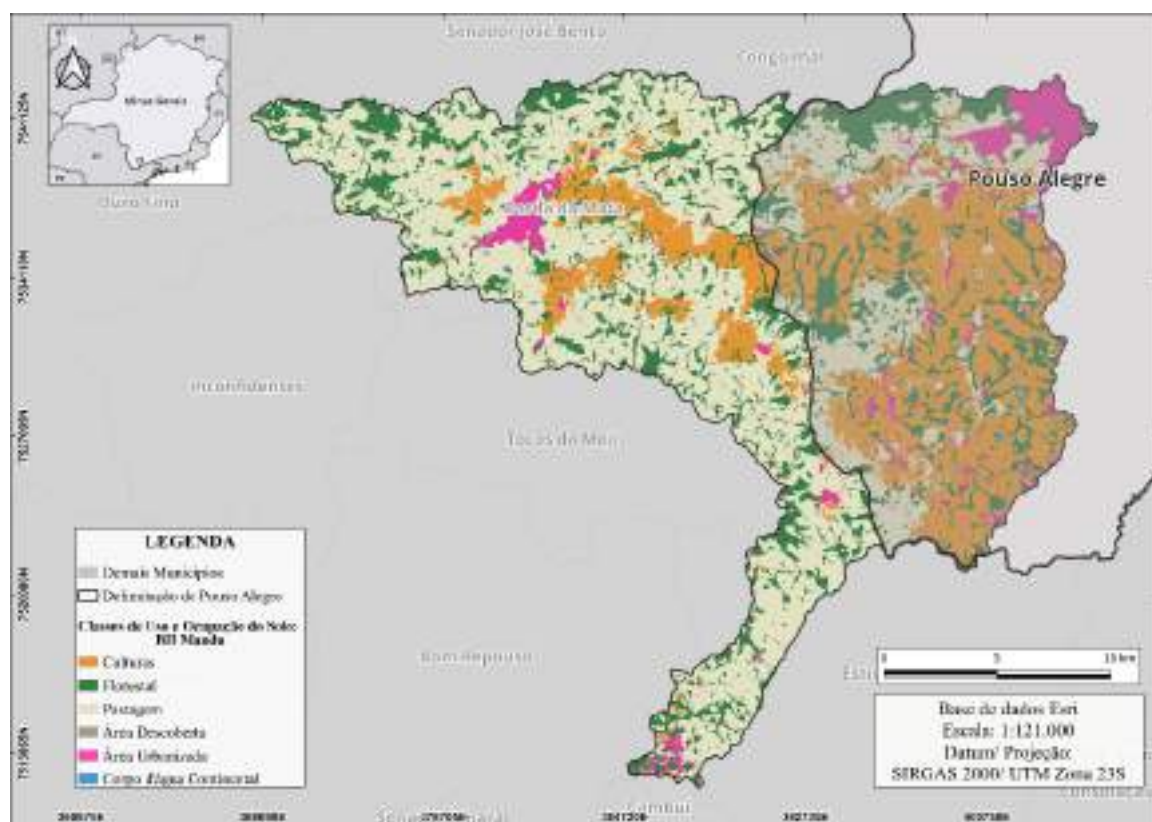


Figura 19 – Mapa de uso e ocupação da bacia do Rio Mandu

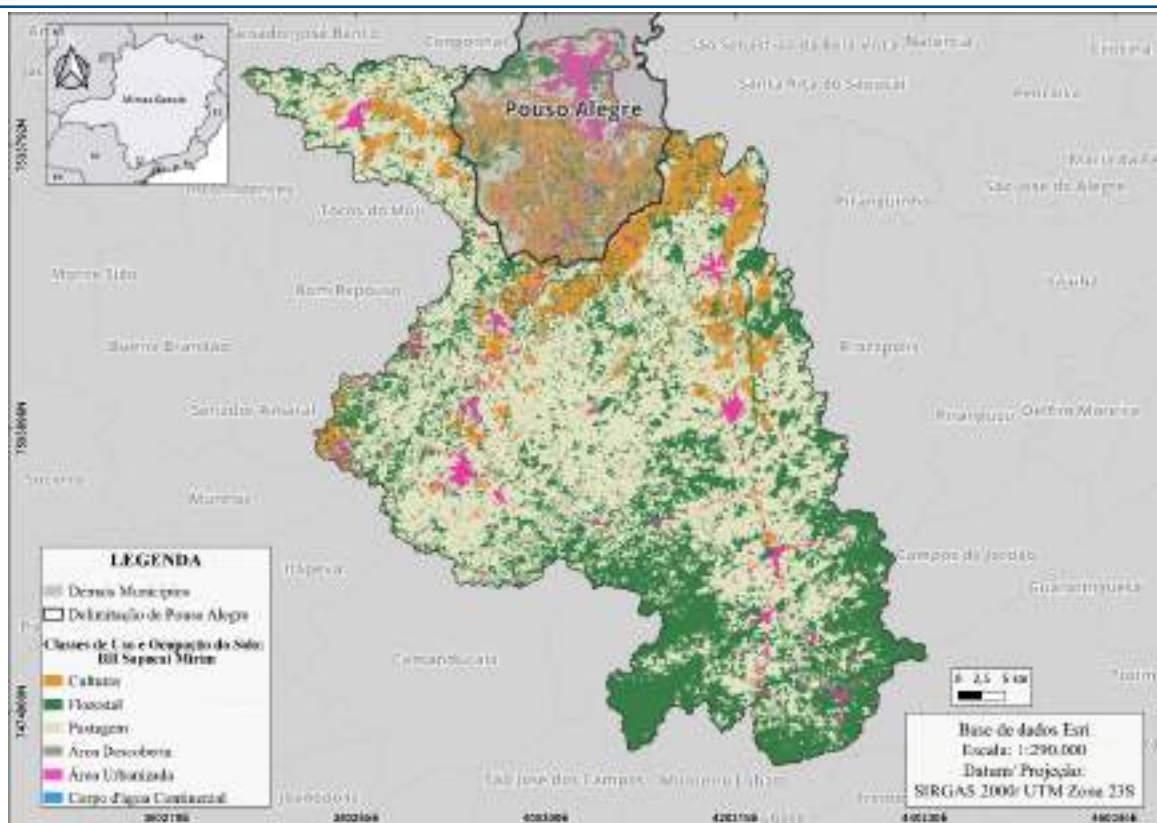


Figura 20 – Mapa de uso e ocupação da bacia do Rio Sapucaí-Mirim

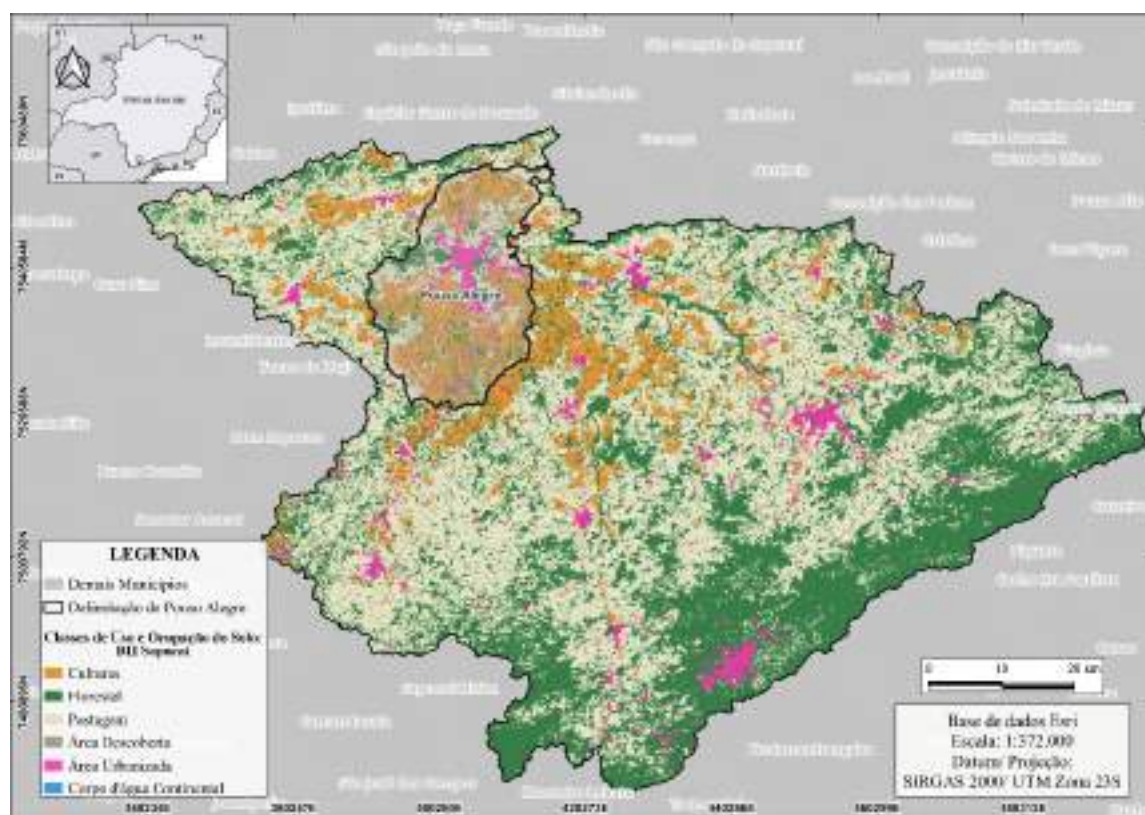


Figura 21 – Mapa de uso e ocupação da bacia do Rio Sapucaí

É possível observar com a análise dos mapas que a maior parte da área das bacias é de uso rural, ou seja, apresenta atividades de agricultura ou pastagem em sua cobertura. Sendo que a maior área do município de Pouso Alegre apresenta o solo coberto por atividades de algum tipo de cultura. No entanto, observa-se que a maioria das bacias apresenta uma grande concentração de área urbanizada próxima a sua foz, elevando a impermeabilidade do solo nesses locais.

3.6.2. Curve Number – CN

O fluxo superficial representa o aspecto mais diretamente influenciado por eventos de precipitação em um dado ciclo hidrológico. Esse fenômeno é sensível à rugosidade hidráulica, topografia da superfície e nível da água, assim como aos fatores que impactam esses elementos e o ciclo hidrológico como um todo. Definido como a fração da precipitação que se encaminha para os leitos de rios, riachos, lagos e oceanos como um fluxo superficial, o escoamento superficial assume uma importância central.

A determinação dos valores de CN envolveu a utilização dos dados pedológicos disponibilizados pelo Banco de Informações Ambientais – BDIA do IBGE (2021) e informações derivadas da classificação do uso e ocupação do solo nas bacias, ambas processadas no ambiente do Sistema de Informações Georreferenciadas – SIG para extração precisa de dados e áreas correspondentes em cada cenário.

Para a parametrização do CN, é crucial conhecer a classe hidrológica do solo, obtida por meio da análise pedológica local. Nesse contexto, empregou-se a tabela de classificação que associa as atuais classes de solo aos grupos hidrológicos, conforme apresentado por Sartori et al, 2005.

Tabela 23 – Classificação do solo por tipo hidrológico

Grupo Hidrológico	Tipos de solo
A	LATOSSOLO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO, ambos de textura argilosa ou muito argilosa e com alta macroporosidade; LATOSSOLO AMARELO E LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial não arenoso.
B	LATOSSOLO AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; LATOSSOLO BRUNO; NITOSSOLO VERMELHO; NEOSSOLO

Grupo Hidrológico	Tipos de solo
	QUARTZARÊNICO; ARGISSOLO VERMELHO ou VERMELHO AMARELO de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa ou argilosa/muito argilosa que não apresentam mudança textural abrupta.
C	ARGISSOLO pouco profundo, mas não apresentando mudança textural abrupta ou ARGISSOLO VERMELHO, ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos profundos e apresentando mudança textural abrupta; CAMBISSOLO de textura média e CAMBISSOLO HÁPLICO ou HÚMICO, mas com características físicas semelhantes aos LATOSSOLOS (latossólico); ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO; NEOSSOLO FLÚVICO.
D	NEOSSOLO LITÓLICO; ORGANOSSOLO; GLEISSOLO; CHERNOSSOLO; PLANOSSOLO; VERTISSOLO; ALISSOLO; LUVISSOLO; PLINTOSSOLO; SOLOS DE MANGUE; AFLORAMENTOS DE ROCHA; Demais CAMBISSOLOS que não se enquadram no Grupo C; ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos pouco profundos e associados à mudança de textura abrupta.

Fonte: SARTORI et al, 2005

Com os dados pedológicos apresentados no Produto 3.1 e os mapas de uso ocupação apresentados no item anterior, é possível determinar o CN que se enquadra a cada um dos casos. Nas Tabela 22 e Tabela 23 são descritos os valores de CN indicados por tipo de solo e por tipo de bacia.

Tabela 24 – Valores de CN para bacias rurais

Uso do solo	Superfície	Tipo de solo hidrológico			
		A	B	C	D
Solo lavrado	Com sulcos	77	86	91	94
	Em fileiras retas	70	80	87	90
Plantações regulares	Em curvas de nível	67	77	83	87
	Terraceado em nível	64	76	84	88
	Em fileiras retas	64	76	84	88
Plantações de cereais	Em curvas de nível	62	74	82	85
	Terraceado em nível	60	71	79	82
	Em fileiras retas	62	75	83	87
Plantações de legumes ou cultivados	Em curvas de nível	60	72	81	84
	Terraceado em nível	57	70	78	89
	Pobres	68	79	86	89
	Normais	49	69	79	94
	Boas	39	61	74	80
Pastagens	Pobres, em curvas de nível	47	67	81	88

Uso do solo	Superfície	Tipo de solo hidrológico			
		A	B	C	D
Campos permanentes	Normais, em curvas de nível	25	59	75	83
	Boas, em curvas de nível	6	35	70	79
	Normais	30	58	71	78
	Esparsas, de baixa transpiração	45	66	77	83
	Normais	36	60	73	79
	Densas, de alta transpiração	25	55	70	77
Chácaras Estradas de terra	Normais	56	75	86	91
	Más	72	82	87	89
	Com superfície dura	74	84	90	92
Florestas	Muito esparsas, baixa transpiração	56	75	86	91
	Esparsas	46	68	78	84
	Densas, alta transpiração	26	52	62	69
	Normais	36	60	70	76

Tabela 25 – Valores de CN para bacia urbana

Áreas residenciais		Tipo de solo hidrológico			
Tamanho do lote (m²)	Área impermeável (%)	A	B	C	D
< 500	65	77	85	90	92
1000	38	61	75	83	87
1300	30	57	72	81	86
2000	25	54	70	80	85
4000	20	51	68	79	84
Parques, estacionamentos, telhados e viadutos		98	98	98	98
Arruamentos e estradas asfaltadas, contendo drenagem		98	98	98	98
Paralelepípedos		76	85	89	91
Terra		72	82	87	89

A área das bacias estudadas é formada por três tipos de grupo hidrológico: os solos A (Latossolo Vermelho), B (Argissolo Vermelho Amarelo) e C (Neossolo Flúvico). Com as áreas de cada um dos tipos de ocupação estipuladas através dos mapas do item 3.6.1 e os valores de CN citados anteriormente, foi possível calcular o CN para cada uma das sub-bacias. As classes de cada tipo de uso ou ocupação do solo foi extraída da área da bacia de cada um dos cursos hídricos considerados, calculando a partir desses um valor médio geral a ser utilizado em cada uma das sub-bacias delimitadas. Os valores obtidos são apresentados nas Tabela 29 até Tabela 37.

Tabela 26 – Caracterização do CN da sub-bacia do Córrego São Cristóvão

Classificação do solo	B		A	
Classes de uso	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN
Florestal	0,011	26	0,132	26
Campestre	0,049	25	0,167	25
Área Urbanizada	1,716	77	0,856	77
Culturas	0,000	49	0,145	49
Corpo d'água	0,003	-	0,003	
Solo Exposto				70
Total	1,779	75	1,303	62

Tabela 27 – Caracterização do CN da sub-bacia do Córrego São Judas Tadeu

Classificação do solo	A	
Classes de uso	Área (km²)	CN
Florestal	0.34	46
Pastagem	1.983	45
Área Urbanizada	1.406	77
Culturas	0.038	57
CN Final	3.767	57

Tabela 28 – Caracterização do CN da sub-bacia do Córrego da Remonta

Classificação do solo	A		B		C	
Classes de uso	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN
Florestal	0.83	26	1.92	52	0.06	62
Pastagem	2.08	60	0.84	70	0.11	84
Área urbanizada	1.34	77	1.32	85	0.03	80
Culturas	0.26	60	-	-	-	
CN Final	4.5	59	4.08	70	0.20	77

Tabela 29 – Caracterização do CN da sub-bacia do Córrego do Patinho

Classificação do solo	B		A		D	
Classes de uso	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN
Florestal	0,013	26	0,599	26	0,005	26
Campestre	0,119	25	1,678	25	0,022	25
Área Urbanizada	2,364	77	2,798	77	0,019	77
Culturas	0,011	49	1,322	49		49
Corpo d'água	0,003	-	0,035			-
Solo Exposto						
Total	2,510	74	6,432	53	0,046	66

Tabela 30 – Caracterização do CN da sub-bacia do Ribeirão das Mortes

Classificação do solo	A		B		C	
Classes de uso	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN
Florestal	1.50	25	5.00	59	0.22	70
Pastagem	6.90	47	2.53	67	0.56	75
Área Urbanizada	4.33	77	3.51	85	0	-
Culturas	0.20	67	0.07	77	0.04	84
Corpo d'água	0.06	-	-		0.03	-
Solo Exposto	0.12	77	-	-	0	-
Total	13.11	55	11.11	69	0.85	72

Classificação do solo	A		B		C	
Classes de uso	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN
CN Final				65		

Tabela 31 – Caracterização do CN da sub-bacia do Ribeirão Pantano

Classificação do solo	B		A		C	
Classes de uso	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN
Florestal	13.51	60	12.18	36	-	-
Pastagem	36.99	59	15.16	35	-	-
Área Urbanizada	2.12	75	2.54	77	0.70	80
Culturas	1.22	69	21.62	49	0.27	74
Total	53.84	60	51.49	43	0.98	78
CN Final				61		

Tabela 32 – Caracterização do CN da sub-bacia do Rio Mandu

Classificação do solo	B		A		C	
Classes de uso	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN
Florestal	55.08	52	52.78	26	0.70	62
Pastagem	125.17	59	100.98	47	3.23	70
Área Urbanizada	2.64	85	13.06	77	12.30	80
Culturas	5.65	70	124.55	60	2.24	84
Corpo d'água	0.28	-	-	-	-	-
Solo exposto	-	-	0.16	77	0.14	80
Total	188.8	58	291.52	50	18.61	78
CN Final				61		

Tabela 33 – Caracterização do CN da sub-bacia do Rio Sapucaí-Mirim – Parte 1

Classificação do solo	B		C		C		A	
Classes de uso	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN
Corpo d'água	0.57	-	0.00	-	0.00	-	0.69	-
Florestal	0.26	52	0.98	62	15.58	62	507.99	26
Cobertura Vegetal	0.00	59	0.00	70	0.00	70	0.00	36
Culturas	0.13	61	0.00	69	0.00	69	46.43	49
Área Urbana	28.16	70	0.00	79	0.26	79	24.96	77
Pastagem	0.78	35	0.06	70	1.07	70	686.08	25
Solo exposto	0.00	-	0.00	70	0.00	70	0.35	70
Total	29.91	68	1.040	62	16.91	80	1266.50	27
CN Final								49

Tabela 34 – Caracterização do CN da sub-bacia do Rio Sapucaí-Mirim – Parte 2

Classificação do solo	A		A		B		B	
Classes de uso	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN
Corpo d'agua	0.01	-	3.85	-	0.23	-	0.76	-
Florestal	11.72	26	159.02	26	247.46	52	4.97	52
Cobertura Vegetal	0.00	36	0.00	36	0.00	59	0.00	59
Culturas	0.07	49	305.48	49	18.57	61	2.86	61
Área Urbana	0.01	77	51.20	77	8.13	70	3.00	70
Pastagem	23.02	25	292.32	25	349.98	35	9.88	35
Solo exposto	0.00	70	0.74	70	0.02	35	0.20	35
Total	34.84	25	812.61	38	624.40	43	21.68	48
CN Final	49							

Tabela 35 – Caracterização do CN da sub-bacia do Rio Sapucaí – Parte 1

Classificação do solo	C		C		C		A	
Classes de uso	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN
Corpo d'agua	0.93	-	0.00	-	0.09	-	0.01	-
Florestal	0.67	70	20.25	70	255.49	70	22.63	36
Cobertura Vegetal	0.00	75	0.00	75	0.00	75	0.00	
Culturas	0.25	74	0.00	74	0.02	74	5.29	69
Área Urbana	58.41	81	0.00	81	21.64	81	0.72	61
Pastagem	1.75	70	5.04	70	28.12	70	25.67	47
Solo exposto	0	-	0	-	0.06	-	0.00	70
Total	62.01	79	25.29	70	305.41	71	54.32	45
CN Final	57							

Tabela 36 – Caracterização do CN da sub-bacia do Rio Sapucaí – Parte 2

Classificação do solo	A		A		A		A	
Classes de uso	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN
Corpo d'agua	0.25	-	0.69	-	0.05	-	7.29	
Florestal	418.01	36	629.11	36	125.26	36	307.72	36
Cobertura Vegetal	0.00		0.00		0.00		0.02	54
Culturas	0.17	69	50.67	69	10.31	69	563.20	69
Área Urbana	3.76	61	26.85	61	9.40	61	83.45	61
Pastagem	223.42	47	815.87	47	241.78	47	781.06	47
Solo exposto	0.00	70	0.36	70	0.04	70	1.13	70
Total	645.62	40	1523.55	43	386.84	44	1743.85	53
CN Final	57							

Tabela 37 – Caracterização do CN da sub-bacia do Rio Sapucaí – Parte 3

Classificação do solo	B		B		C	
Classes de uso	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN
Corpo d'agua	0.67	-	0.09	-	5.63	-

Classificação do solo	B		B		C	
Classes de uso	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN	Área (km²)	CN
Florestal	550.23	60	48.49	60	31.70	70
Cobertura Vegetal	0.00	59	0.00	59	0.10	75
Culturas	56.48	59	3.14	59	15.02	74
Área Urbana	16.64	85	9.24	85	8.16	81
Pastagem	851.97	59	93.24	59	61.33	70
Solo exposto	0.14	80	0.11	80	0.33	87
Total	1476.15	60	154.31	61	122.27	68
CN Final	57					

3.6.3. Simulação HEC-HMS

O Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) representa uma ferramenta avançada para a modelagem hidrológica, originada pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos. Essa plataforma permite a simulação dos processos de evaporação, precipitação e escoamento em bacias hidrográficas. A vantagem essencial do HEC-HMS reside na flexibilidade de adotar diversas combinações de métodos para representar fenômenos hidrológicos, tais como interceptação, infiltração, escoamento direto e em canais. Isso possibilita a identificação dos métodos que melhor representam a bacia como um todo (SANTOS, 2006).

O modelo da bacia, um componente central do HEC-HMS, é empregado para representar a estrutura física da bacia, abrigando os parâmetros essenciais e os processos nela ocorrentes. Sua construção é realizada pelo usuário, que adiciona e conecta elementos hidrológicos como sub-bacias, rios, reservatórios, fontes, sumidouros, junções, depressões e derivações. Esses elementos utilizam modelos matemáticos para descrever os processos físicos na bacia, formando uma rede que representa o escoamento no estudo da bacia (MAIA et al., 2021). A Tabela 38 oferece uma lista dos elementos utilizados no modelo, juntamente com suas caracterizações.

A análise dos resultados pode ser conduzida de várias maneiras, sendo a apresentação de hidrogramas de saída, calculados em várias seções de controle, a principal delas. Esses hidrogramas são essenciais para a elaboração de mapas de acúmulo hidráulico, fornecendo ao usuário valores cruciais de vazão e cota máxima, fundamentais para as simulações hidráulicas.

Tabela 38 – Elementos hidrológicos do HEC-HMS

Elemento	Descrição
Sub-bacia (Subbasin)	O componente da sub-bacia é utilizado para retratar a estrutura física da bacia, Diante da precipitação, a vazão da sub-bacia é calculada pela subtração das perdas de precipitação e pela conversão do excesso de chuva em vazão,
Canal (Reach)	Esse componente desempenha o papel de encaminhar o fluxo para jusante no modelo da bacia, A taxa de entrada nesse elemento pode originar-se de um ou mais elementos a montante, A vazão no canal é determinada levando em conta sua inclinação e vazão,
Junta (Junction)	Uma junção é empregada para consolidar o fluxo de um ou mais elementos hidrológicos, A vazão de saída é calculada mediante a simples soma de todas as contribuições, assumindo que não há armazenamento na junção,
Fonte (Source)	Esse componente é empregado para introduzir fluxo na bacia, Não apresenta entradas predefinidas, A vazão é determinada pelo usuário,
Saída (Sink)	O componente de saída é designado para simbolizar a saída da bacia, A taxa de entrada para esse componente pode originar-se de um ou mais elementos,
Reservatório (Reservoir)	O reservatório é empregado para simular a interrupção e redução de um fluxo, com o propósito de regularizar as vazões naturais, A taxa de entrada pode provir de um ou mais elementos hidrológicos, O fluxo de saída pode ser calculado de três formas: o usuário pode especificar tabelas de descarga armazenamento, elevação-armazenamento, elevação-descarga, Fonte: BASTIDAS, 2005

Utilizando-se de todos os dados coletados e gerados nesse produto foi possível realizar as simulações hidrológicas, que resultou nos hidrogramas de todas as bacias de análise para os tempos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos. Com base nas análises anteriores obteve-se informações suficientes para estipular o valor de 0,03 para o coeficiente de Manning de todas as bacias. Nos itens a seguir serão apresentados os resultados das simulações para cada uma das sub-bacias.

SUB-BACIA DO CÓRREGO SÃO CRISTÓVÃO

Atrelado ao Córrego do Patinho, o Córrego São Cristóvão apresenta características semelhantes em sua localização que também tange áreas urbanizadas próximas ao aeroporto. Mesmo possuindo a menor sub-bacia hidrográfica analisada no plano, o córrego foi incluído pela sua localização e possíveis riscos que apresenta para a população.

Diante de suas pequenas dimensões, não foi necessário dividir sua sub-bacia para realizar os cálculos (Figura 22). Os hidrogramas obtidos para essa bacia são apresentados no APÊNDICE B.



Figura 22 - Representação da simulação do Córrego São Cristóvão

SUB-BACIA DO CÓRREGO SÃO JUDAS TADEU

O córrego São Judas Tadeu foi considerado devido ao impacto que seu processo de cheia e inundação ocasiona na população que vive em sua área de influência. O processo de urbanização das margens do córrego fez com que trechos de seu curso sofressem processo de canalização e com a sobrecarga de vazões irregulares advindas de rede de esgoto irregulares. Dado sua problemática ele foi considerado nos estudos hidráulicos e hidrológicos, de modo que se entendesse o processo de cheia. A BH do Córrego São Judas Tadeu foi a única que não precisou ser subdividida, dado suas pequenas dimensões (Figura 23). Os hidrogramas obtidos para essa bacia são apresentados no APÊNDICE E.



Figura 23 – Representação da simulação do córrego São Judas Tadeu

SUB-BACIA DO CÓRREGO DA REMONTA

O Córrego da Remonta foi destacado devido ao impacto causado por suas enchentes e inundações na comunidade residente em sua região adjacente. A urbanização das margens do córrego contribui para a sobrecarga de vazões provenientes de sistemas da bacia. Dada ao impacto das suas inundações na população residente nas suas proximidades, o riacho foi incluído nos estudos hidráulicos e hidrológicos, visando compreender o fenômeno das enchentes. Para análise da área de drenagem, a mesma foi sub-dividida em duas áreas menores como ilustrado na Figura 24 - Divisão representativa utilizada na simulação da sub-bacia do Córrego da Remonta. Os hidrogramas correspondentes a esta bacia estão apresentados no APÊNDICE D.



Figura 24 - Divisão representativa utilizada na simulação da sub-bacia do Córrego da Remonta

SUB-BACIA DO CÓRREGO DO PATINHO

O Córrego do Patinho apresenta um curso ao lado de uma área urbanizada no município de Pouso Alegre, podendo apresentar riscos a comunidade que o cerca. Por esse motivo, o córrego também foi incluído nos estudos do plano apesar das suas dimensões menores que os demais. Os hidrogramas obtidos para essa bacia são apresentados no APÊNDICE C.

Sua bacia foi dividida entre três sub-bacias e a área de análise para a realização dos cálculos no HEC-HMS (Figura 25).



Figura 25 - Divisão representativa utilizada na simulação da sub-bacia do Córrego do Patinho

BACIA DO RIBEIRÃO DAS MORTES

Para realizar a simulação hidrológica da sub-bacia do Ribeirão das Mortes, foi essencial estabelecer uma dinâmica que permitisse ao software reconhecer das sub-bacias que contribuem para composição de todo o Ribeirão. A necessidade de calcular o hidrograma da bacia do Ribeirão, incorporando as sub-bacias, decorre do fato de que a área de drenagem desse curso hídrico experimenta eventos de cheias no município e, portanto, demandam uma análise mais minuciosa sobre seu processo de inundação. A área de drenagem foi subdividida em 8 sub-áreas como mostrado na Figura 21, assim como no APÊNDICE F, são apresentados os hidrogramas.



Figura 26 – Divisão representativa utilizada na simulação da sub-bacia do Ribeirão das Mortes

Quanto aos resultados alcançados nas simulações hidrológicas da bacia do Ribeirão das Mortes, nota-se que a vazão máxima chega a um pico de $13,9 \text{ m}^3/\text{s}$ para um Tempo de Retorno de 5 anos, elevando-se para cerca de $42,7 \text{ m}^3/\text{s}$ no TR de 100 anos, que foi o período de referência escolhido. Sendo uma das menores bacias quem compõe a hidrografia do município.

BACIA DO RIBEIRÃO PANTANO

Para simulação hidrológica do Ribeirão Pantano, a sua área total foi dividida em 13 sub-bacias, de modo a se considerar as contribuições de maneira correta, sendo que foi simulado os hidrogramas para cada uma delas. O Ribeirão Pantano é um dos principais afluentes do Rio Mandu, o curso do ribeirão corta a área rural do município e desagua no Rio Mandu nas proximidades do Bairro Cajuru. A divisão dessa bacia é apresentada na Figura 27. No APÊNDICE G, podem ser visualizados os resultados dos hidrogramas para a bacia do Ribeirão Pantano.

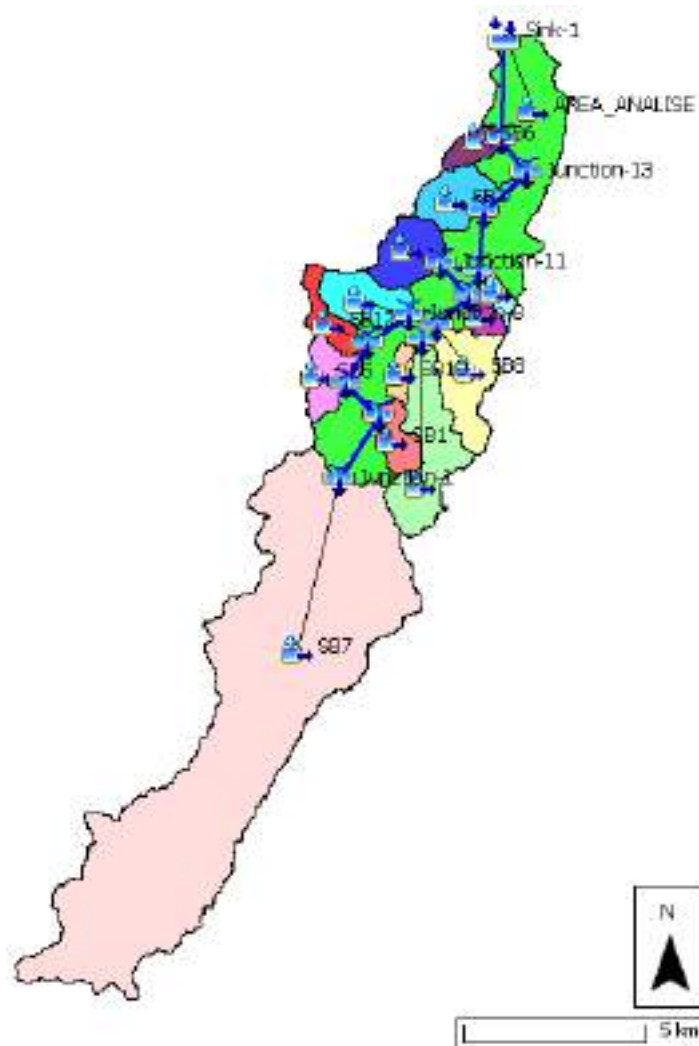


Figura 27 – Divisão representativa utilizada na simulação da bacia do Ribeirão Pantano

Examinando as informações provenientes das simulações hidrológicas da bacia do Ribeirão Pantano, verifica-se que a vazão máxima atinge 32,7 m³/s com um Tempo de Retorno de 5 anos. Essa vazão aumenta significativamente para 102,5 m³/s no contexto do último intervalo de retorno considerado, que é de 100 anos. É possível observar, pelos hidrogramas, que em sua extensão o ribeirão é alimentado por todas sub-bacias, que são relativamente pequenas, mas acrescem a vazão do ribeirão, dado a sua vasta dimensão.

BACIA DO RIO MANDU

O Rio Mandu é um dos principais rios que cortam o município, sendo uma sub-bacia do Sapucaí-Mirim. Seu curso corta a área urbana de Pouso Alegre, afetando principalmente a área central do município. Sendo assim, para o estudo das suas características hidrológicas, a sua área de drenagem foi dividida em 6 sub-bacias (Figura 28), de forma a analisar a sua foz dentro do município. Entender a dinâmica de suas vazões e de suas propagações até a zona urbana do município é primordial para compreender como o acúmulo hidráulico se dará, assim como seus impactos. No APÊNDICE H, podem ser observados os hidrogramas obtidos para essa bacia.

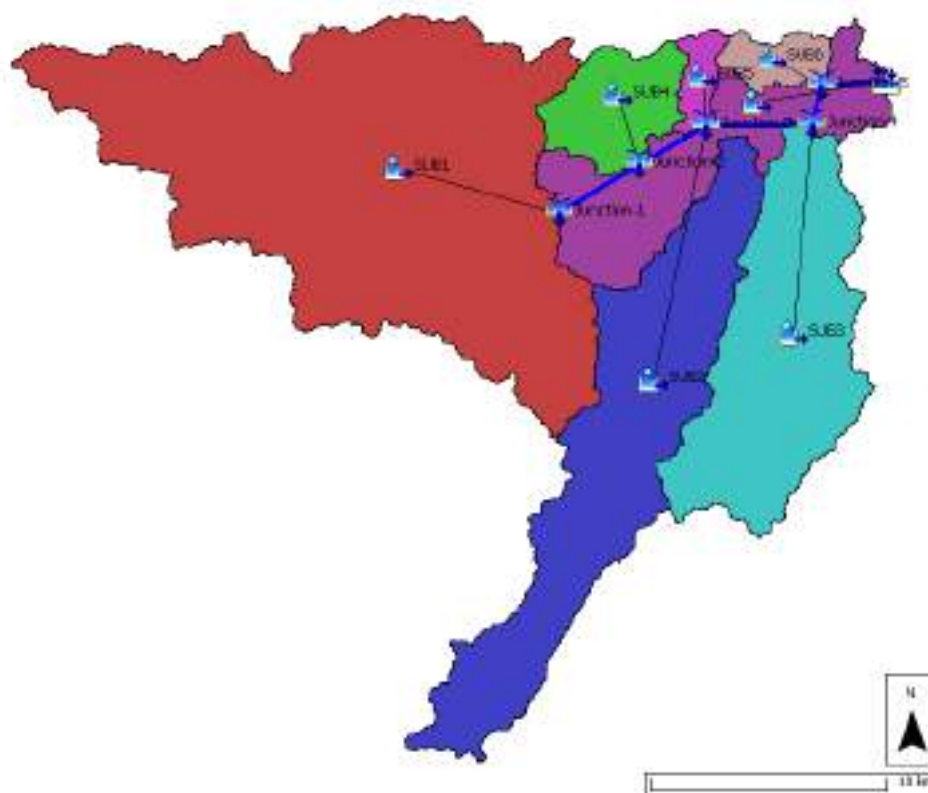


Figura 28 – Divisão representativa utilizada na simulação da bacia do Rio Mandu

Diferente das bacias anteriores, o rio Mandu apresenta sub-bacias com um tempo de dissipação de vazão maior, visto sua maior extensão e, consequentemente, vazões. Foi possível observar nas vazões de saída do Mandu, que para um TR de 5 anos a vazão de pico fica em torno de 117,9 m³/s, enquanto para um tempo de retorno de 100 anos a vazão obtida foi de 421,5 m³/s.

BACIA DO RIO SAPUCAÍ-MIRIM

Para simulação do Rio Sapucaí-Mirim foi utilizada a mesma metodologia das bacias citadas anteriormente. O curso do rio margeia a área urbana de Pouso Alegre e corta o município nas porções norte, na altura do bairro da Faisqueira, sendo a área onde o município é mais afetado pelo processo de cheia, e na área sul, nos bairros Xangrilá e Árvore Grande. Os hidrogramas referentes aos resultados da simulação hidrológicas são apresentados no APÊNDICE I. No contexto desta análise, as bacias do Ribeirão das Mortes, Ribeirão Pantano e Rio Mandu são consideradas sub-bacias do Rio Sapucaí-Mirim. Na Figura 29 pode ser visualiza a divisão da bacia do Rio Sapucaí Mirim.

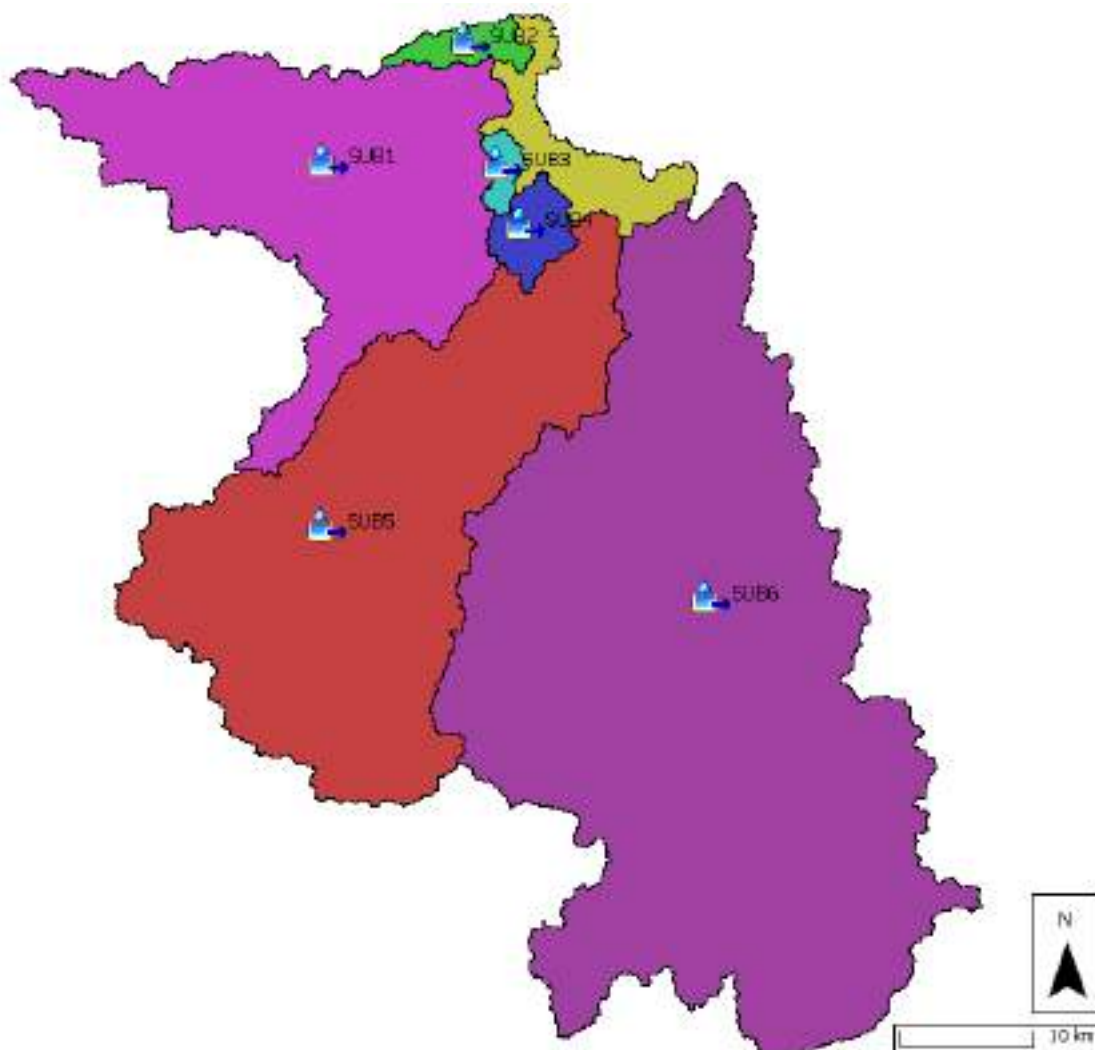


Figura 29 – Divisão representativa utilizada na simulação da bacia do Rio Sapucaí-Mirim

Ao contrário das bacias mencionadas anteriormente, as sub-bacias do Rio Sapucaí-Mirim revelam um tempo de dissipação de vazão mais prolongado, devido à sua extensão e, por conseguinte, às suas maiores vazões. Notou-se, nas saídas de vazão do rio Mandu, que, para um Tempo de Retorno (TR) de 5 anos, a vazão de pico situa-se em

aproximadamente 401 m³/s, enquanto, para um TR de 100 anos, a vazão registrada atinge 1369 m³/s.

BACIA DO RIO SAPUCAÍ

Para a simulação do Rio Sapucaí-Mirim, adotou-se a mesma metodologia utilizada nas bacias mencionadas previamente. O curso do rio acompanha a área urbana de Pouso Alegre e atravessa o município na porção nordeste, próximo ao bairro da Cidade Jardim. Essa região é especialmente impactada pelo fenômeno de enchentes, afetando notavelmente os bairros Solar do Quitás, Chaves, Jardim Fernandão e Ipiranga. Importante ressaltar que serão apresentados apenas os resultados da área de interesse e das bacias SUB2_sub1, SUB2_sub2, SUB2_sub3 e SUB2_sub4, uma vez que os resultados das demais já encontram-se inseridos nos itens anteriores (Figura 30).

Os hidrogramas que refletem os resultados das simulações hidrológicas estão apresentados no APÊNDICE J. Nesta análise, as bacias do Ribeirão das Mortes, Ribeirão Pantano, Rio Mandu e Rio Sapucaí-Mirim são tratadas como sub-bacias do Rio Sapucaí. Agora, estamos investigando essas sub-bacias sob uma perspectiva específica durante o processo analítico.



Figura 30 – Divisão representativa utilizada na simulação da bacia do Rio Sapucaí

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Manual Básico HEC-RAS 5.0.3 - Ruptura de Barragem - Apostila 3**. 2018

APARECIDA DE GOIÂNIA. **Lei Municipal nº 2.249, de 30 de janeiro de 2002**. Aparecida de Goiânia, 30 jan. 2002. – (APARECIDA DE GOIÂNIA, 2002)

BASTIDAS, C. **Manual para el uso del modelo hidrológico HEC–HMS**. Departamento Ingeniería Hidrometeorológica. Fac.Ingeniería – UCV.

BID. **Relatório Final: Estudo 3 - Crescimento Urbano**. Florianópolis: [s. n.], 2014. 441 p. – (BID, 2014).

BDiA - Banco de Informações Ambientais. **Pedologia**. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia>>. Acesso em 12/12/2023

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2º edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

FERNANDEZ, P.; MOURATO, S. & MOREIRA, M. 2013. Comparação dos modelos hec-ras e lsflood-fp na delimitação de zonas inundáveis. **Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos**, 34(1): 109-120.

FRAGOSO, C.R; FERREIRA, T.F.; MARQUES, D.M. **Modelagem ecológica em ecossistemas aquáticos**. 2009. São Paulo, Oficina de Textos. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/289523599_Modelagem_Ecologica_em_Ecossistemas_Aquaticos>. Acesso em 12/12/2023

FREITAS, Emerson da Silva. **Determinação e Comparação de Curvas IDF com Dados Pluviográficos e Pluviométricos na Bacia Hidrográfica Experimental do Riacho Guaraíra- PB**. João Pessoa, PB, 2016.

Fundação Nacional de Saúde – FUNASA; Universidade Federal Fluminense – UFF; Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM. **Drenagem e Manejo de Águas Pluviais**. 2016.

LECASTRE, A. e FRANCO, F. M.; 1984. **Lições de hidrologia**. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Portugal.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2010. Editora UFMG. 2ª Edição, 2010.

MAIA, el. al. **PROCEDIMENTOS PARA SIMULAÇÕES HIDROLÓGICAS UTILIZANDO O HEC-HMS**. TCC (graduação) - Engenharia Civil, Universidade Federal de São João Del-Rei, Ouro Branco, 2021.

MERWADE, V. 2012. **Tutorial on using HEC - GeoRAS with ArcGIS 10.x and HEC - RAS Modeling**. West Lafayette, School of Civil Engineering, Purdue University. 38 p.

PEZAN, V.F. Determinação do SCS-Curve Number usando dados hidrológicos observados de bacias hidrográficas brasileiras. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo.2022.

SARTORI, Anderson; NETO, Francisco Lombardi; GENOVEZ, Abel Maia. **Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v 10 n.4, 2005.

SOARES, M. R. G. J.; FIORI, C.O.; SILVEIRAS, C.T.; KAVISKI, E. **Eficiência do Método Curve Number de Retenção de Águas Pluviais**. Mercator. Fortaleza.2017.

SILVA, Benedito C. **Estimativa de chuvas máximas pela distribuição Log-Normal | Canal da Hidrologia**. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=nEQ9PYket9M&t=1800s>>. Acesso em 05/01/2024.

SILVEIRA, A. L. L. **Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH), Vol, 10, nº1, Porto Alegre, 2005.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de água**. 3.ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

TUCCI, C.E.M; SILVEIRA, A. L. L (Org). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4º edição. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2012. Cap11, p.391-394. Cap 21, p.805-808.

ANEXO I – TABELA DE PROBABILIDADES DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL

Probabilidades da Normal Padrão										
Z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-3,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002
-3,3	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003
-3,2	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
-3,1	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007
-3,0	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010
-2,9	0,0019	0,0018	0,0018	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
-2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0023	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0019
-2,7	0,0035	0,0034	0,0033	0,0032	0,0031	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
-2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0041	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
-2,5	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
-2,4	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
-2,3	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
-2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
-2,1	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143
-2,0	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
-1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,025	0,0244	0,0239	0,0233
-1,8	0,0359	0,0351	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
-1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
-1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
-1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
-1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0721	0,0708	0,0694	0,0681
-1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
-1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
-1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,123	0,1210	0,0119	0,1170
-1,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
-0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
-0,8	0,2119	0,209	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
-0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
-0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
-0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
-0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
-0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
-0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,409	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
-0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
-0,0	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,591	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852

Probabilidades da Normal Padrão										
Z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,834	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,992	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,3335	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

Fonte: Silva, 2020

APÊNDICES

APÊNDICE A HIETOGRAMAS DE CHUVA

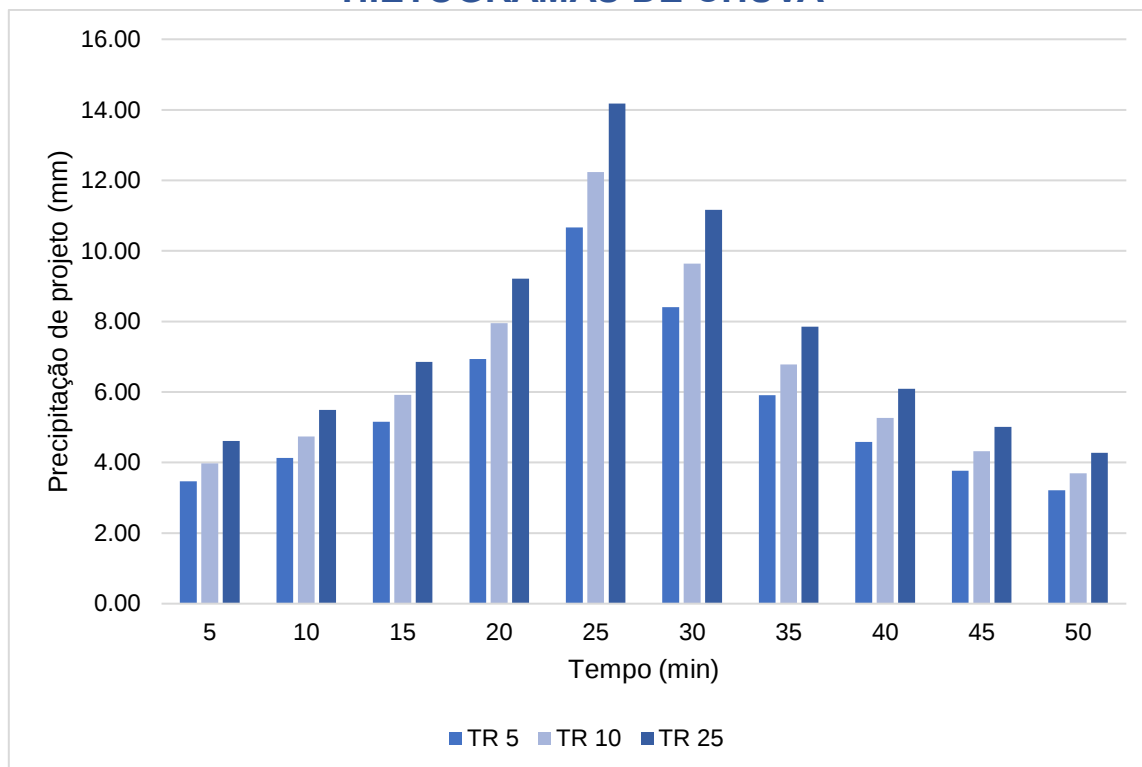


Figura 1 - Hietograma de projeto da sub-bacia do Córrego São Cristóvão (TR 5, 10 e 25)

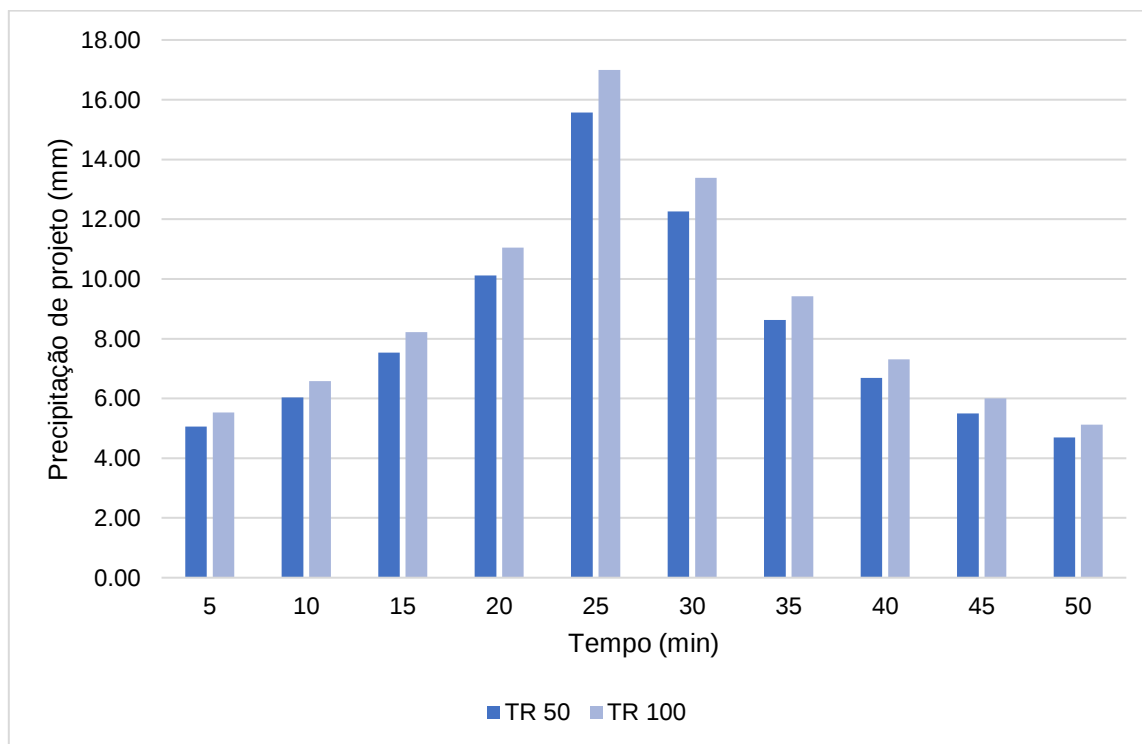


Figura 2 - Hietograma de projeto da sub-bacia do Córrego São Cristóvão (TR 50 e 100)

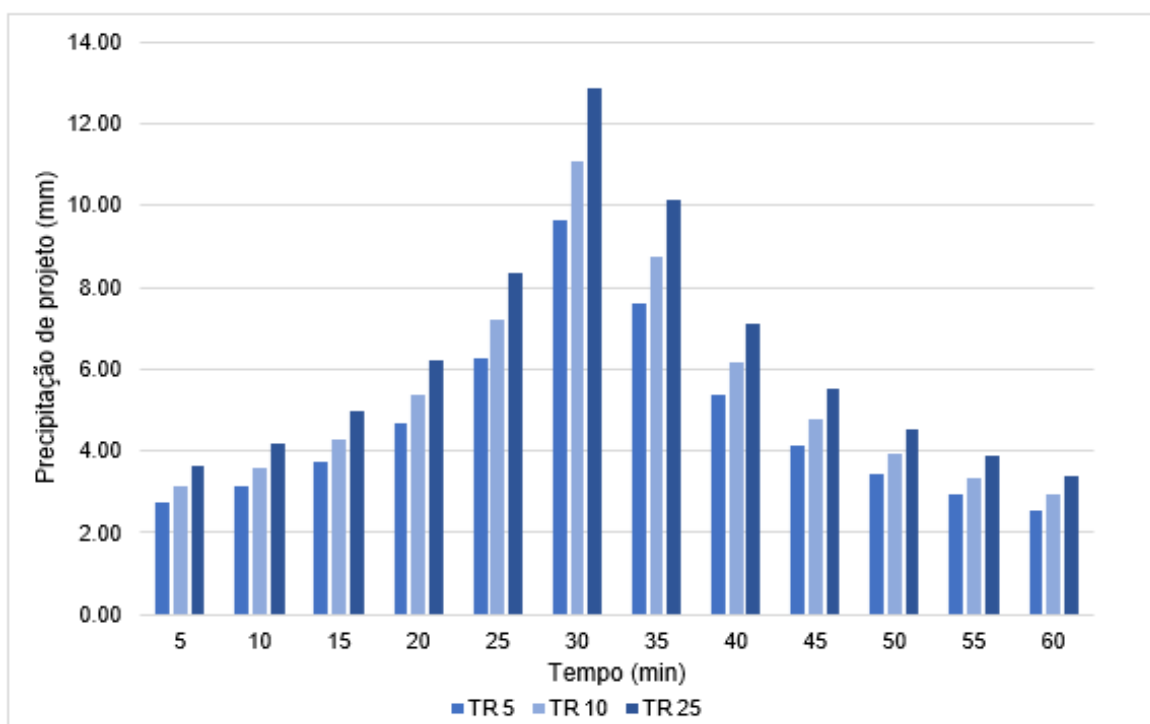


Figura 3 - Hietograma de projeto da sub-bacia do Córrego São Judas Tadeu (TR 5, 10 e 25)

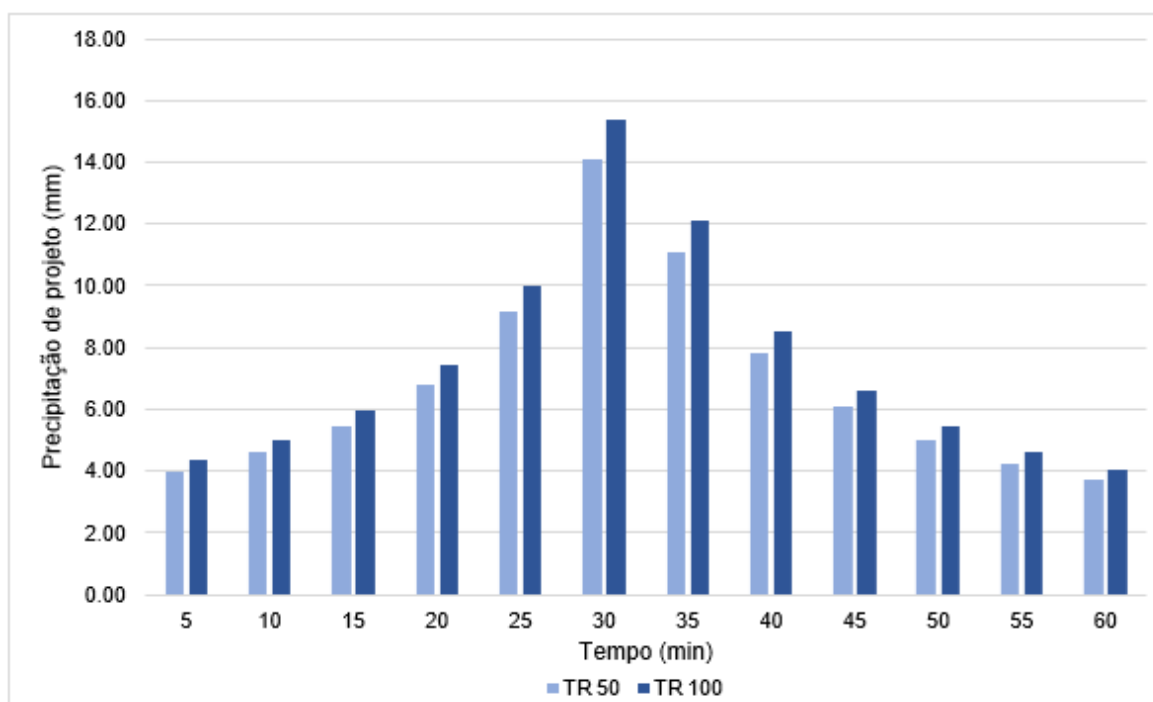


Figura 4 - Hietograma de projeto da sub-bacia do Córrego São Judas Tadeu (TR 50 e 100)

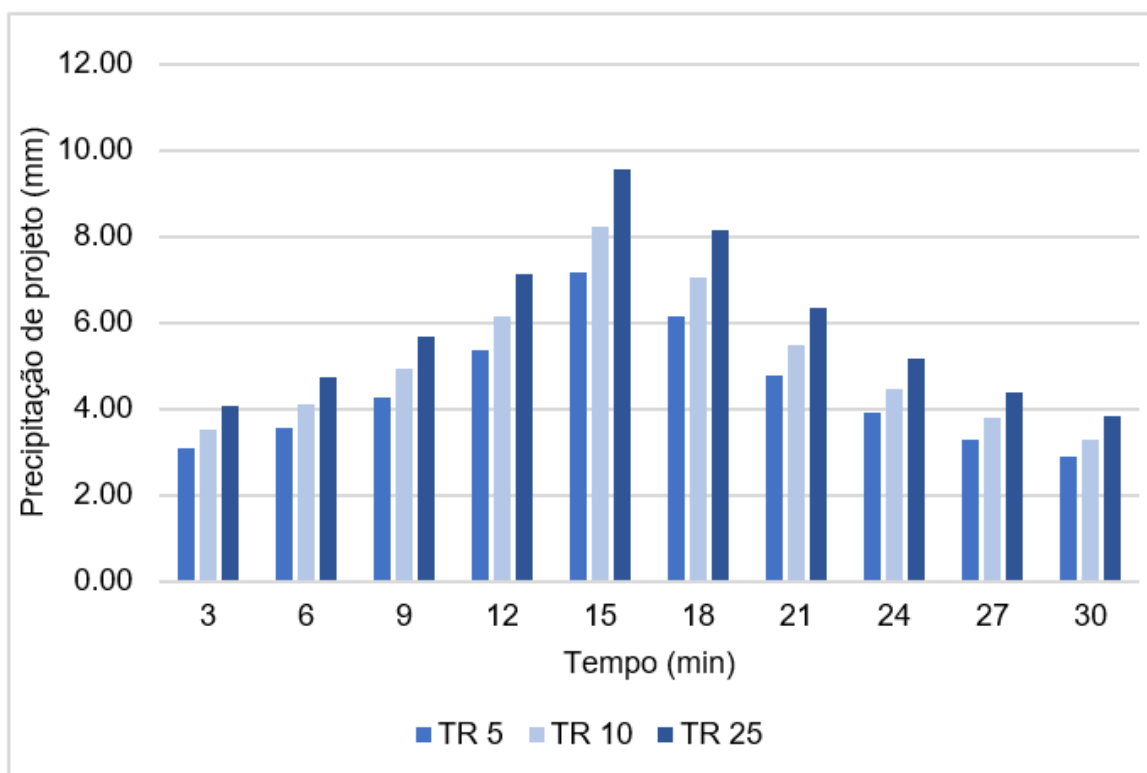


Figura 5 - Hietograma de projeto da SUB1 do Córrego da Remonta (TR 5, 10 e 25)

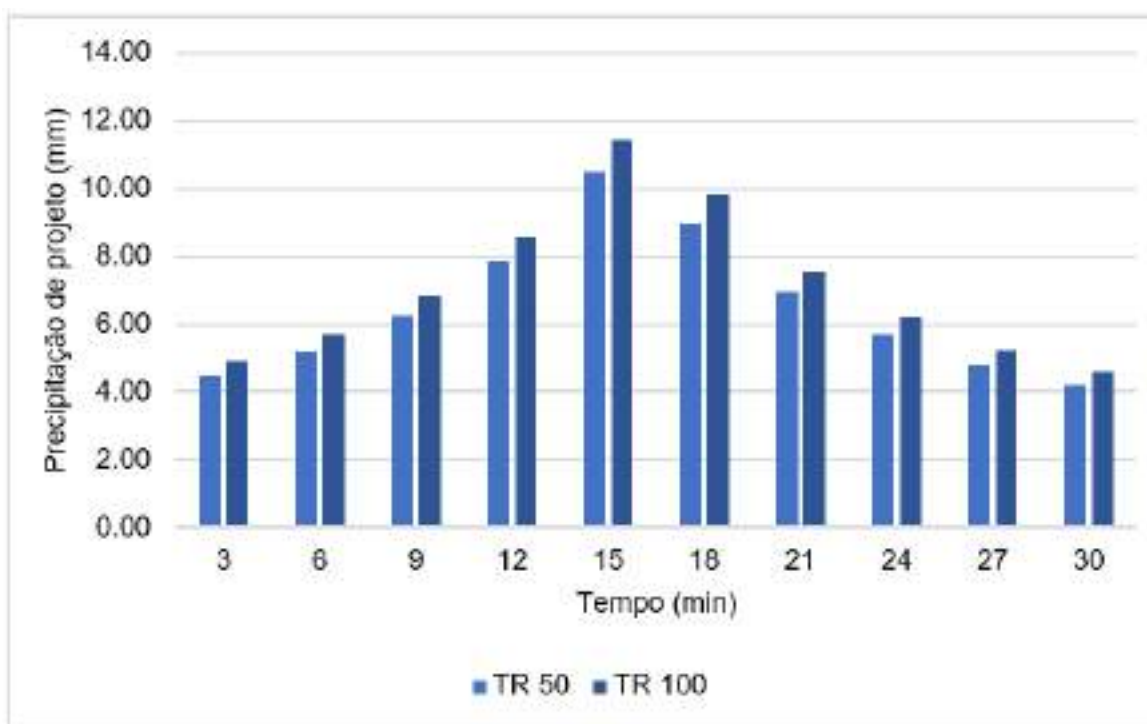


Figura 6 - Hietograma de projeto da SUB1 do Córrego da Remonta (TR 50 e 100)

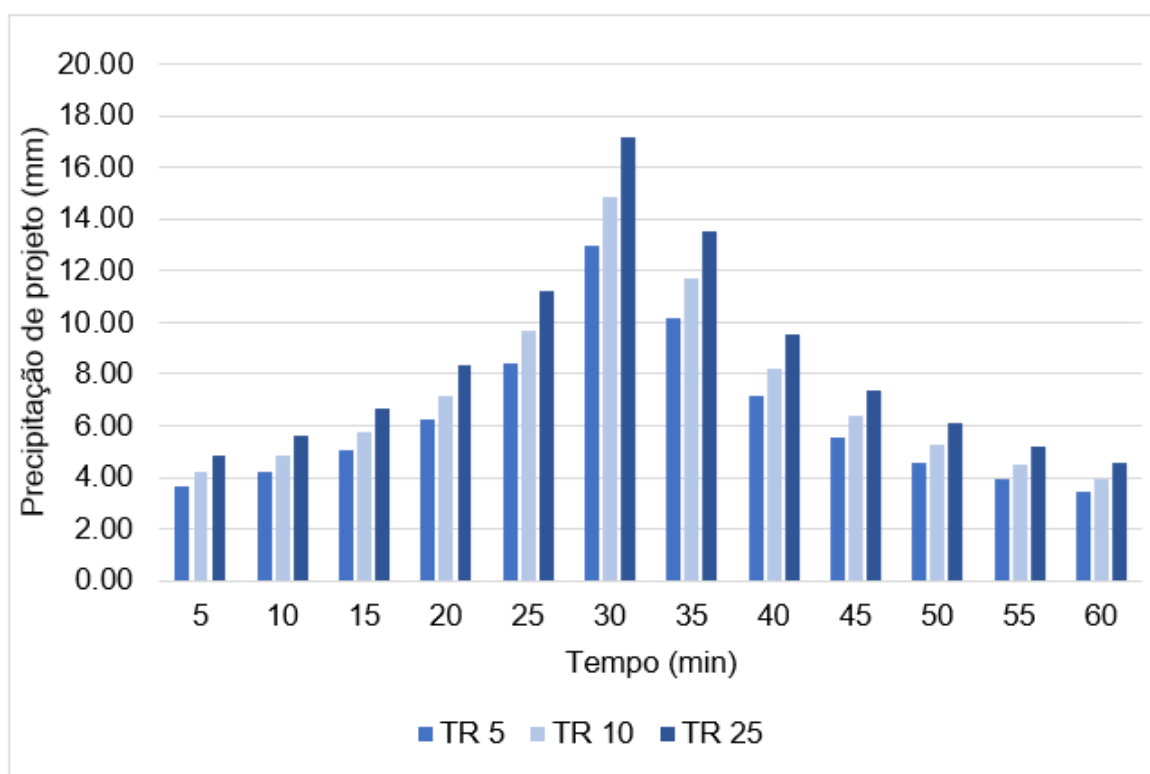


Figura 7 - Hietograma de projeto da Área de Análise do Córrego da Remonta (TR 5, 10 e 25)

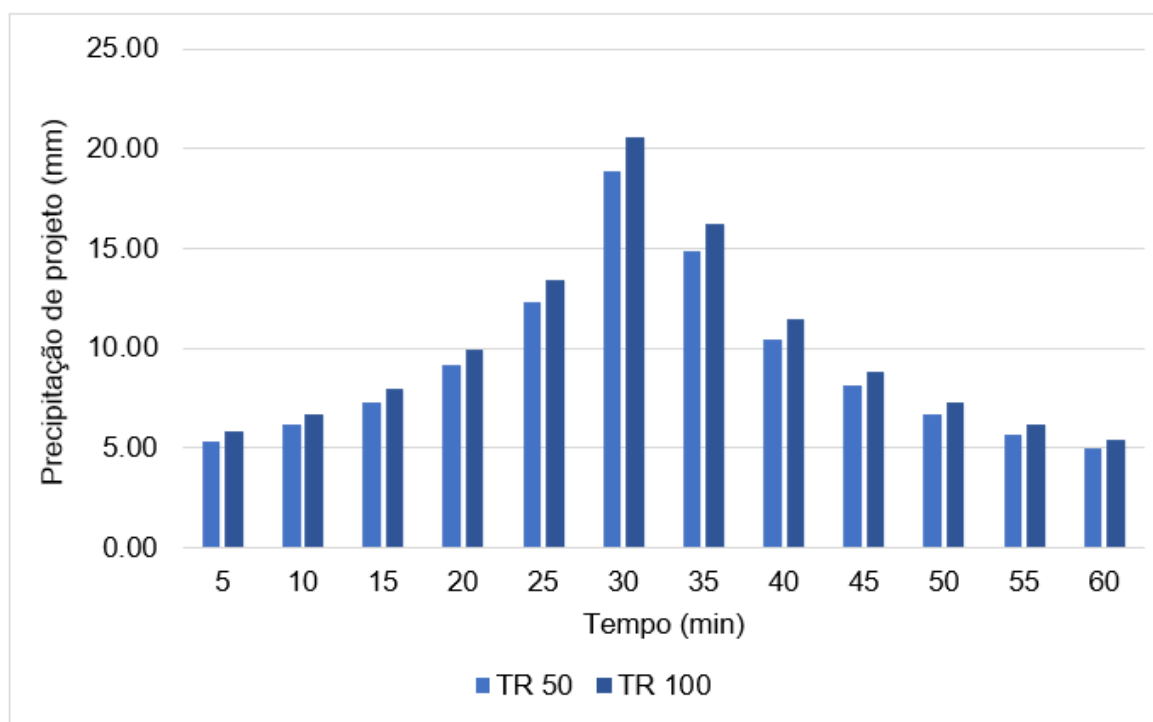


Figura 8 - Hietograma de projeto da Área de Análise do Córrego da Remonta (TR 50 e 100)

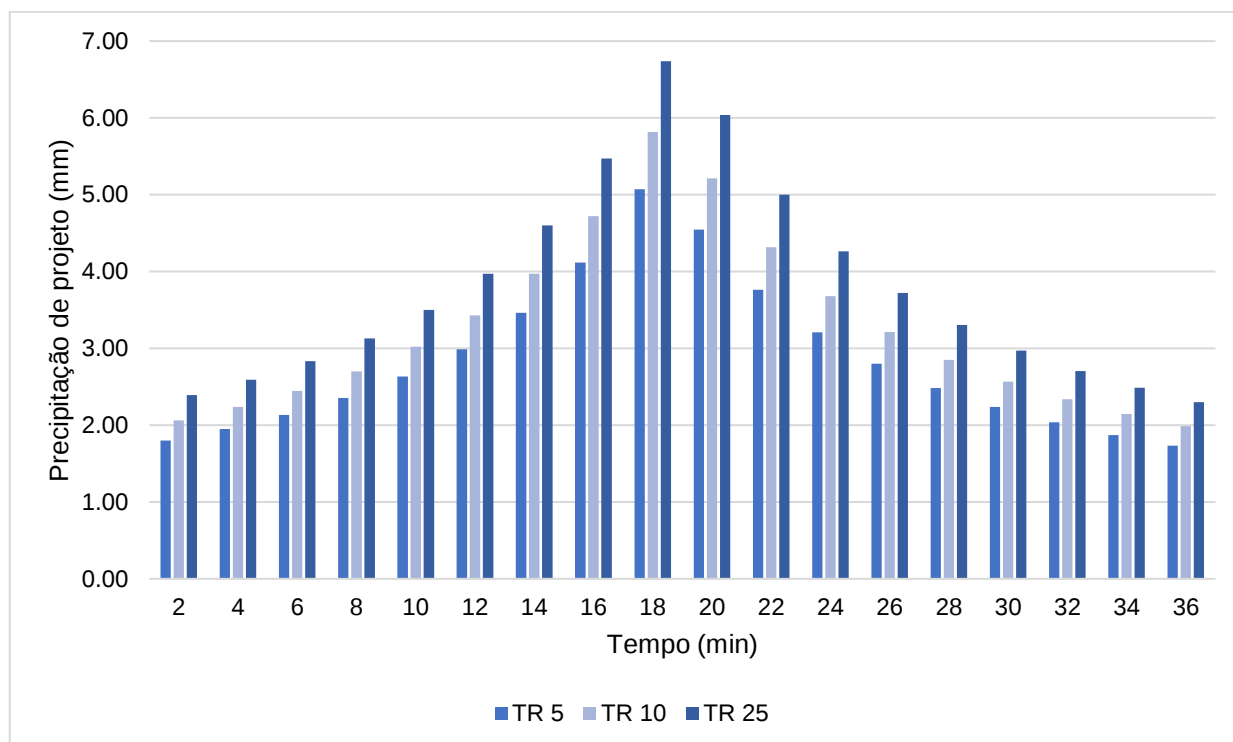


Figura 9 - Hietograma de projeto da SUB1 do Córrego do Patinho (TR 5, 10 e 25)

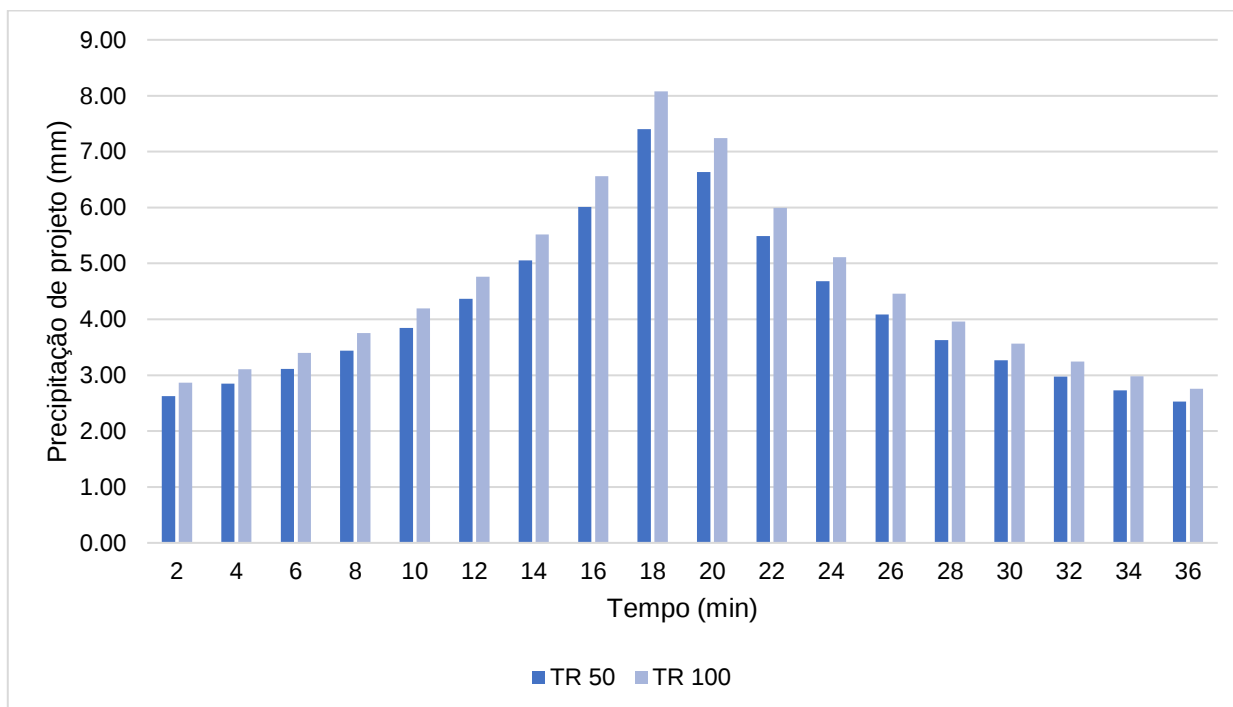


Figura 10 - Hietograma de projeto da SUB1 do Córrego do Patinho (TR 50 e 100)

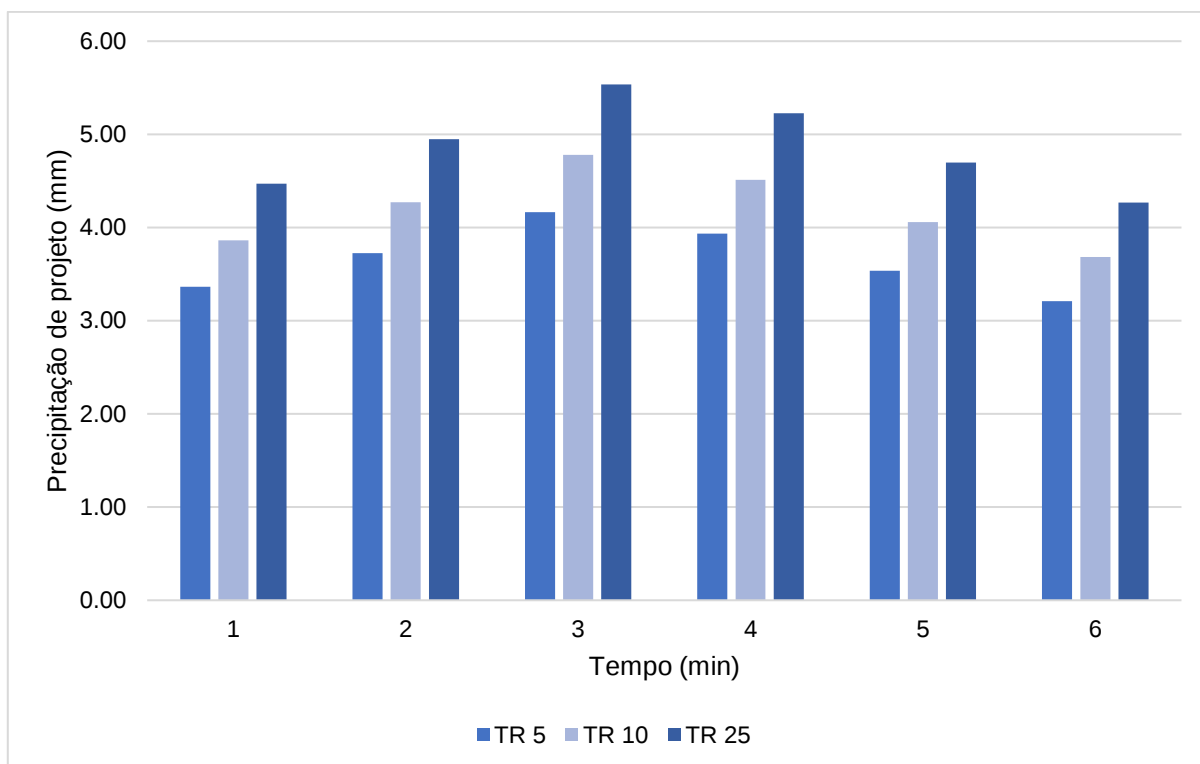


Figura 11 - Hietograma de projeto da SUB2 do Córrego do Patinho (TR 5, 10 e 25)

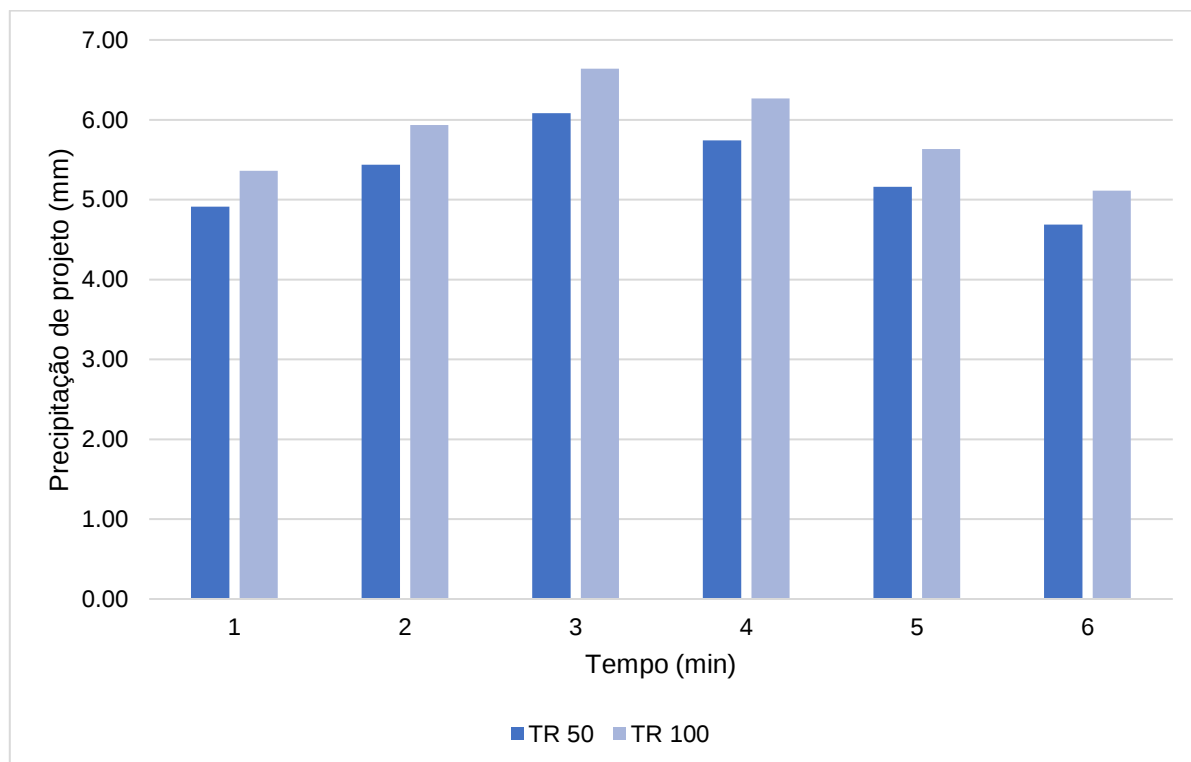


Figura 12 - Hietograma de projeto da SUB2 do Córrego do Patinho (TR 50 e 100)

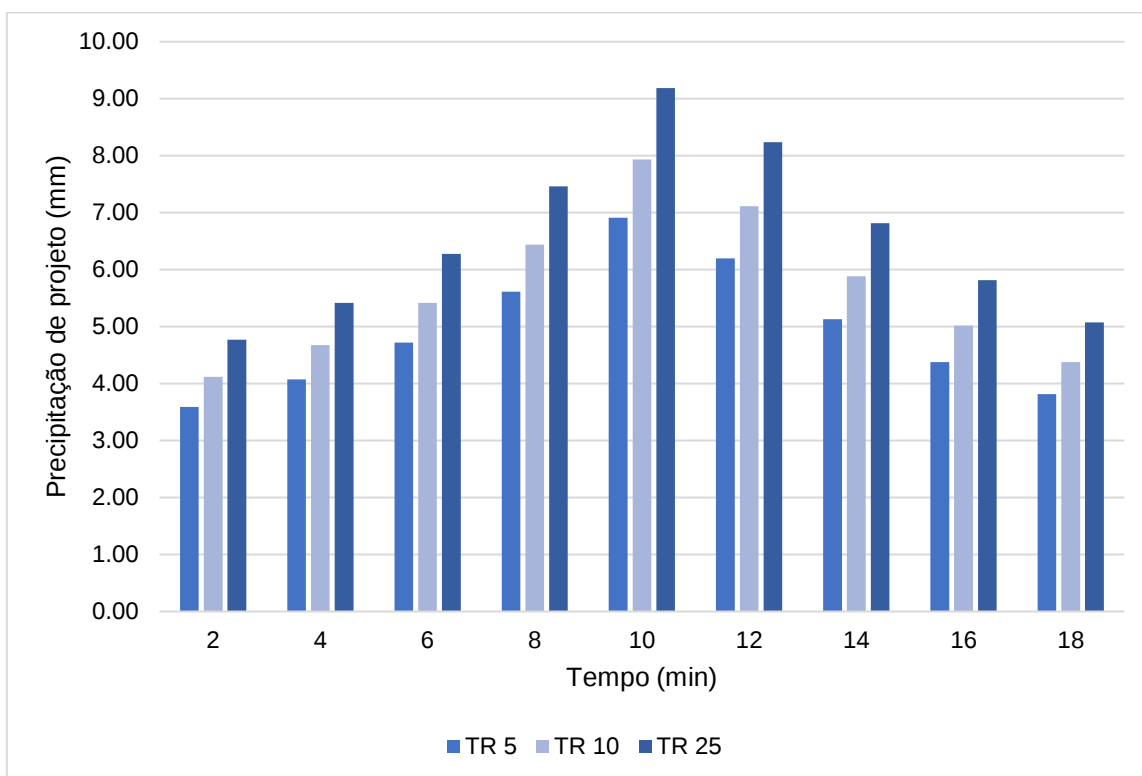


Figura 13 - Hietograma de projeto da SUB3 do Córrego do Patinho (TR 5, 10 e 25)

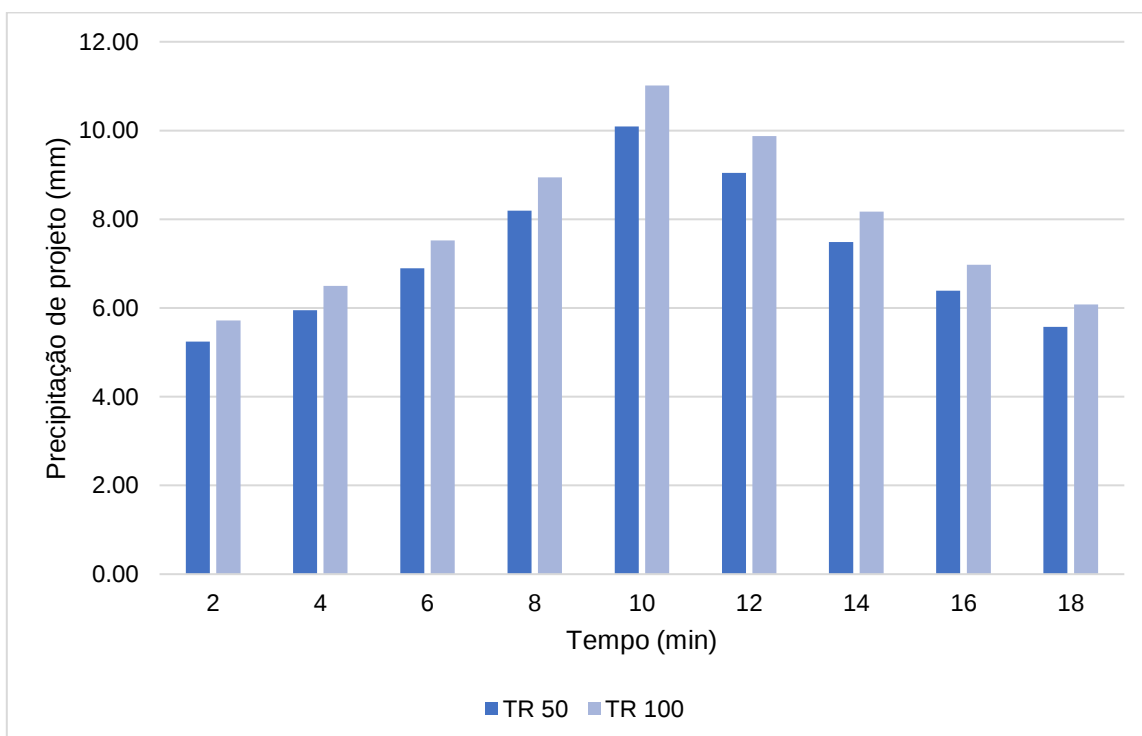


Figura 14 - Hietograma de projeto da SUB3 do Córrego do Patinho (TR 50 e 100)

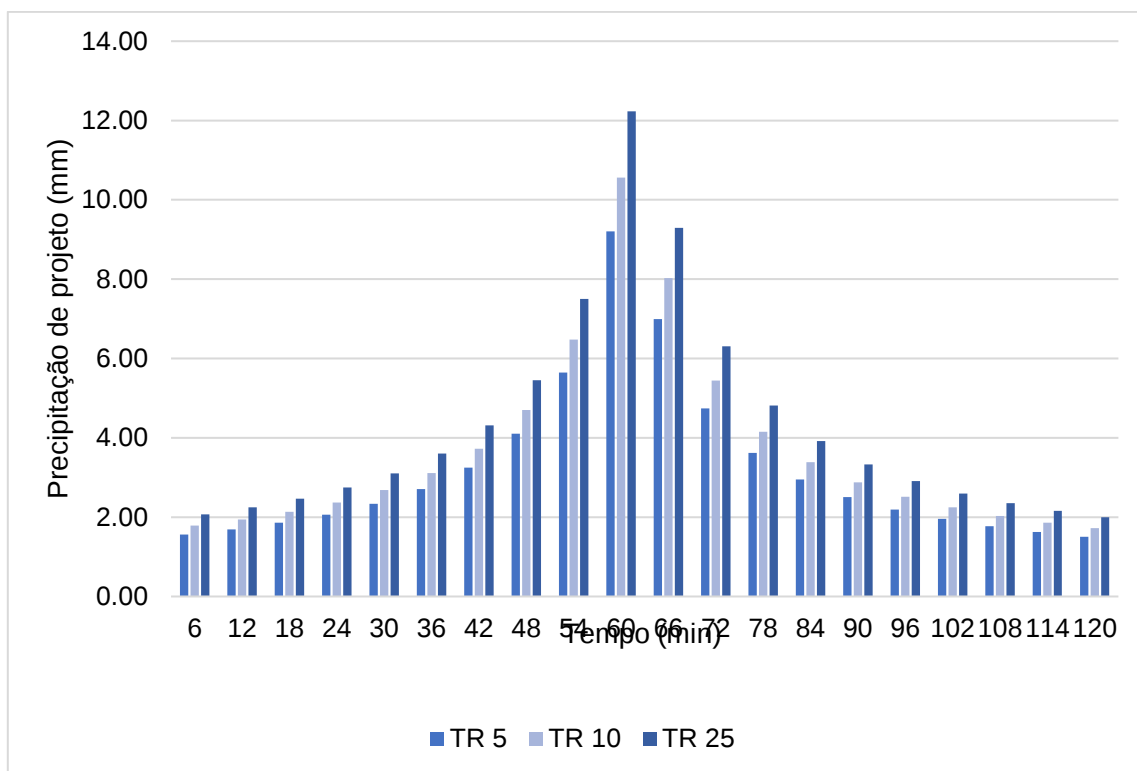


Figura 15 - Hietograma de projeto da Área de Interesse do Córrego do Patinho (TR 5, 10 e 25)

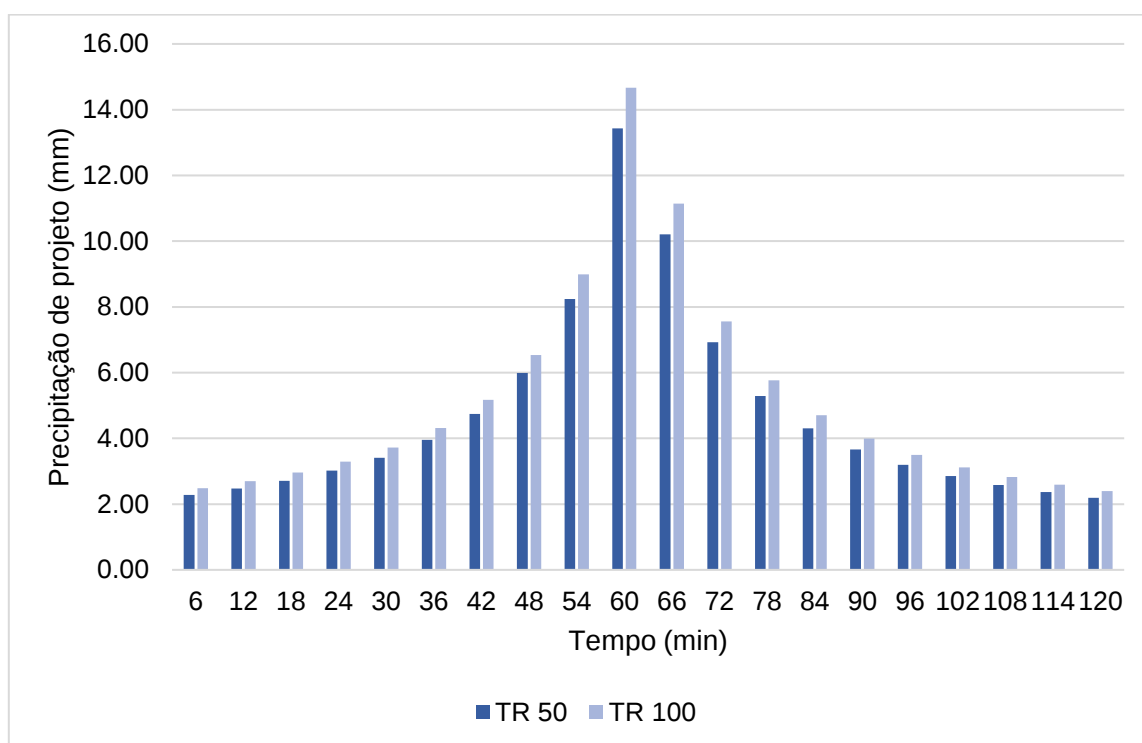


Figura 16 - Hietograma de projeto da Área de Interesse do Córrego do Patinho (TR 50 e 100)

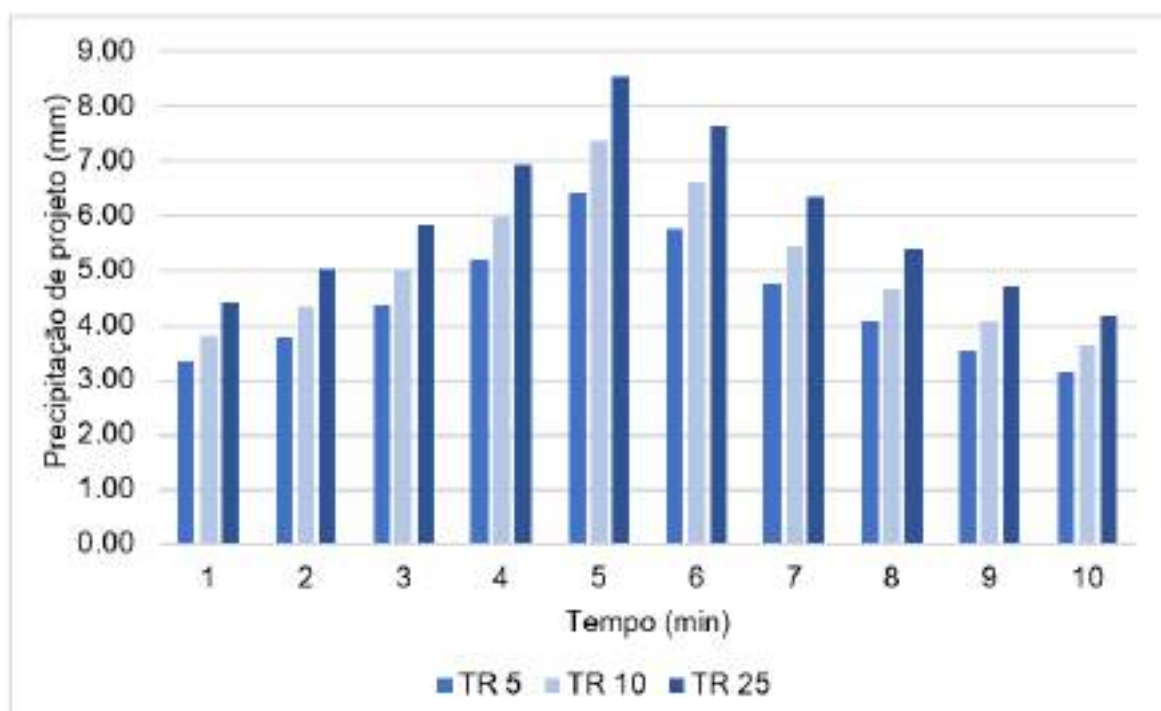


Figura 17 – Hietograma de projeto da SUB 1 do Ribeirão das Mortes (TR 5, 10 e 25)

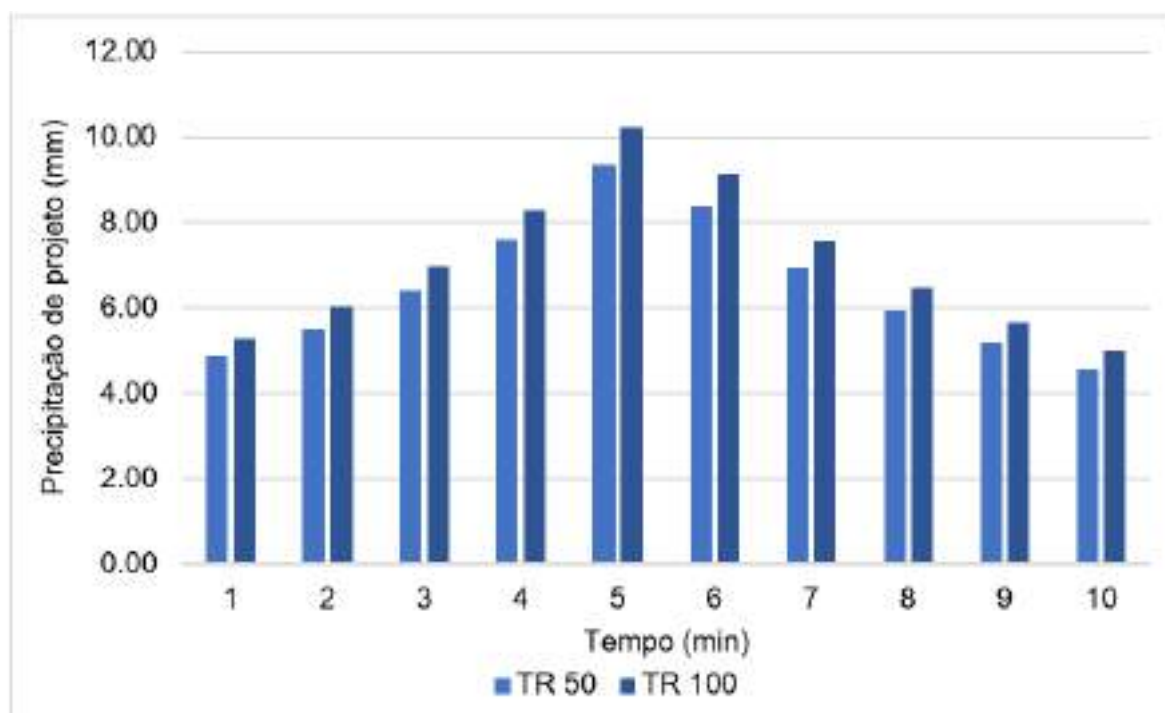


Figura 18 – Hietograma de projeto da SUB 1 do Ribeirão das Mortes (TR 50 e 100)

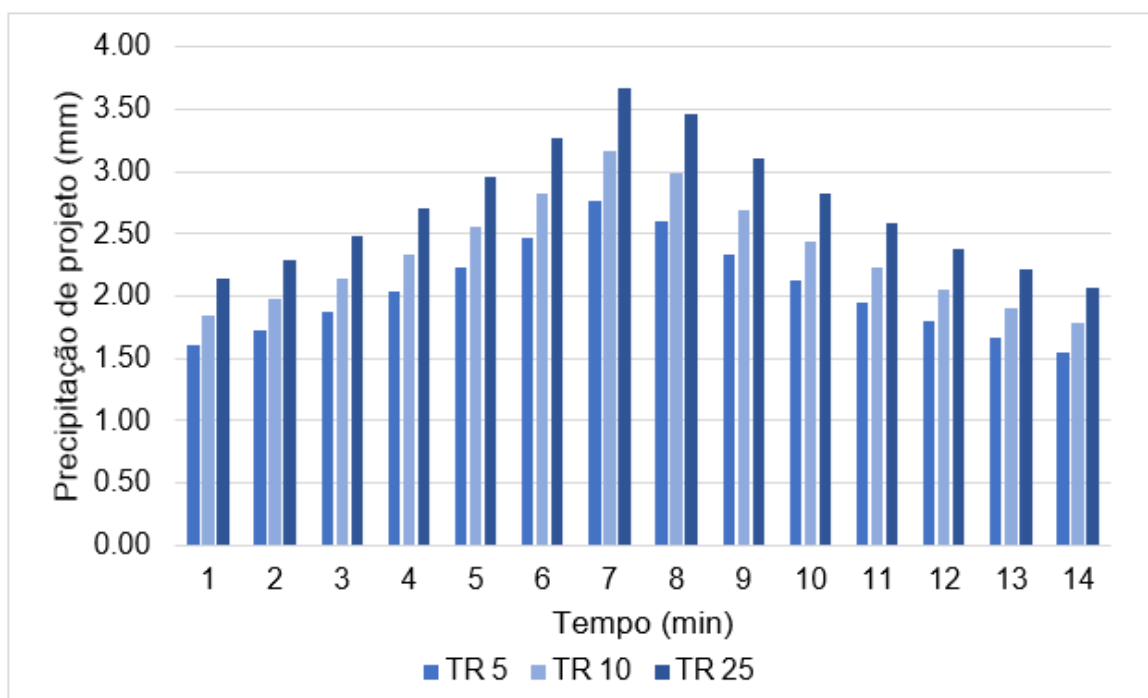


Figura 19 – Hietograma de projeto da SUB 2 do Ribeirão das Mortes (TR 5, 10 e 25)

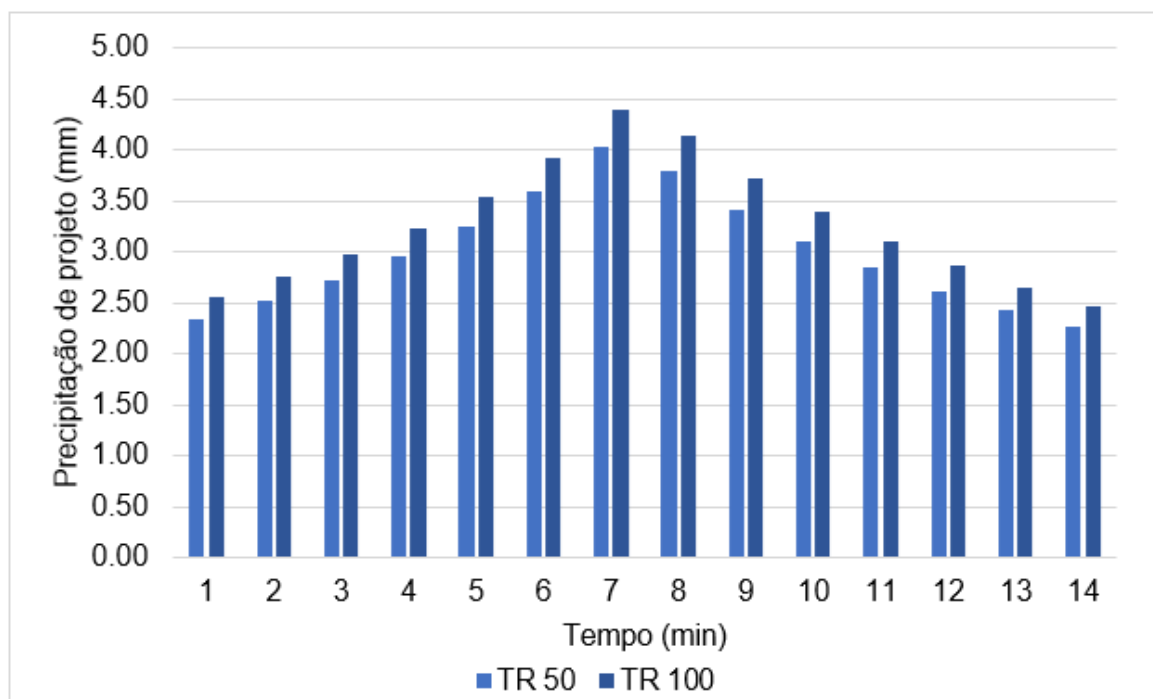


Figura 20 – Hietograma de projeto da SUB 2 do Ribeirão das Mortes (TR 50 e 100)

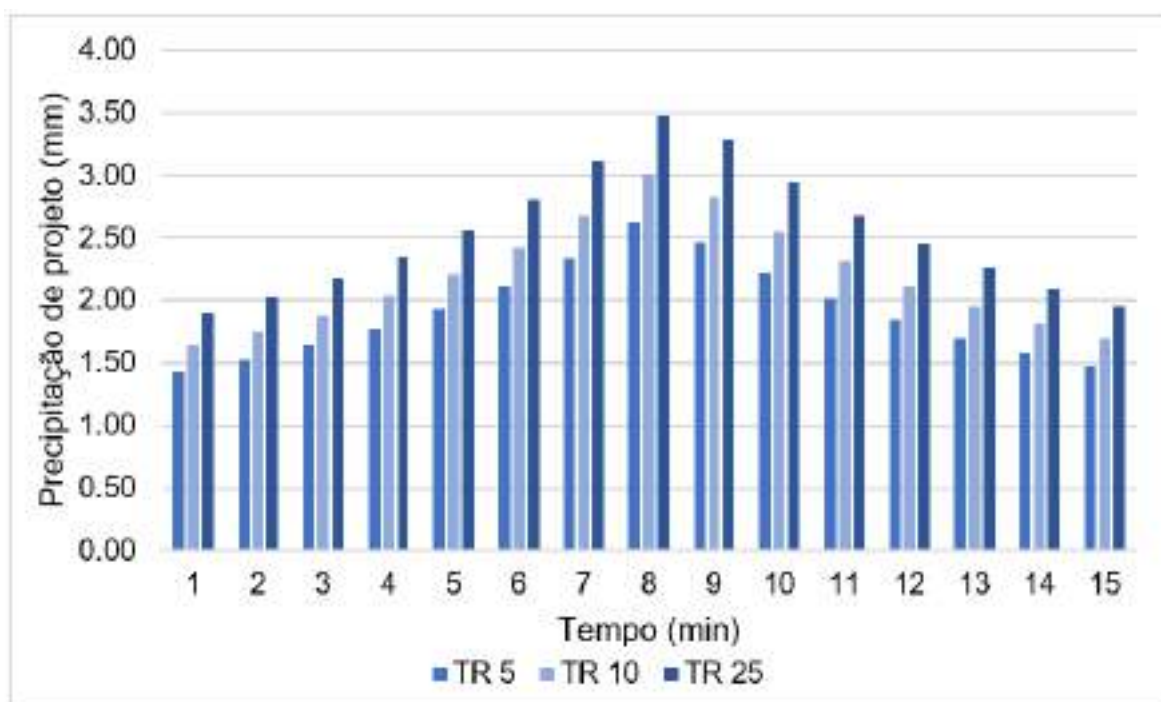


Figura 21 - Hietograma de projeto da SUB 3 do Ribeirão das MorteS (TR 5, 10 e 25)

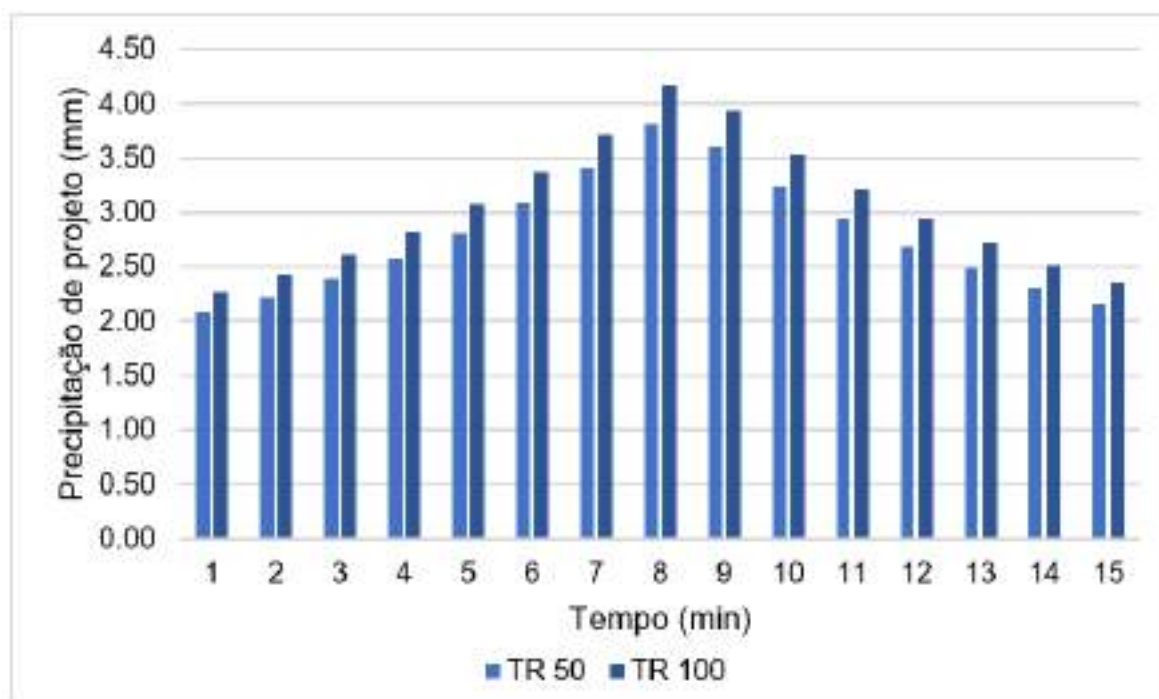


Figura 22 - Hietograma de projeto da SUB 3 do Ribeirão das MorteS (TR 50 e 100)

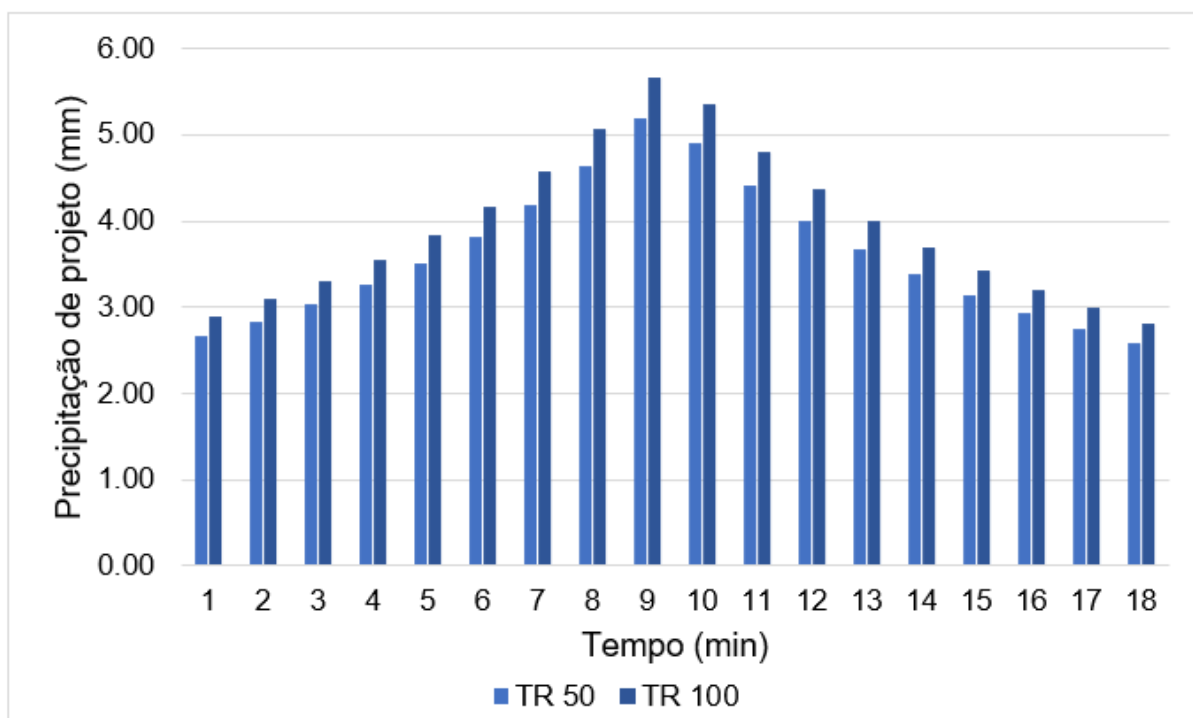


Figura 23 - Hietograma de projeto da SUB 4 do Ribeirão das Mortes (TR 5, 10 e 25)

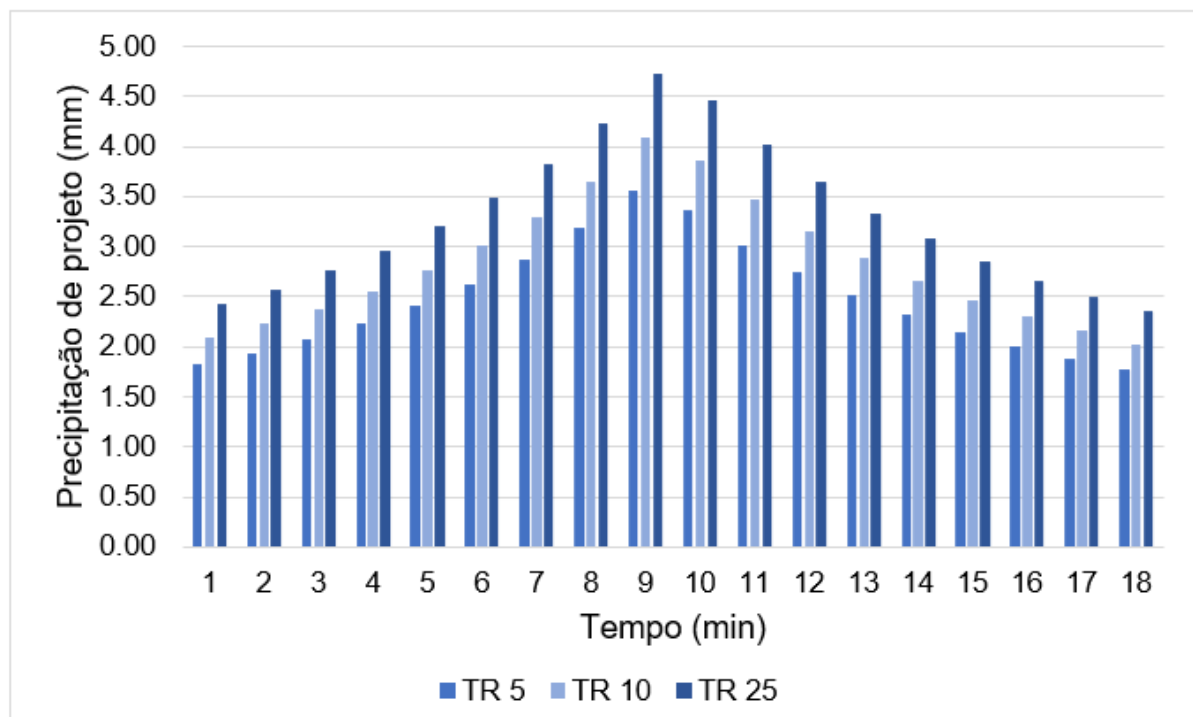


Figura 24 - Hietograma de projeto da SUB 4 do Ribeirão das Mortes (TR 50 e 100)

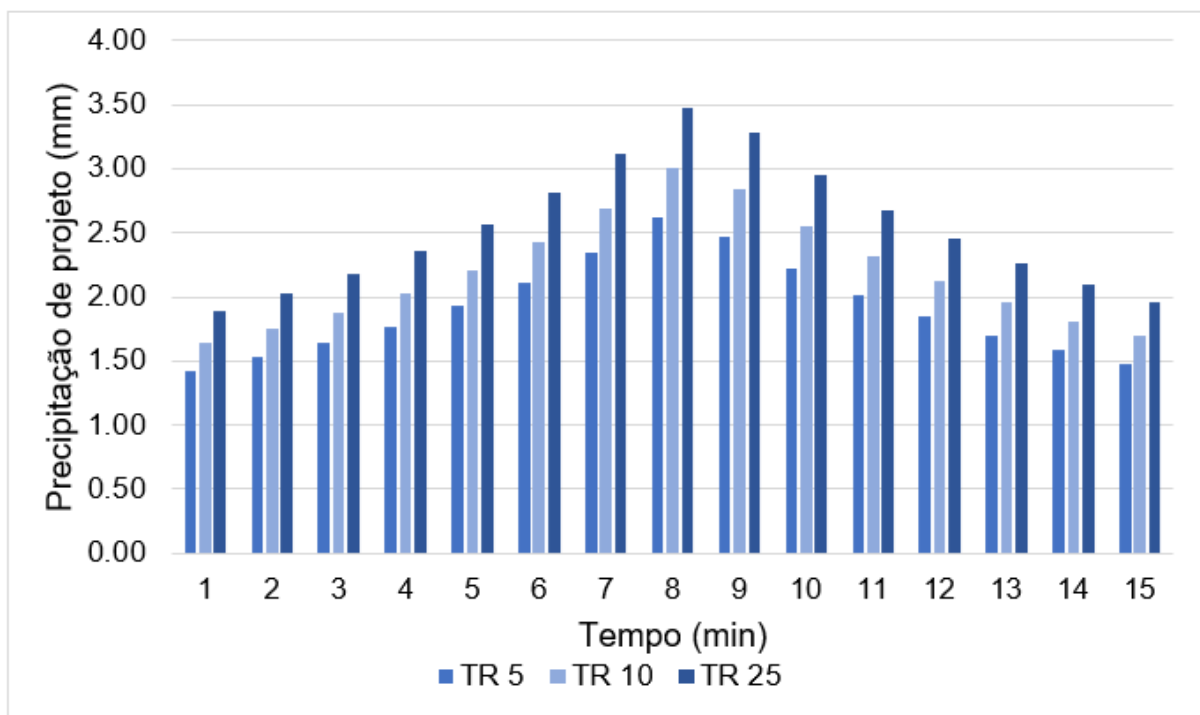


Figura 25 - Hietograma de projeto da SUB 5 do Ribeirão das Mortes (TR 5, 10 e 25)

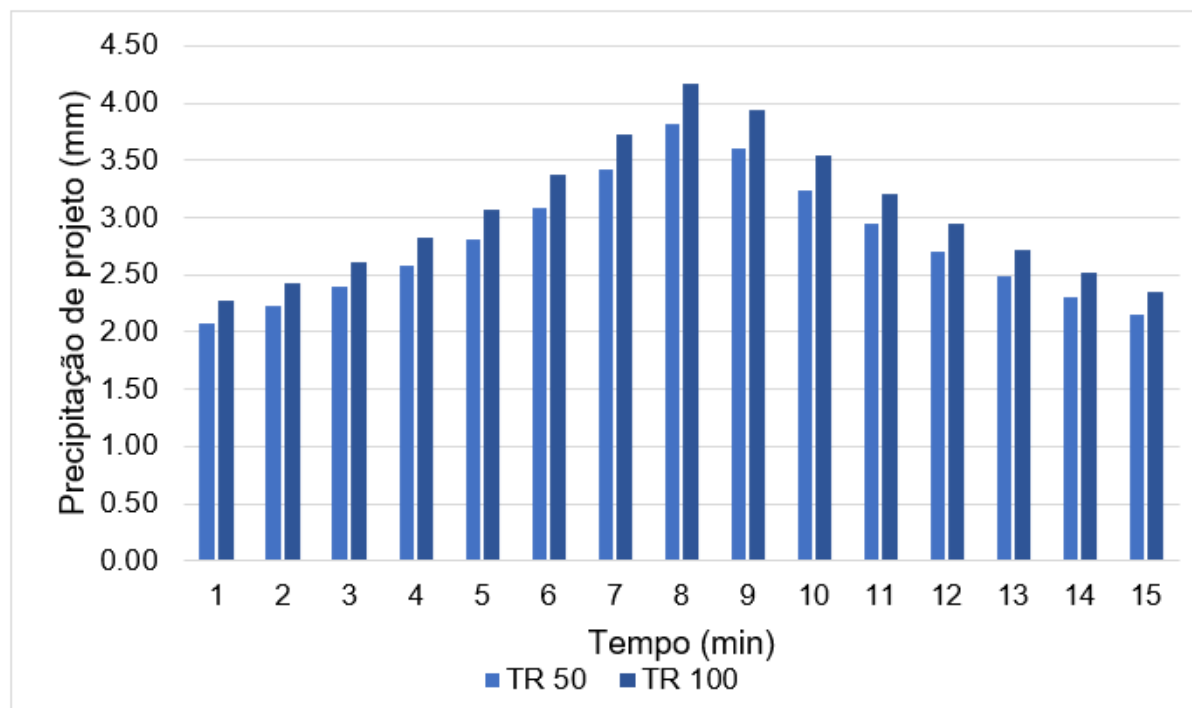


Figura 26 - Hietograma de projeto da SUB 5 do Ribeirão das Mortes (TR 50 e 100)

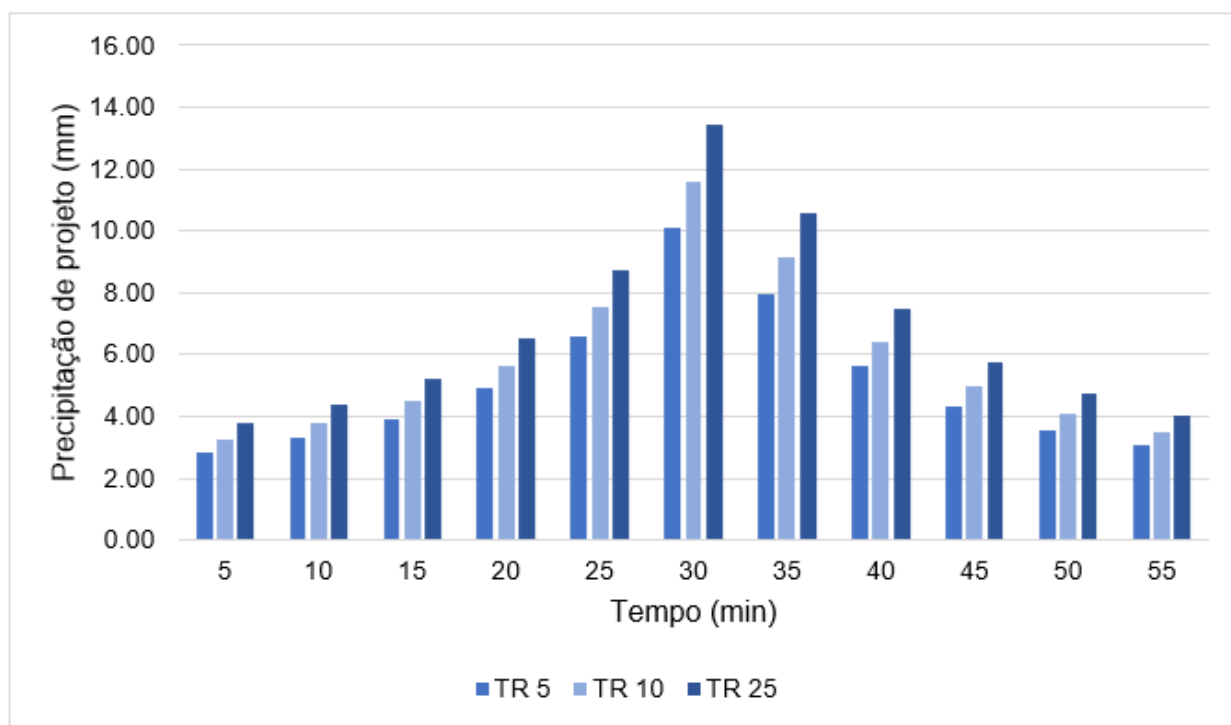


Figura 27 - Hietograma de projeto da SUB 6 do Ribeirão das Mortes (TR 5, 10 e 25)

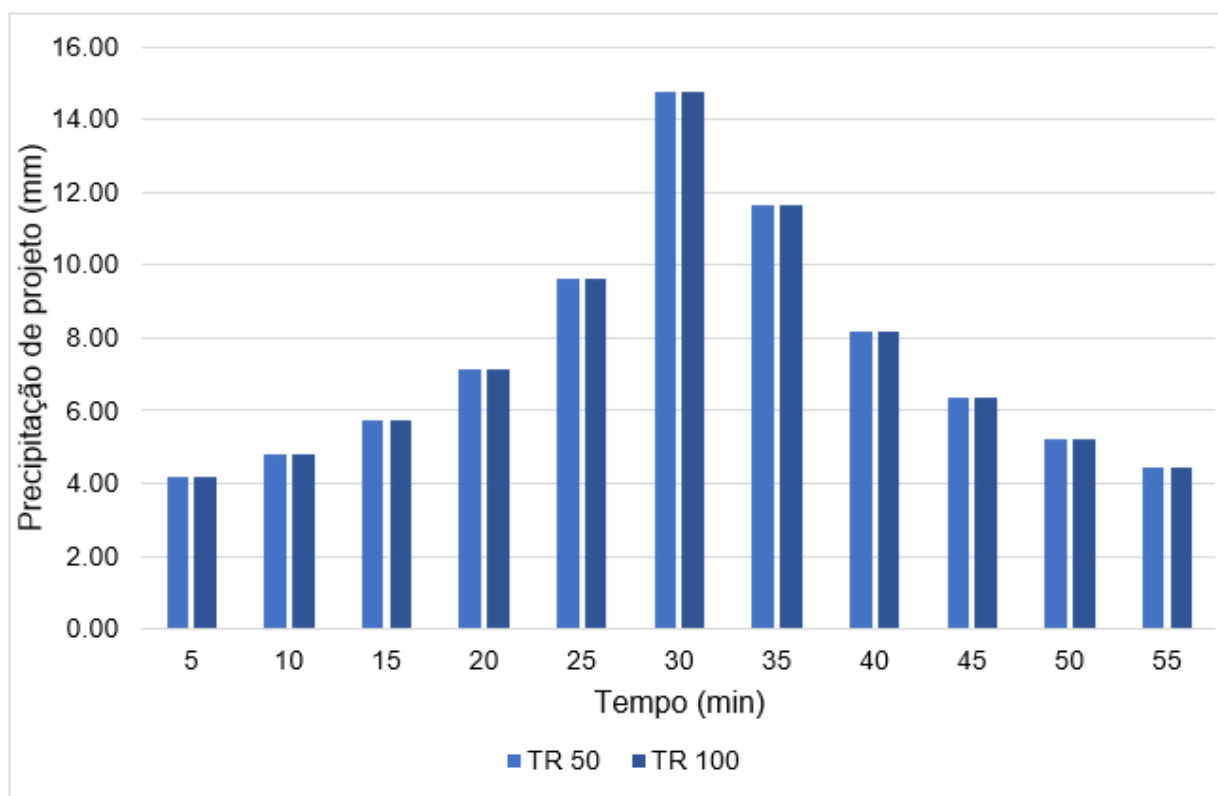


Figura 28 - Hietograma de projeto da SUB 6 do Ribeirão das Mortes (TR 50 e 100)

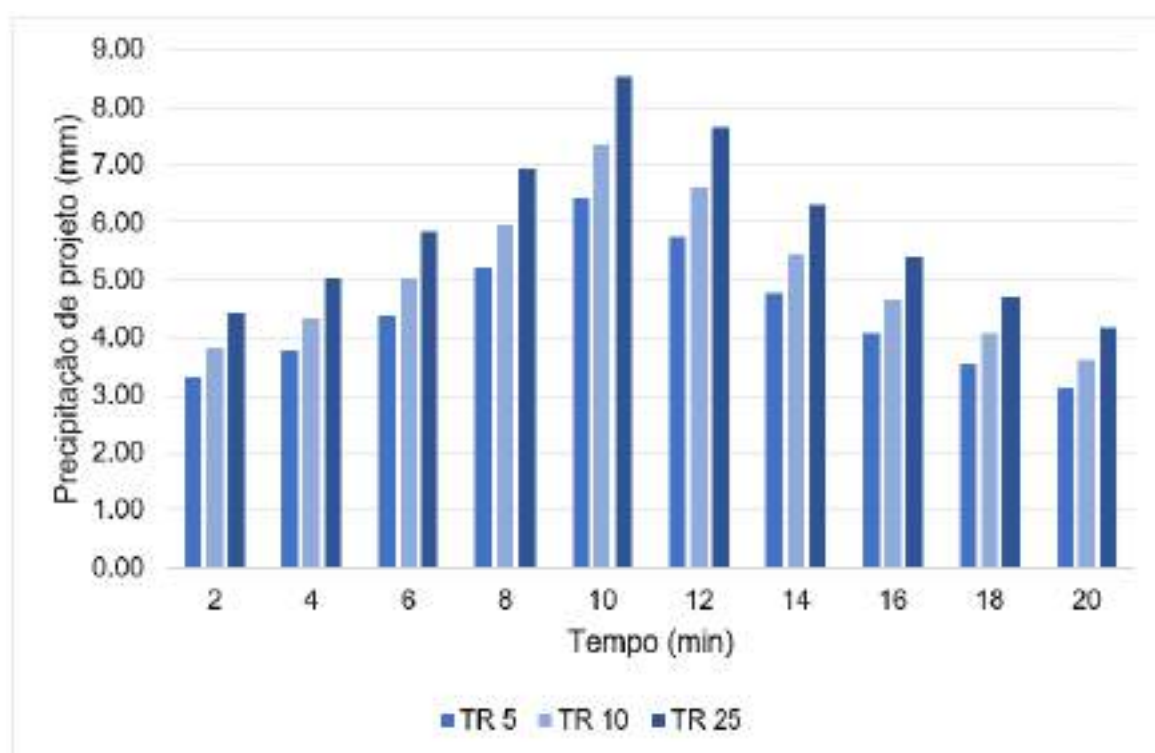


Figura 29 - Hietograma de projeto da SUB 7 do Ribeirão das Mortes (TR 5, 10 e 25)

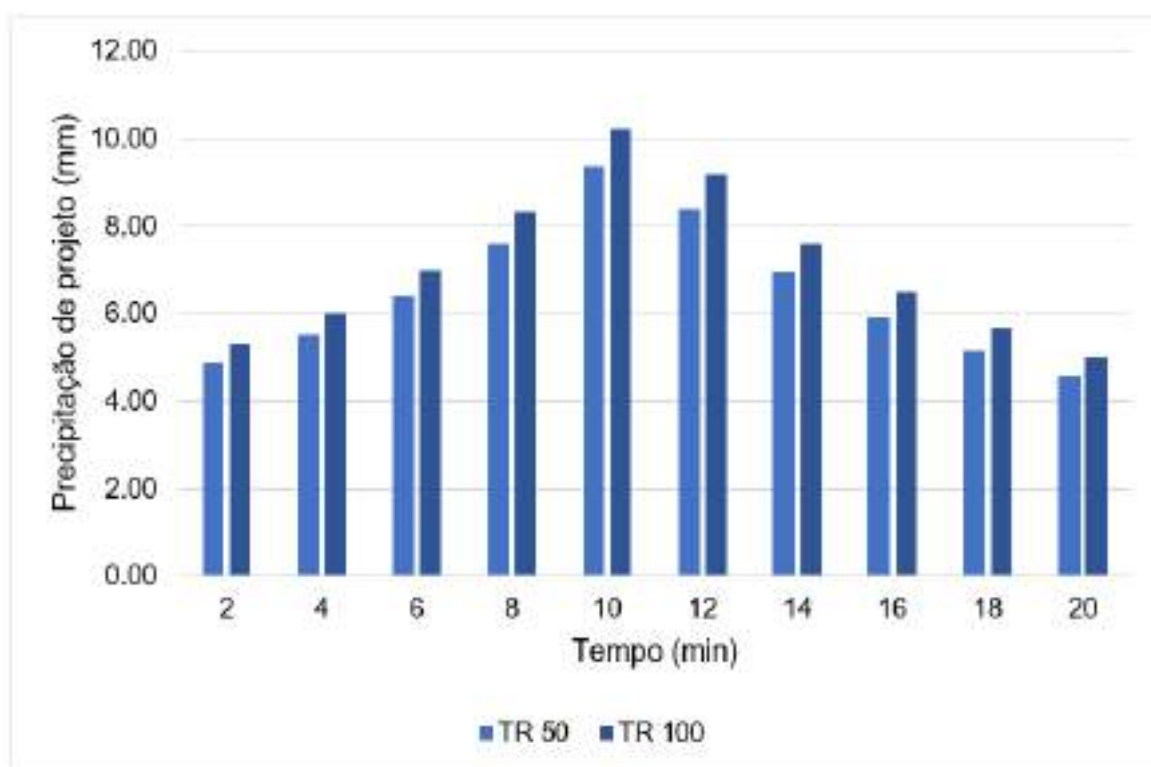


Figura 30 - Hietograma de projeto da SUB 7 do Ribeirão das Mortes (TR 50 e 100)

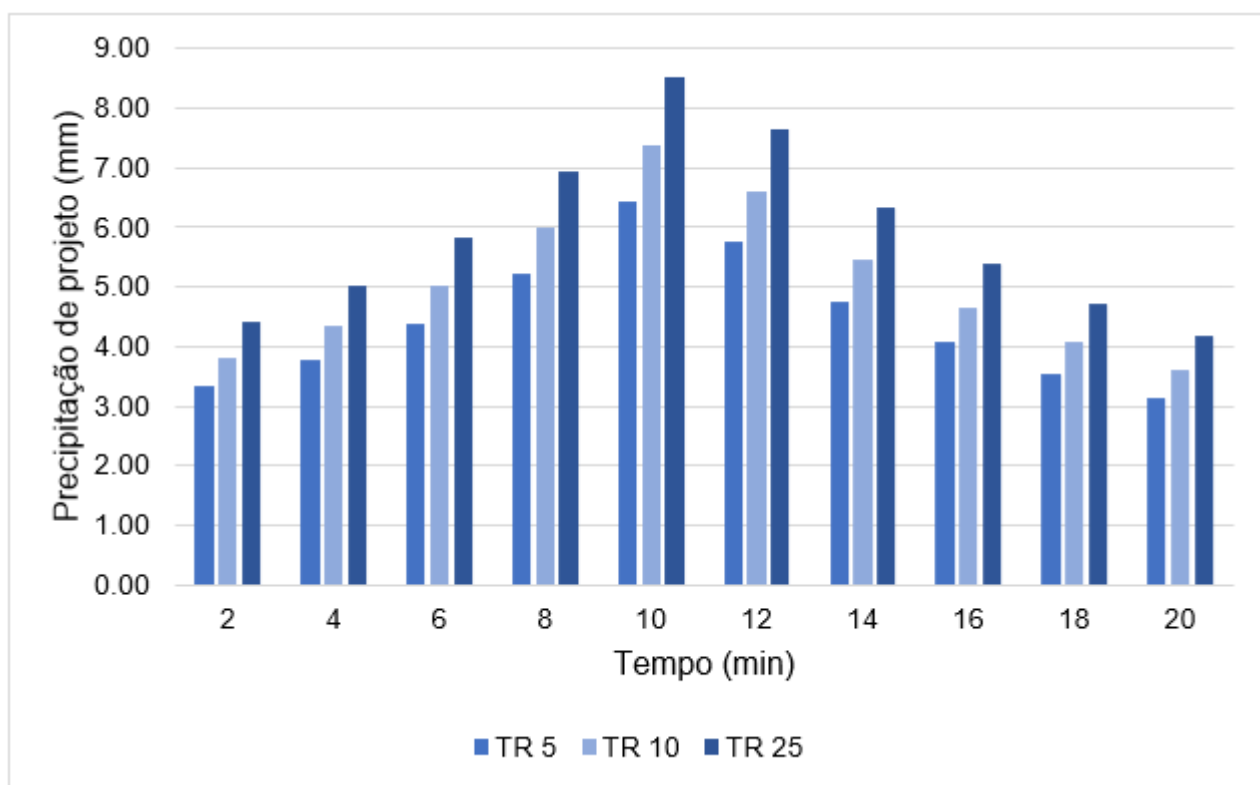


Figura 31 - Hietograma de projeto da SUB 8 do Ribeirão das Mortes (TR 5, 10 e 25)

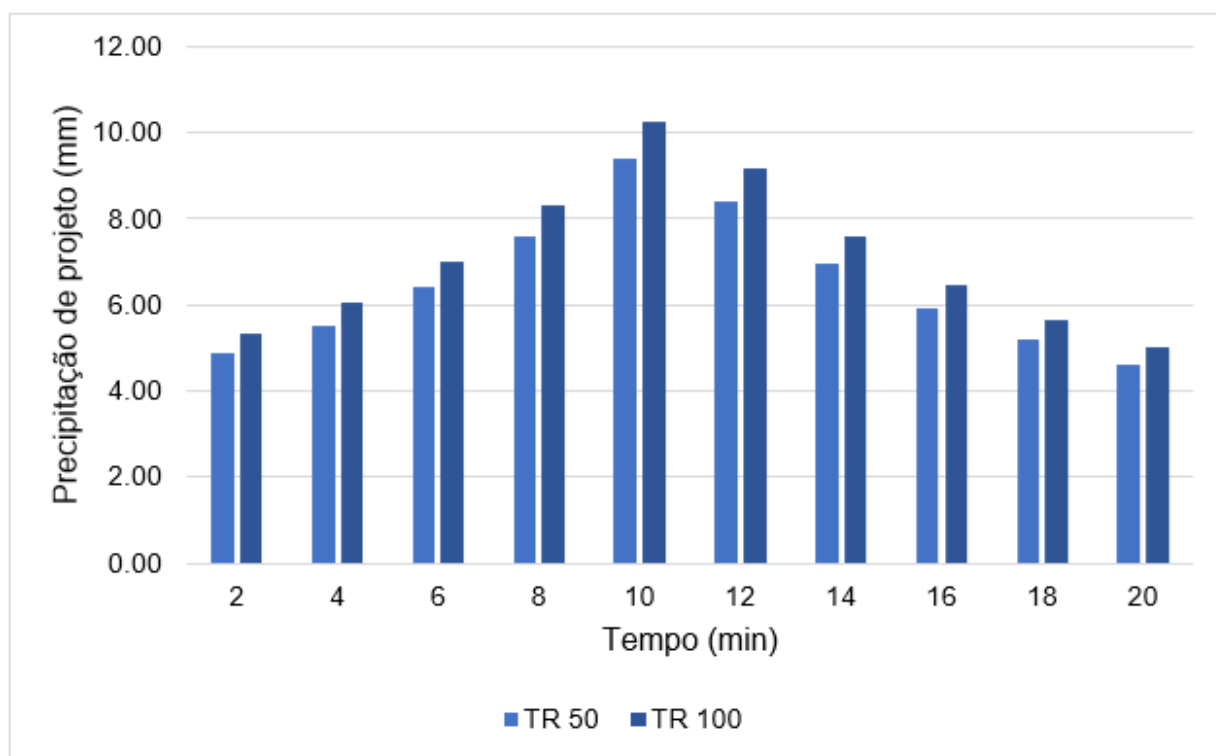


Figura 32 - Hietograma de projeto da SUB 8 do Ribeirão das Mortes (TR 50 e 100)

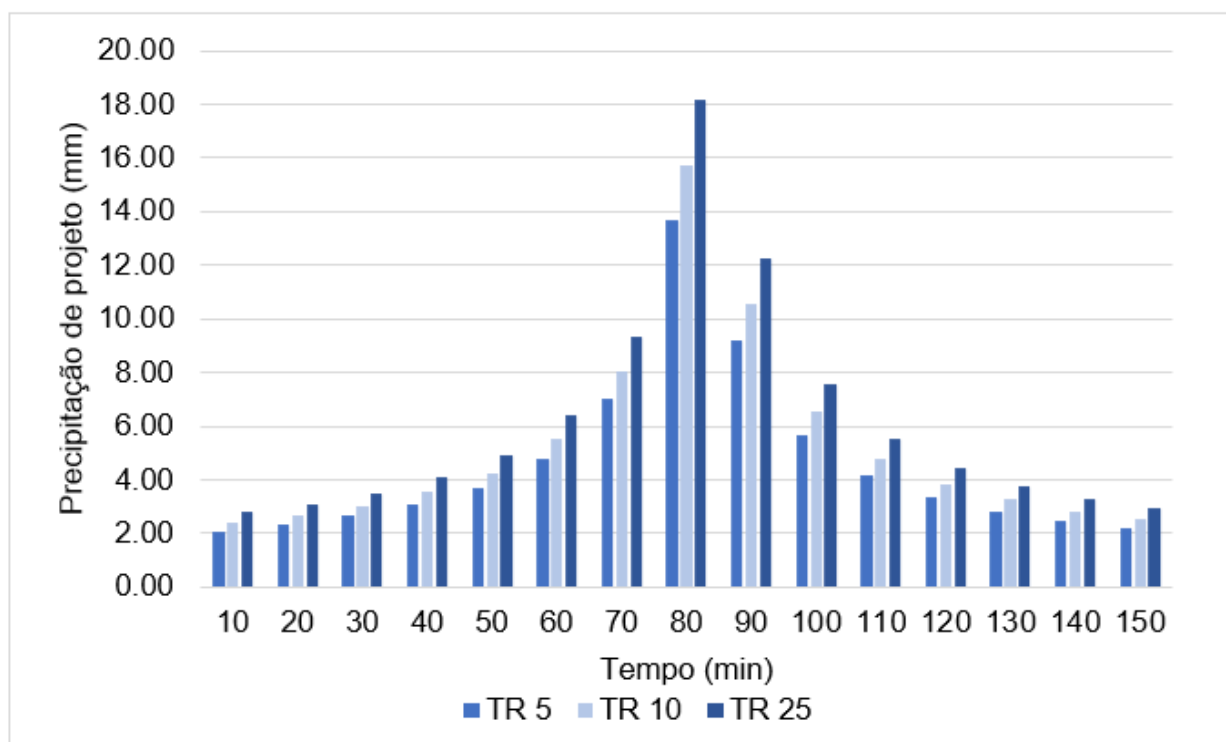


Figura 33 - Hietograma de projeto da Área de Interesse do Ribeirão das Mortes (TR 5, 10 e 25)

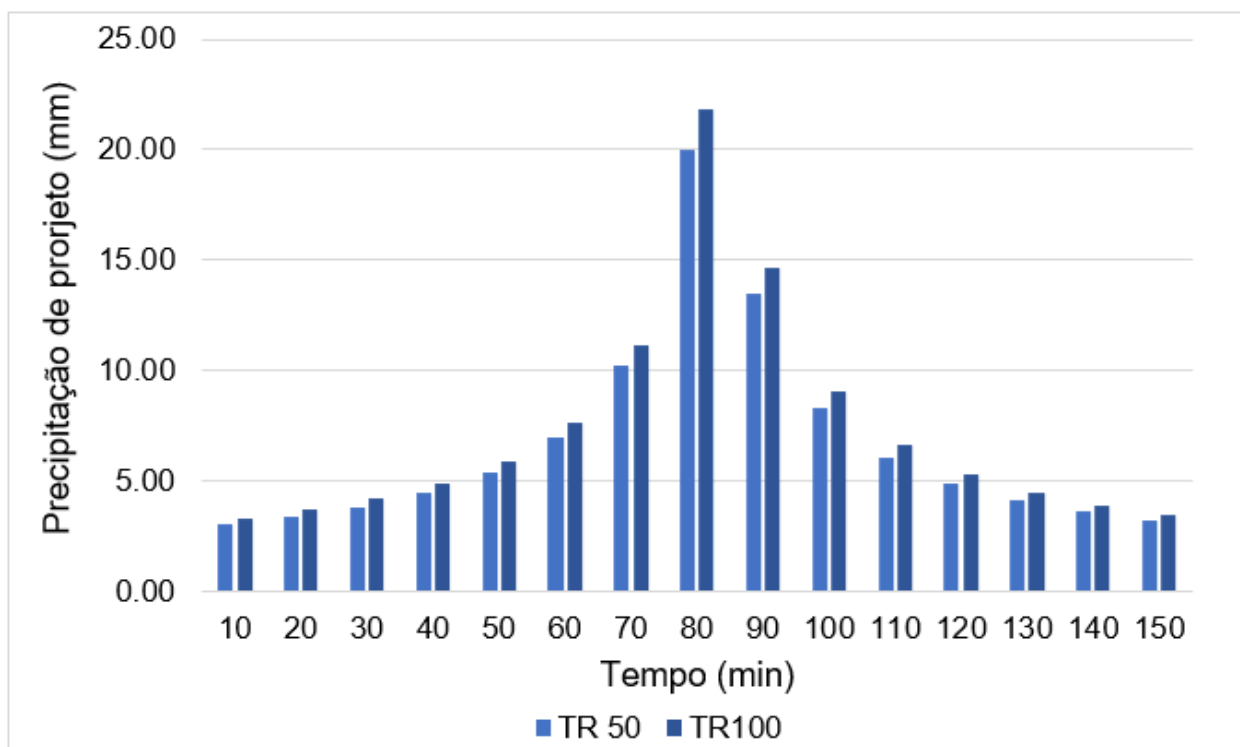


Figura 34 - Hietograma de projeto da Área de Interesse do Ribeirão das Mortes (TR 50 e 100)

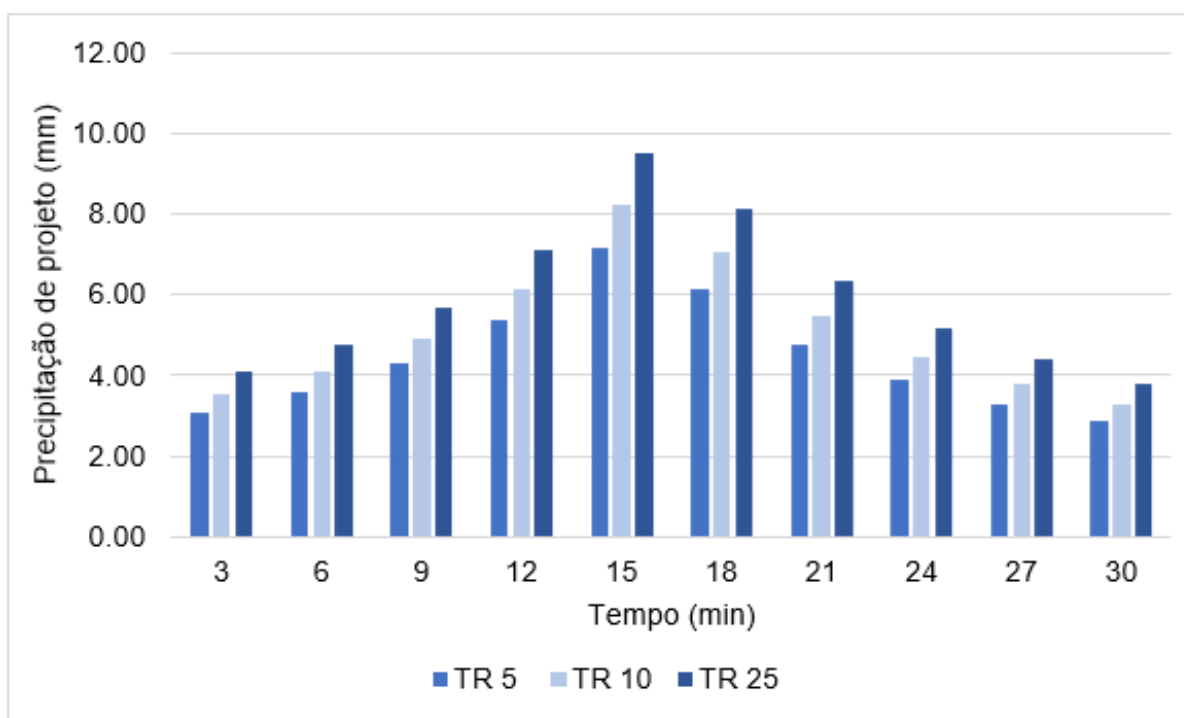


Figura 35 - Hietograma de projeto da SUB 1 do Ribeirão Pantano (TR 5, 10 e 25)

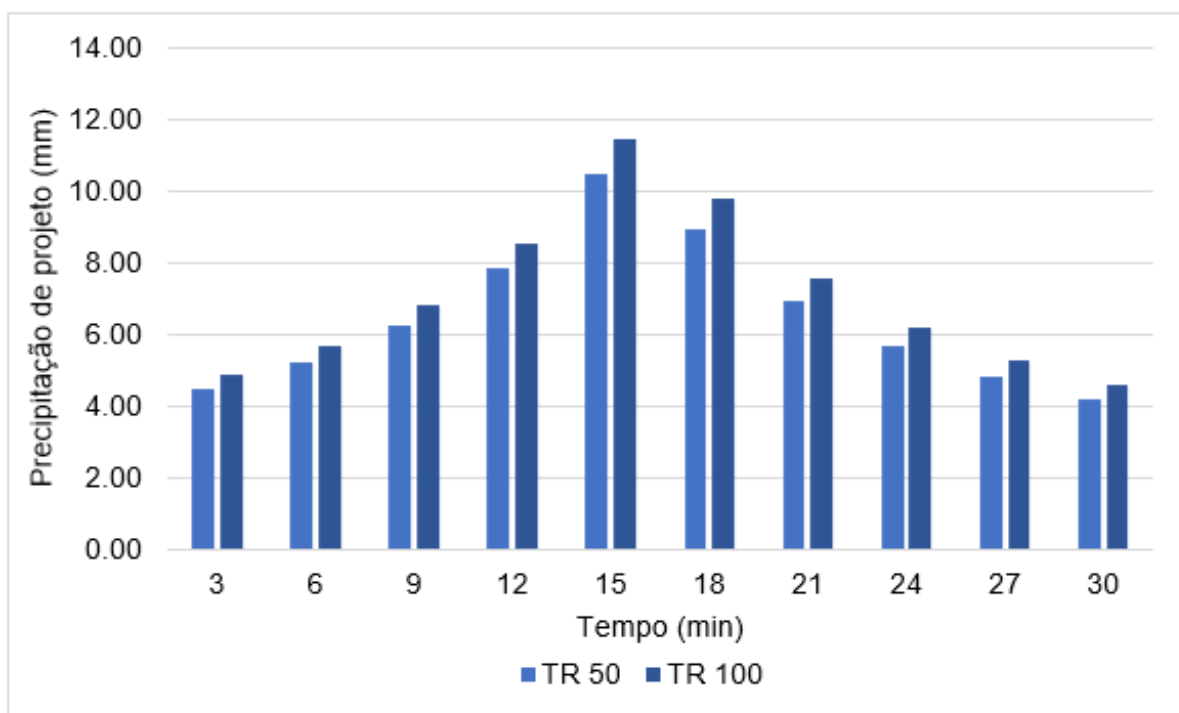


Figura 36 - Hietograma de projeto da SUB 1 do Ribeirão Pantano (TR 50 e 100)

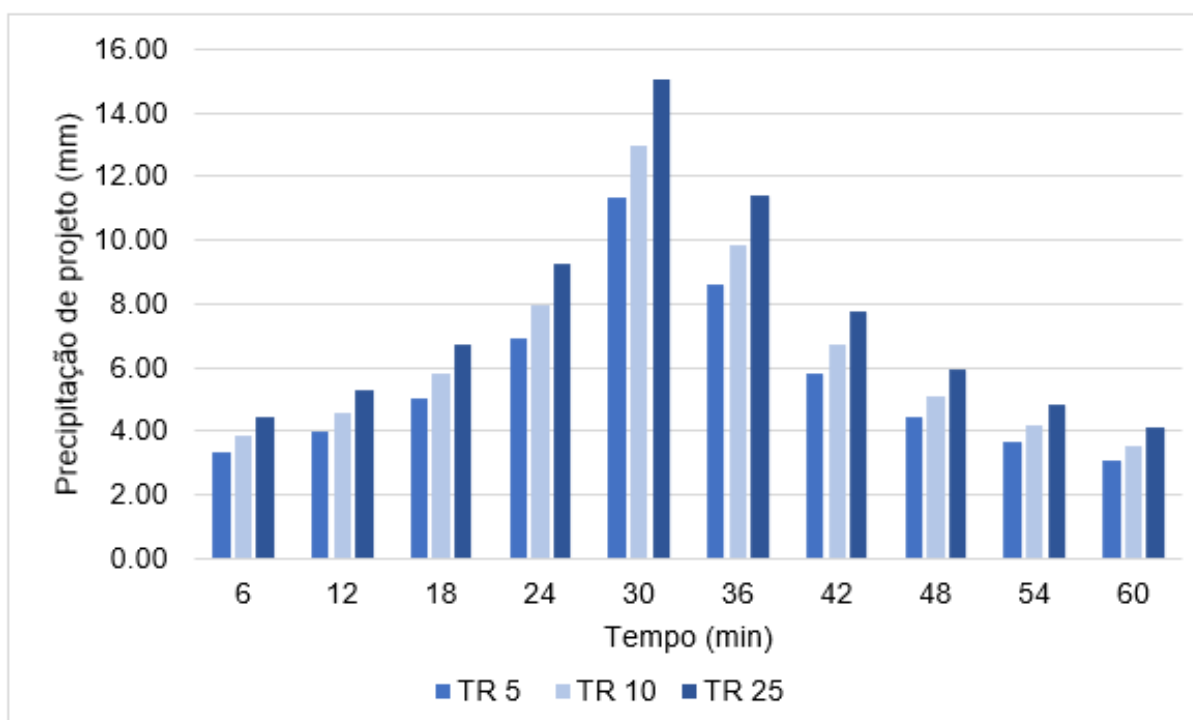


Figura 37 - Hietograma de projeto da SUB 2 do Ribeirão Pantano (TR 5, 10 e 25)

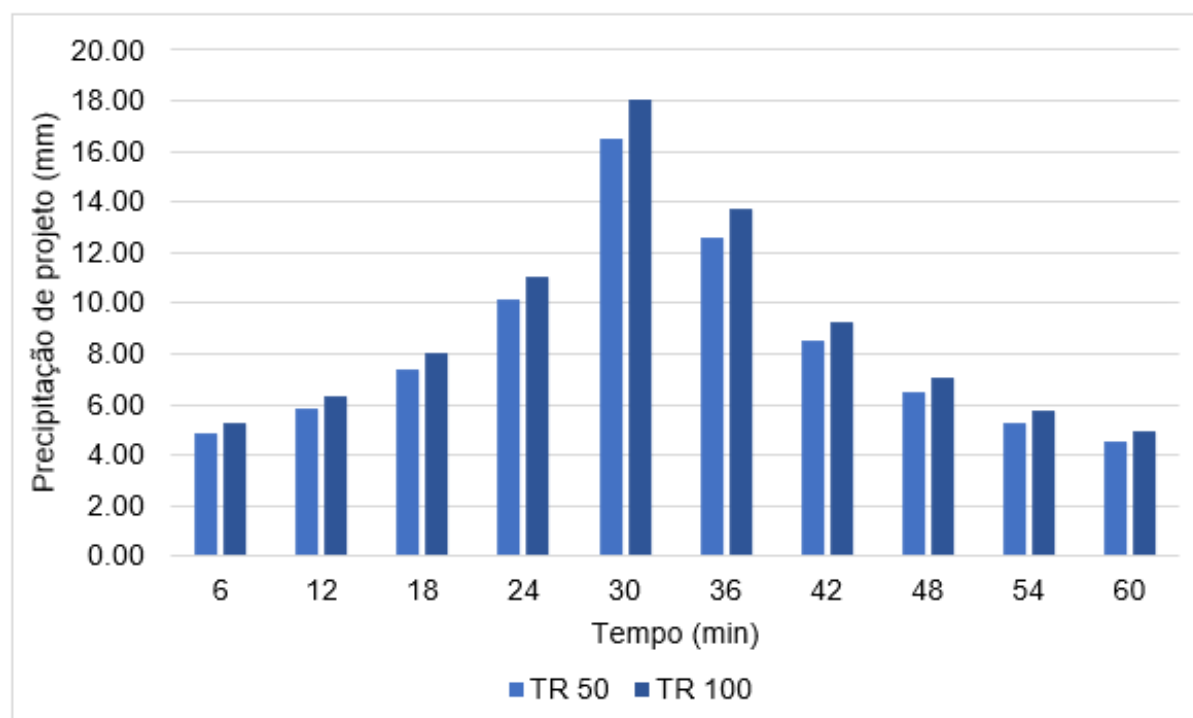


Figura 38 - Hietograma de projeto da SUB 2 do Ribeirão Pantano (TR 50 e 100)

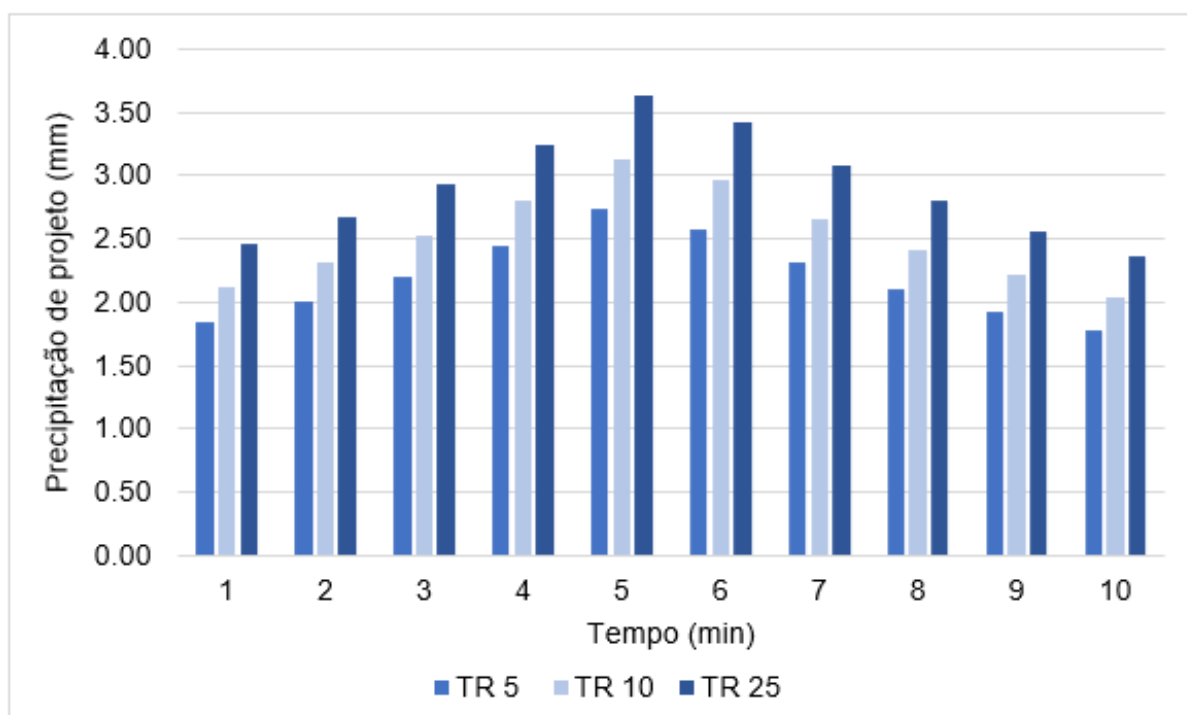


Figura 39 - Hietograma de projeto da SUB 3 do Ribeirão Pantano (TR 5, 10 e 25)

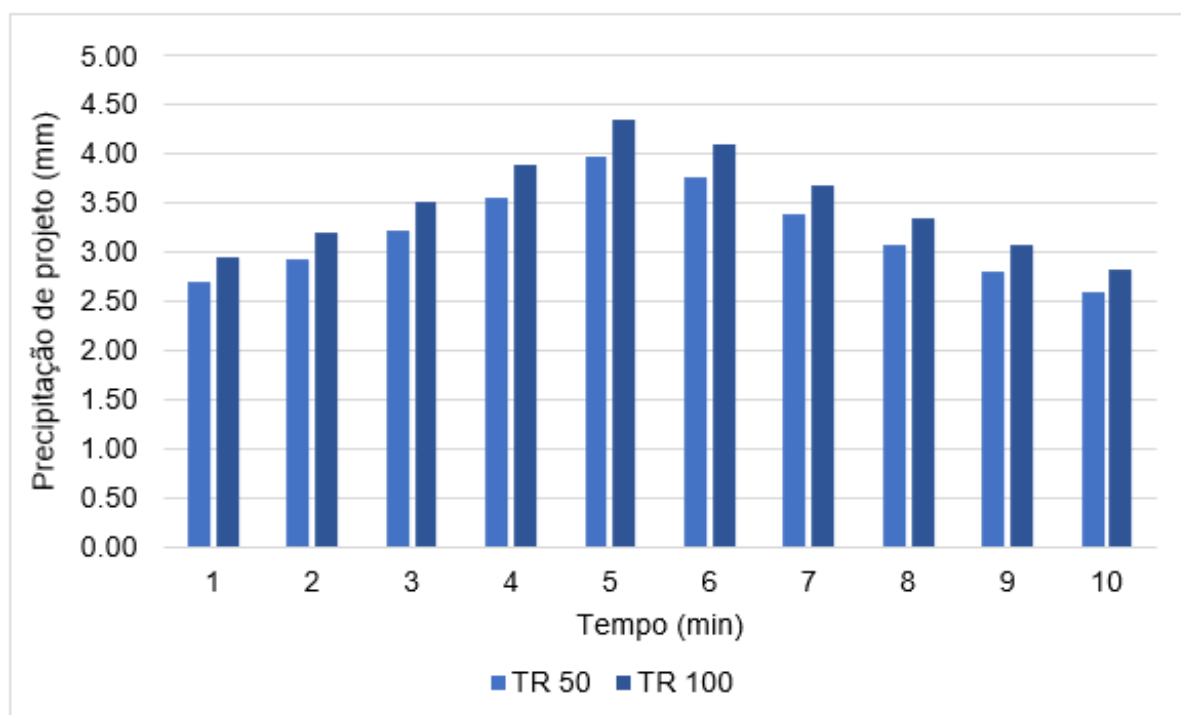


Figura 40 - Hietograma de projeto da SUB 3 do Ribeirão Pantano (TR 50 e 100)

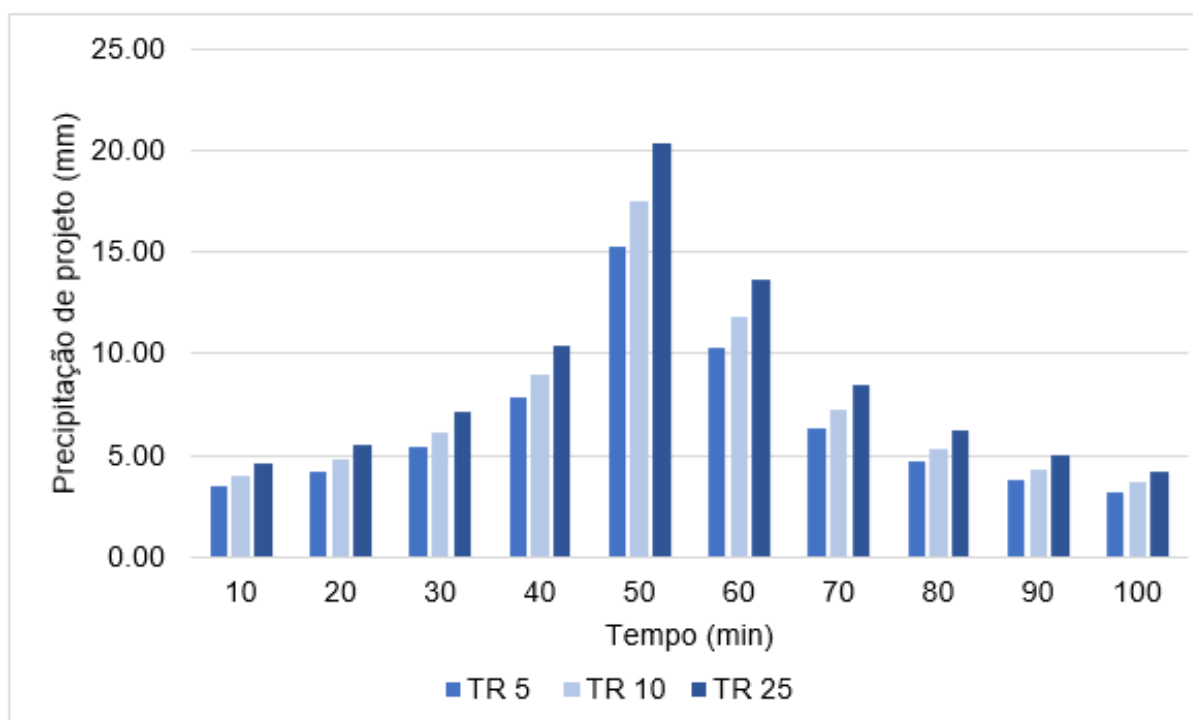


Figura 41 - Hietograma de projeto da SUB 4 do Ribeirão Pantano (TR 5, 10 e 25)

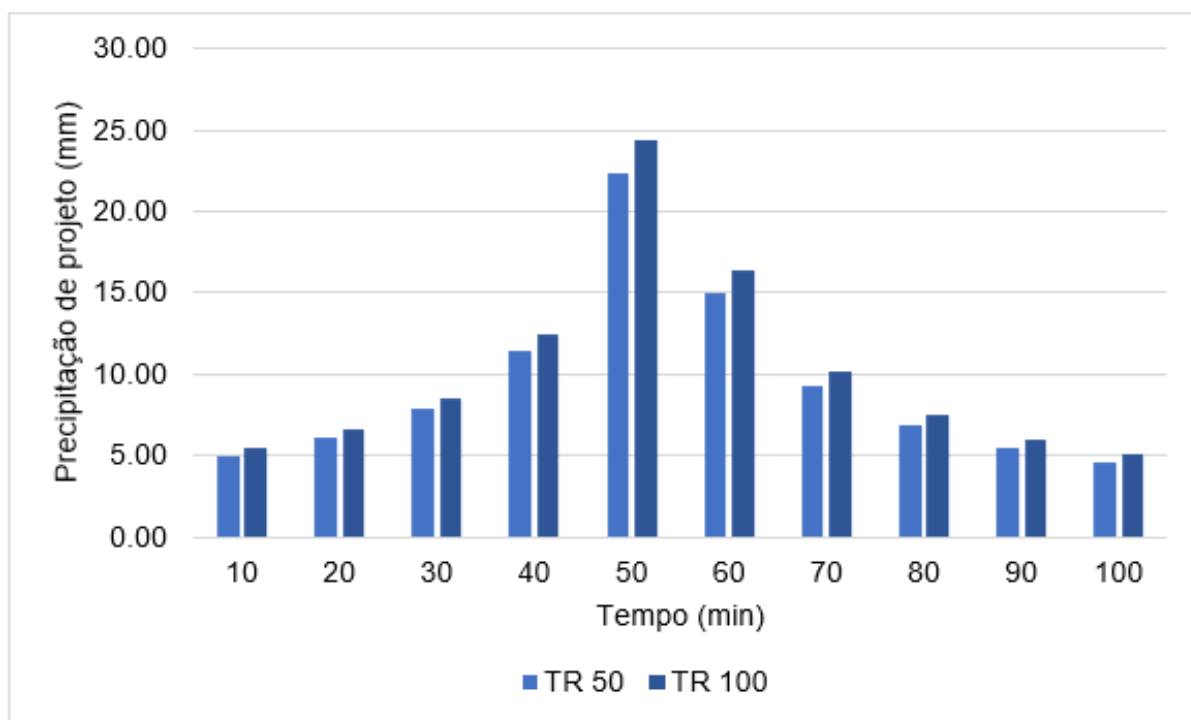


Figura 42 - Hietograma de projeto da SUB 4 do Ribeirão Pantano (TR 50 e 100)

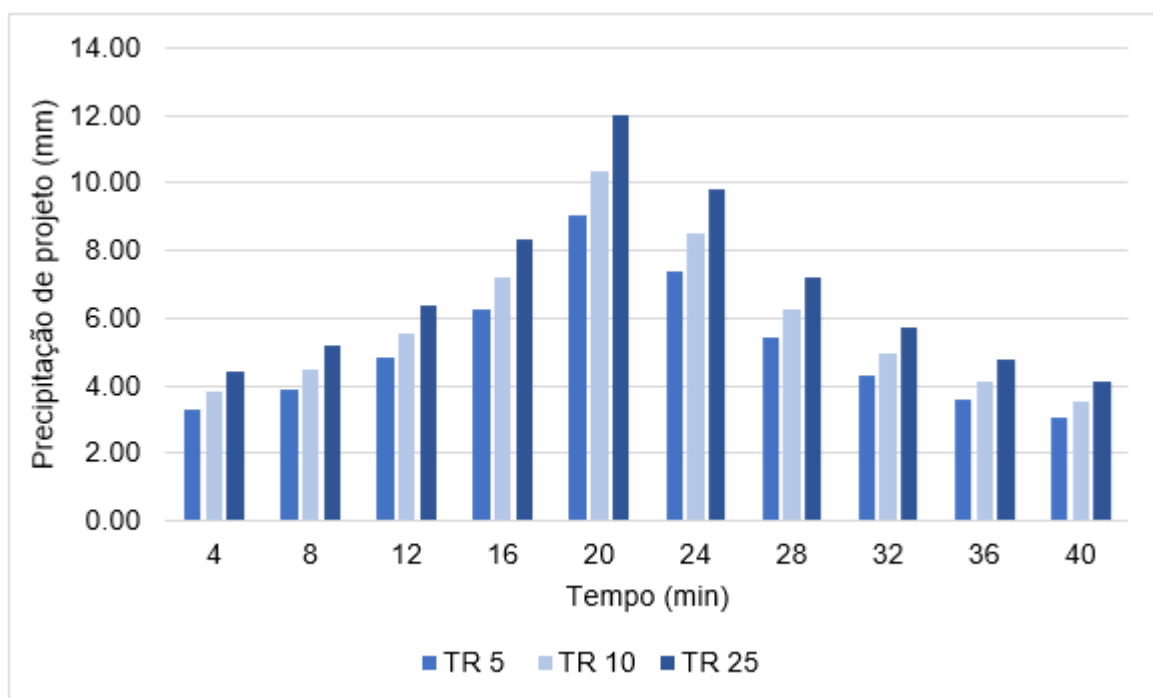


Figura 43 - Hietograma de projeto da SUB 5 do Ribeirão Pantano (TR 5, 10 e 25)

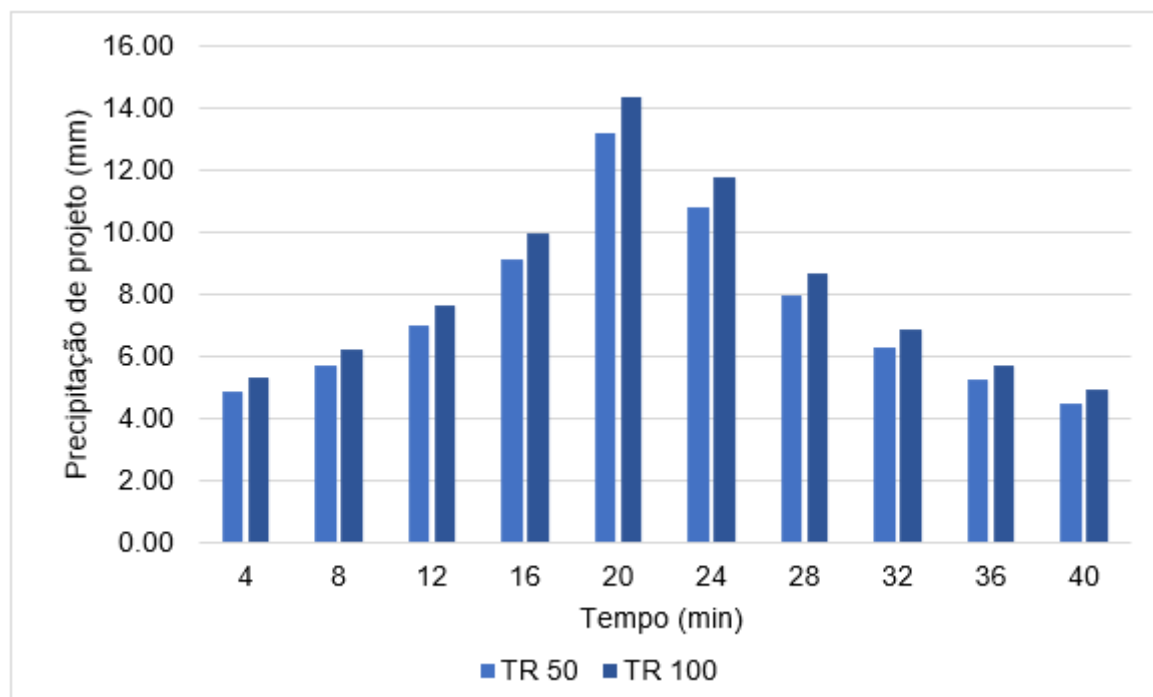


Figura 44 - Hietograma de projeto da SUB 5 do Ribeirão Pantano (TR 50 e 100)

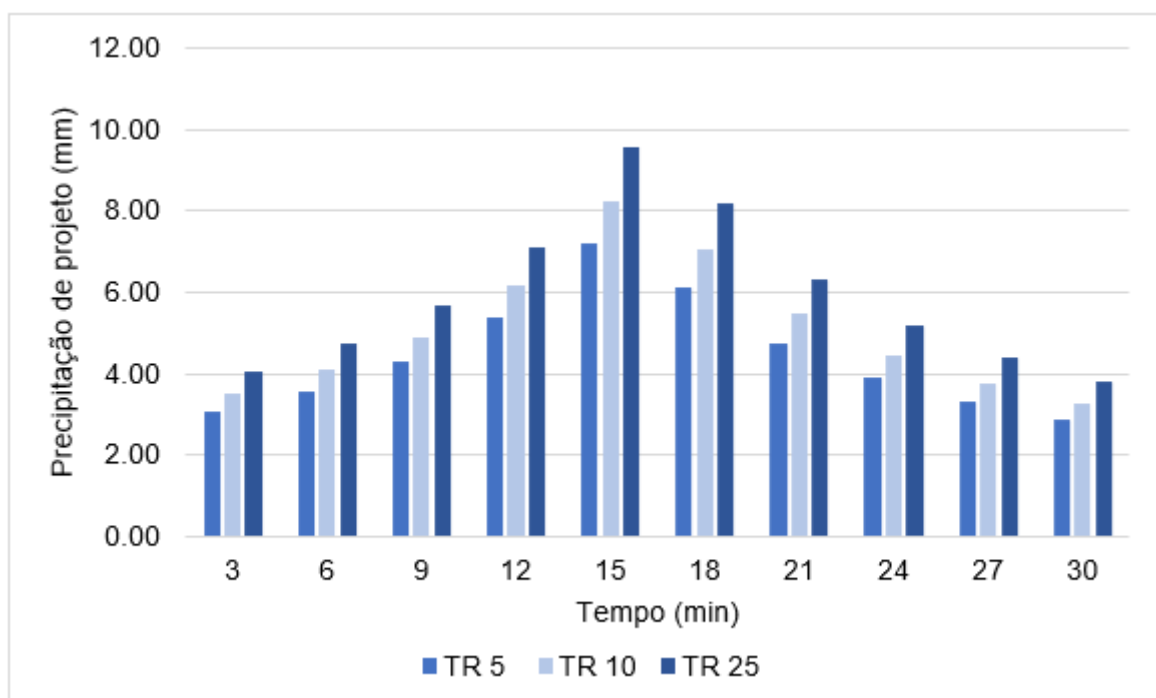


Figura 45 - Hietograma de projeto da SUB 6 do Ribeirão Pantano (TR 5, 10 e 25)

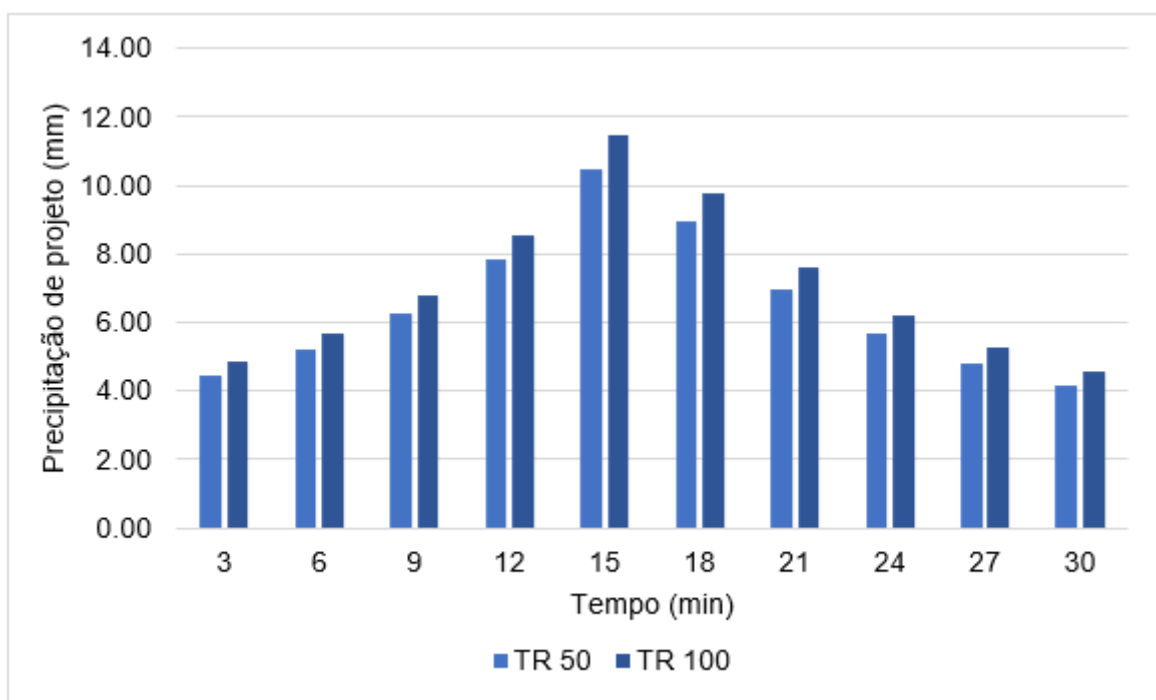


Figura 46 - Hietograma de projeto da SUB 6 do Ribeirão Pantano (TR 50 e 100)

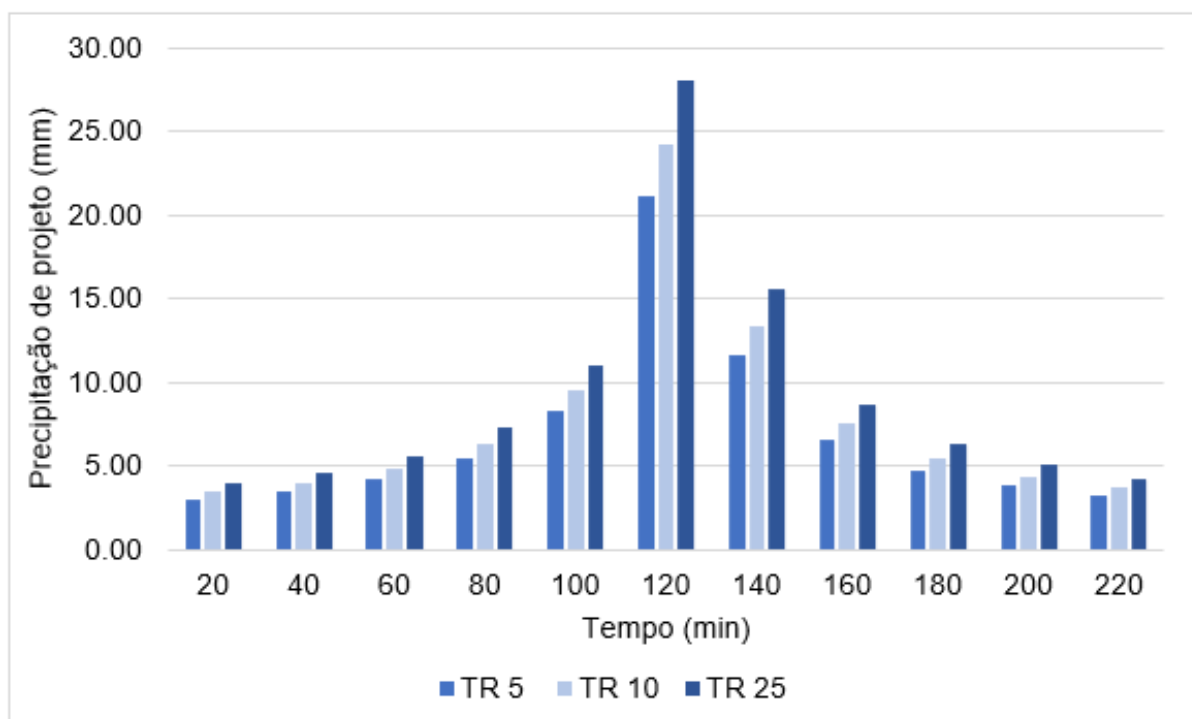


Figura 47 - Hietograma de projeto da SUB 7 do Ribeirão Pantano (TR 5, 10 e 25)

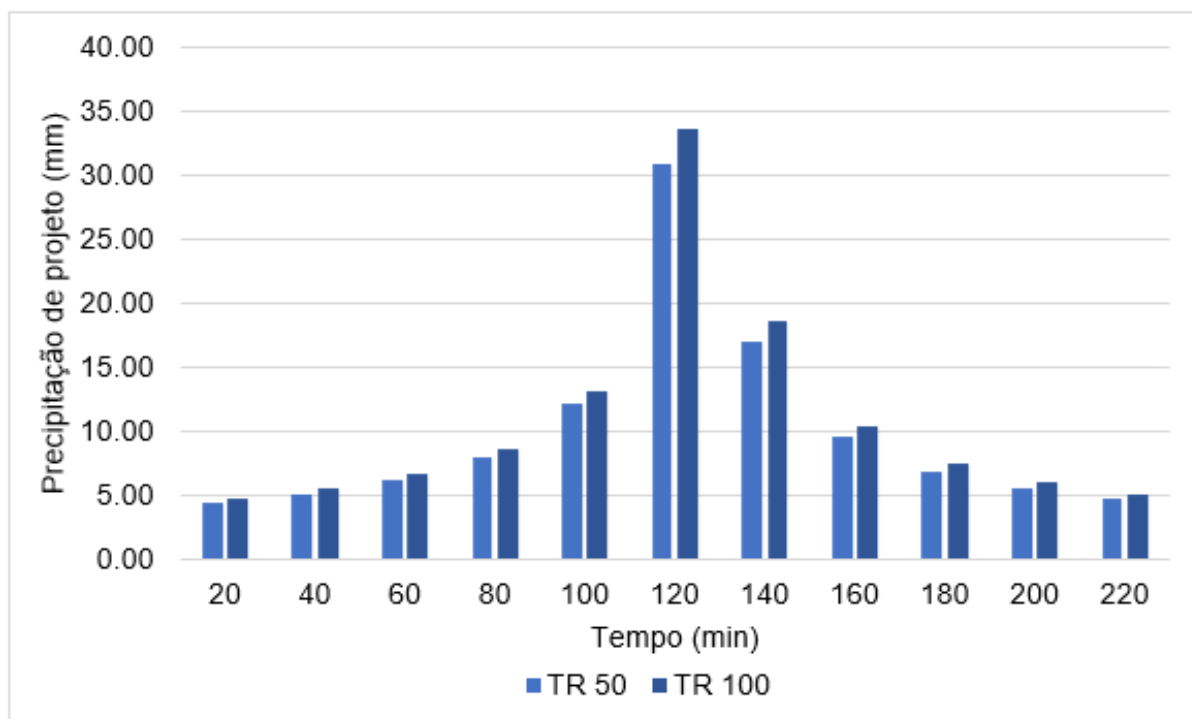


Figura 48 - Hietograma de projeto da SUB 7 do Ribeirão Pantano (TR 50 e 100)

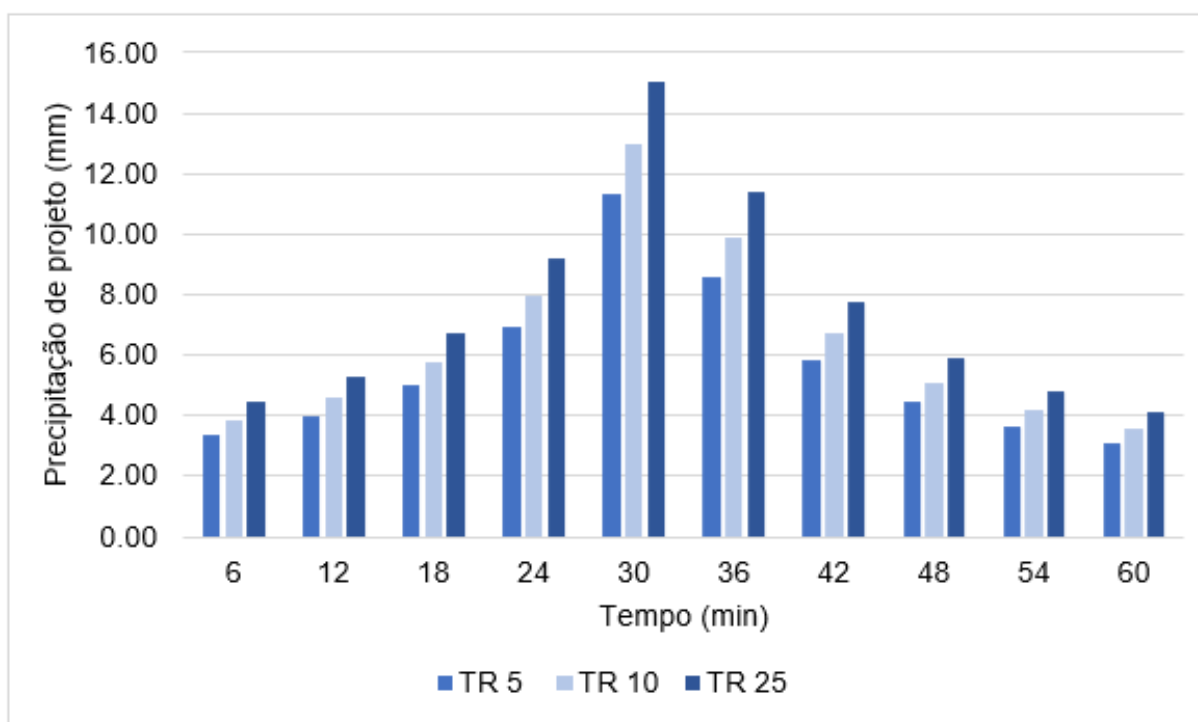


Figura 49 - Hietograma de projeto da SUB 8 do Ribeirão Pantano (TR 5, 10 e 25)

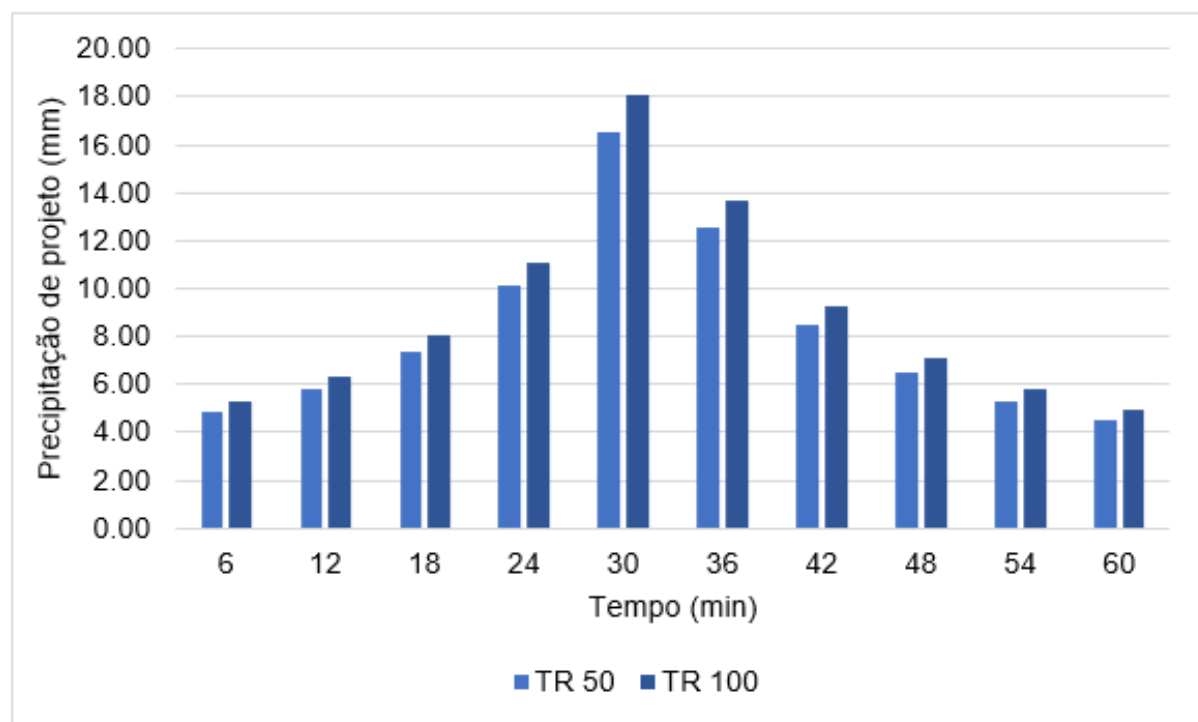


Figura 50 - Hietograma de projeto da SUB 8 do Ribeirão Pantano (TR 50 e 100)

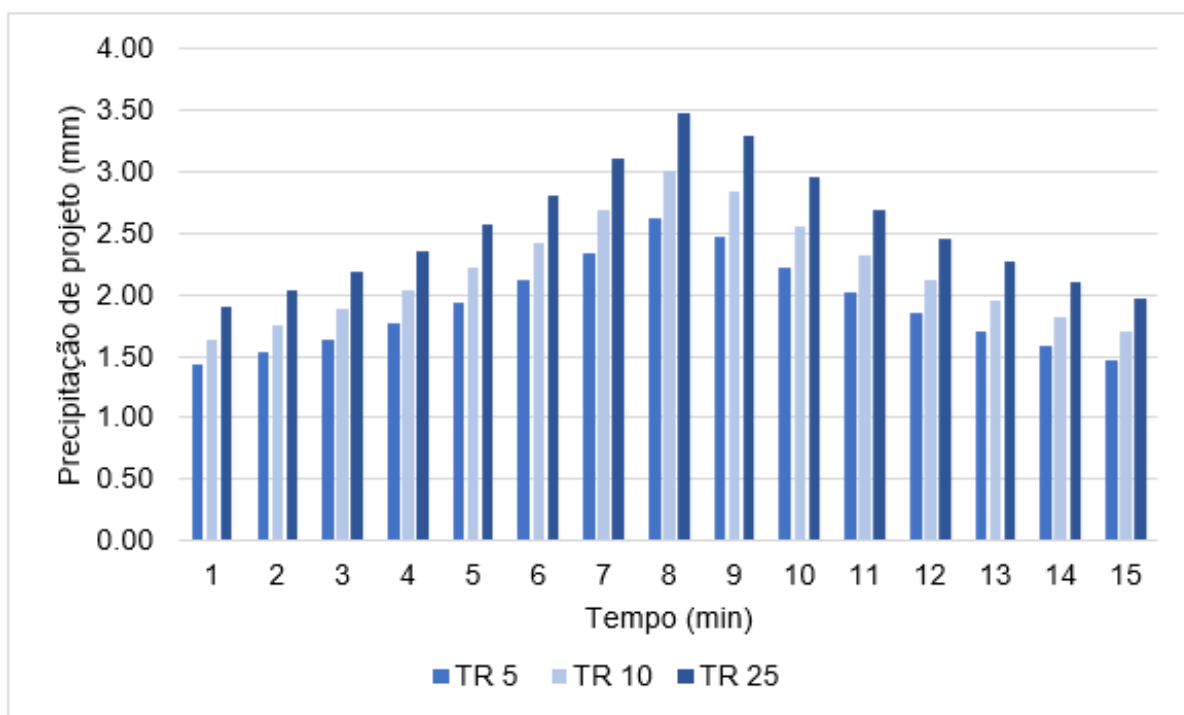


Figura 51 - Hietograma de projeto da SUB 9 do Ribeirão Pantano (TR 5, 10 e 25)

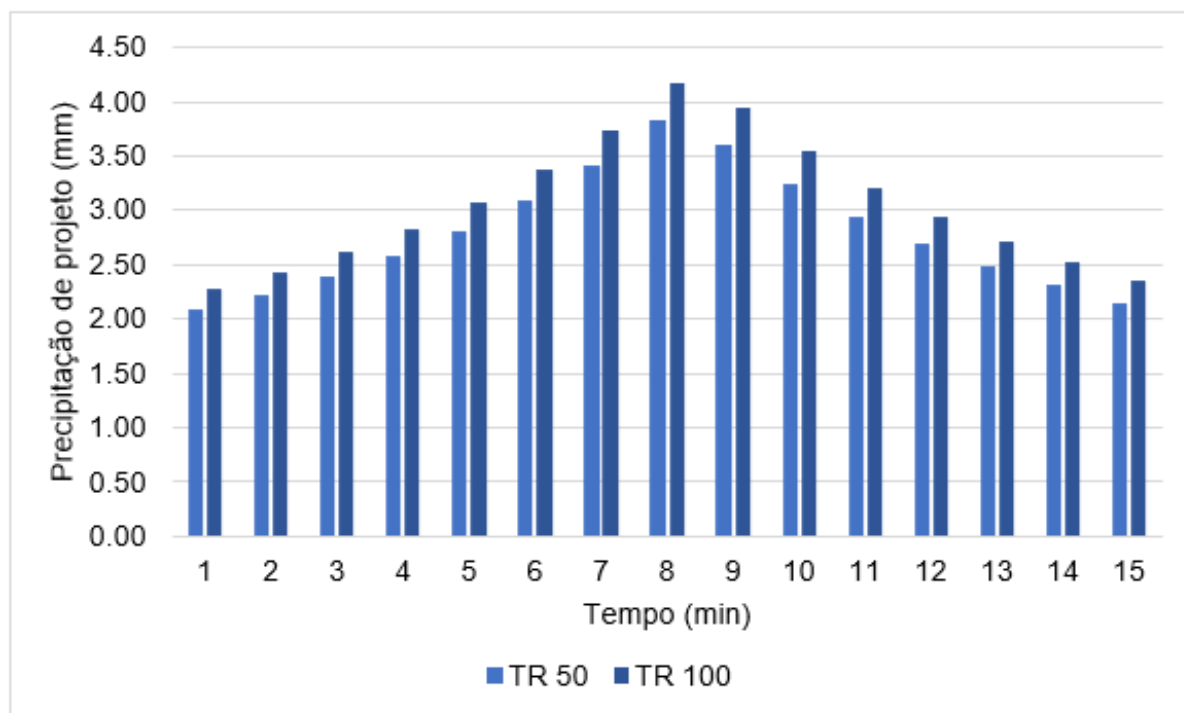


Figura 52 - Hietograma de projeto da SUB 9 do Ribeirão Pantano (TR 50 e 100)

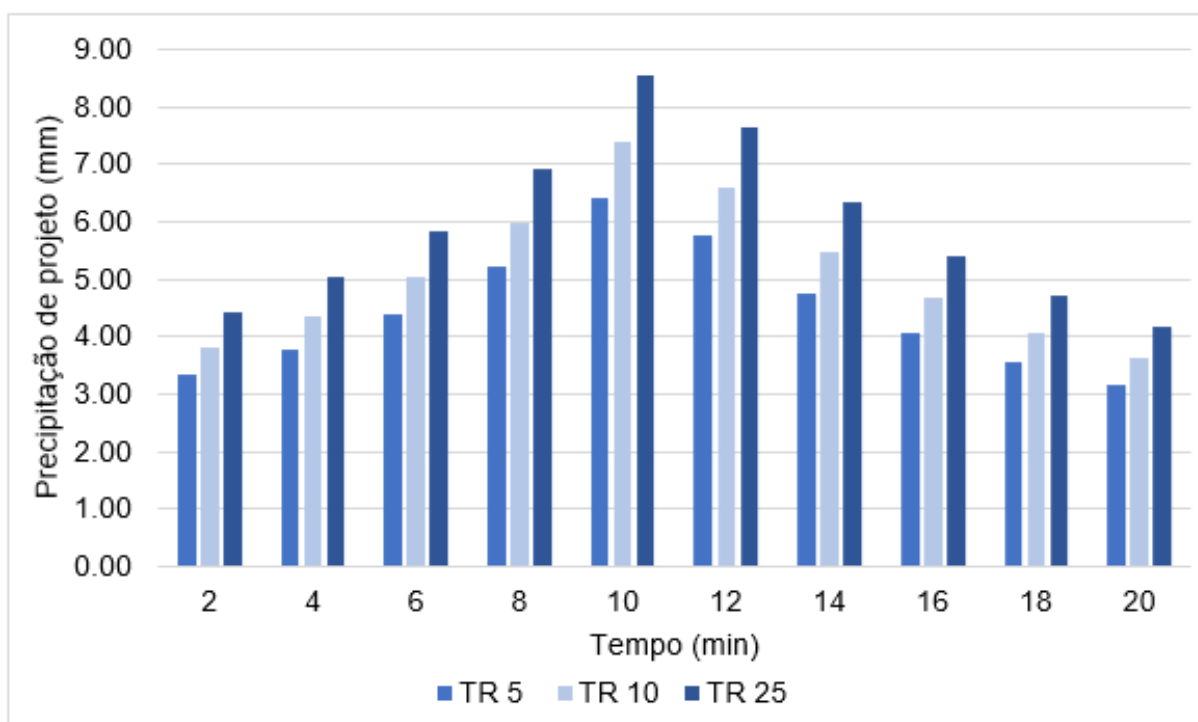


Figura 53 - Hietograma de projeto da SUB 10 do Ribeirão Pantano (TR 5, 10 e 25)

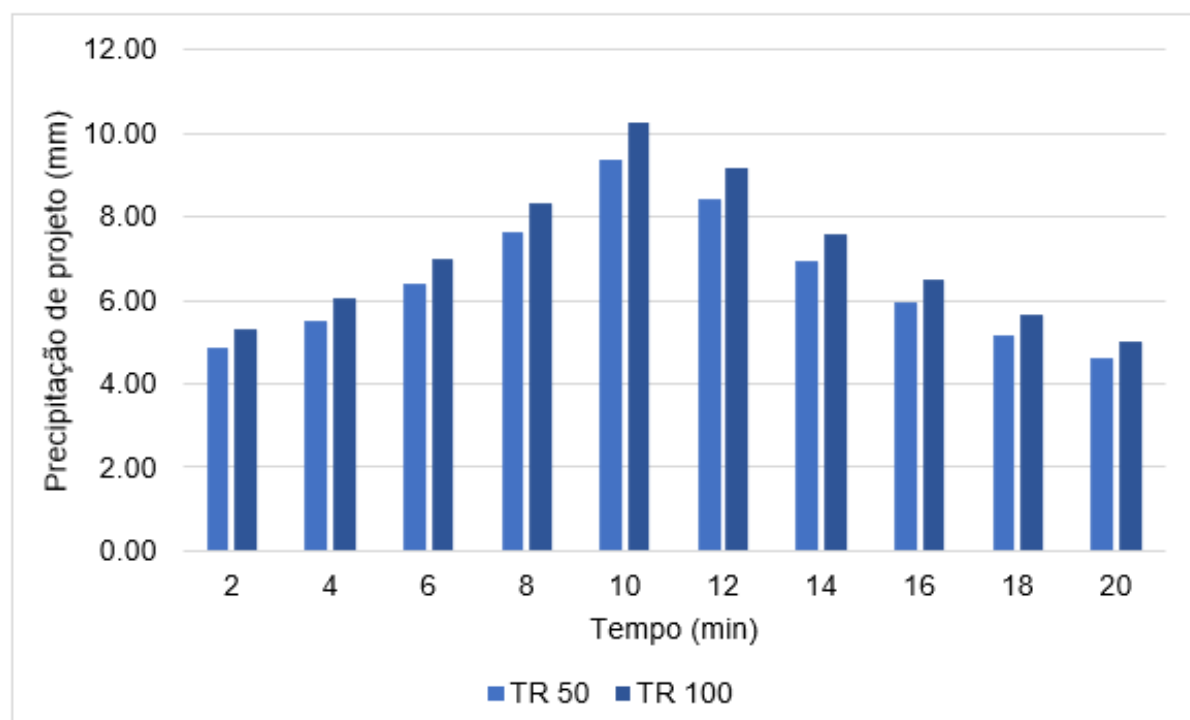


Figura 54 - Hietograma de projeto da SUB 10 do Ribeirão Pantano (TR 50 e 100)

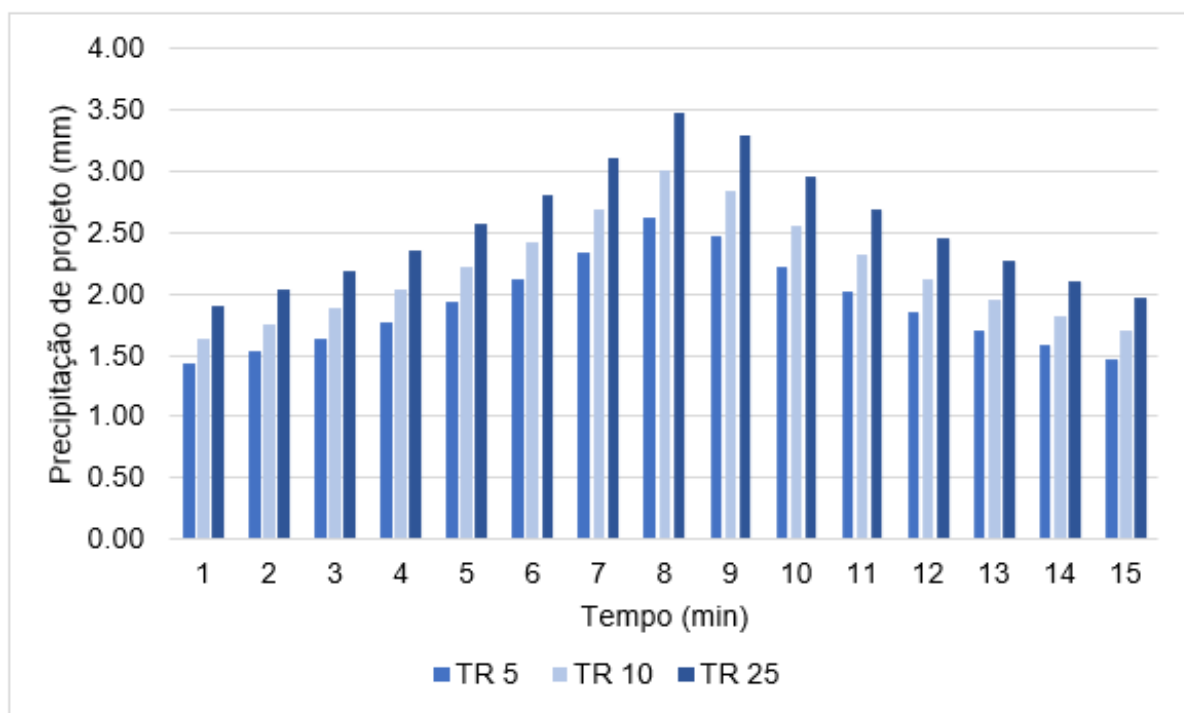


Figura 55 - Hietograma de projeto da SUB 11 do Ribeirão Pantano (TR 5, 10 e 25)

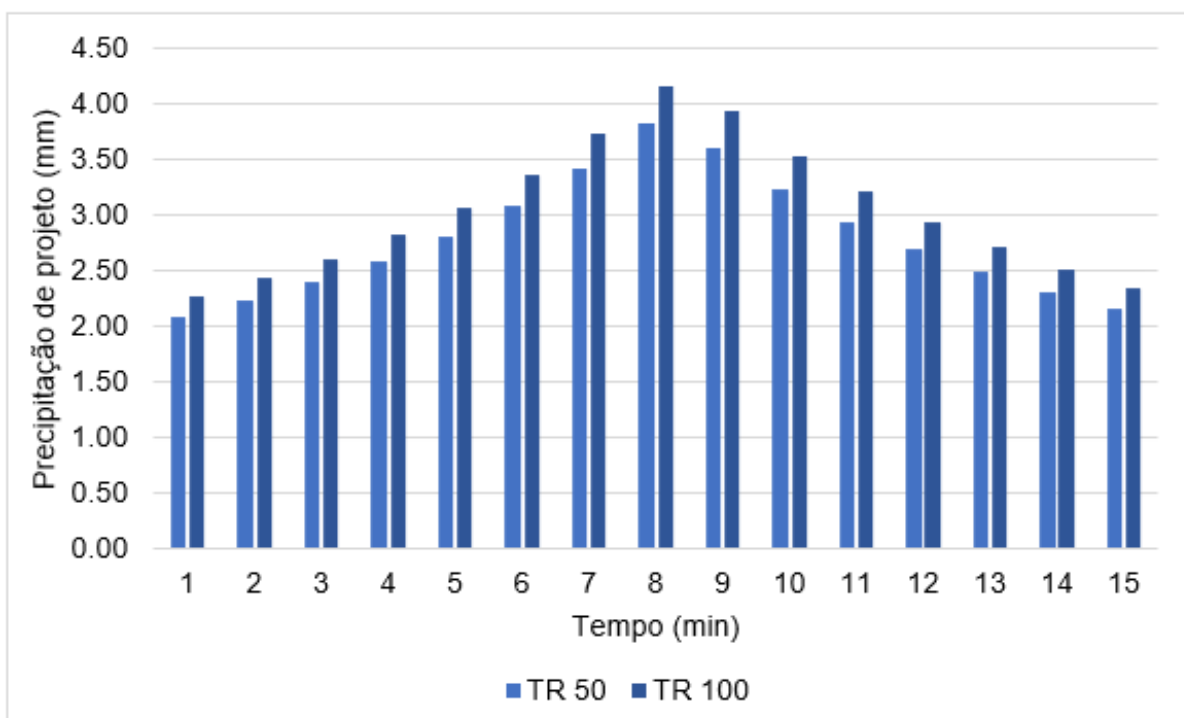


Figura 56 - Hietograma de projeto da SUB 11 do Ribeirão Pantano (TR 50 e 100)

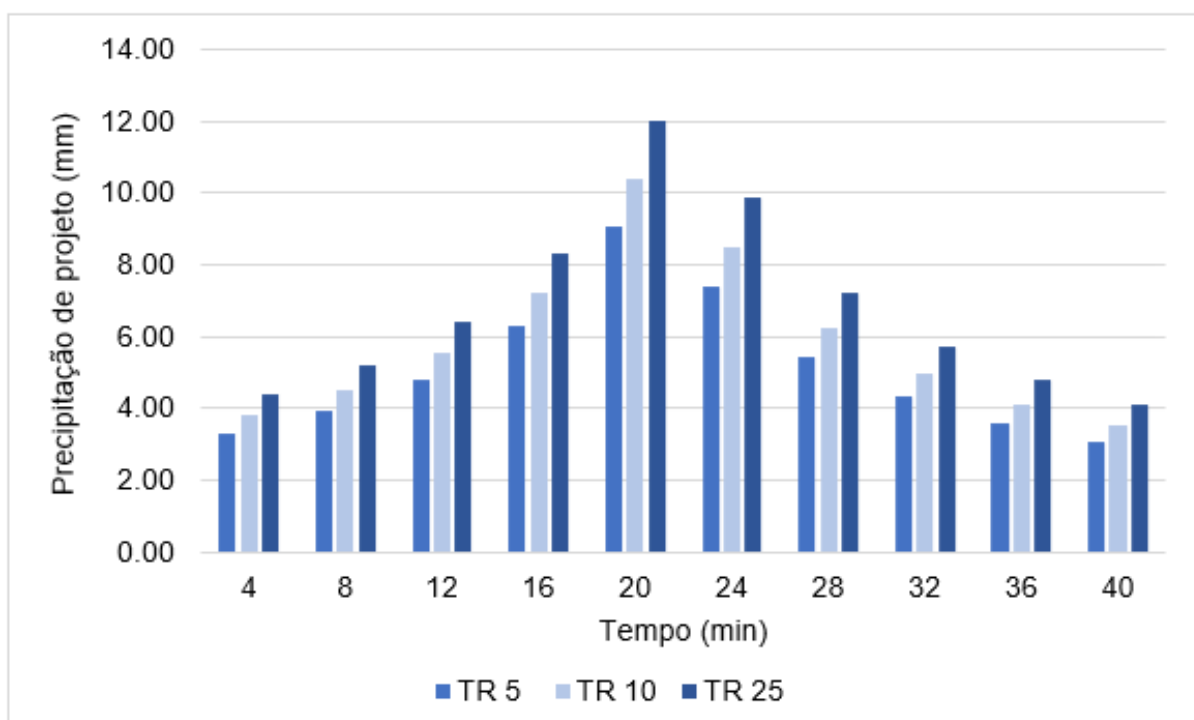


Figura 57 - Hietograma de projeto da SUB 12 do Ribeirão Pantano (TR 5, 10 e 25)

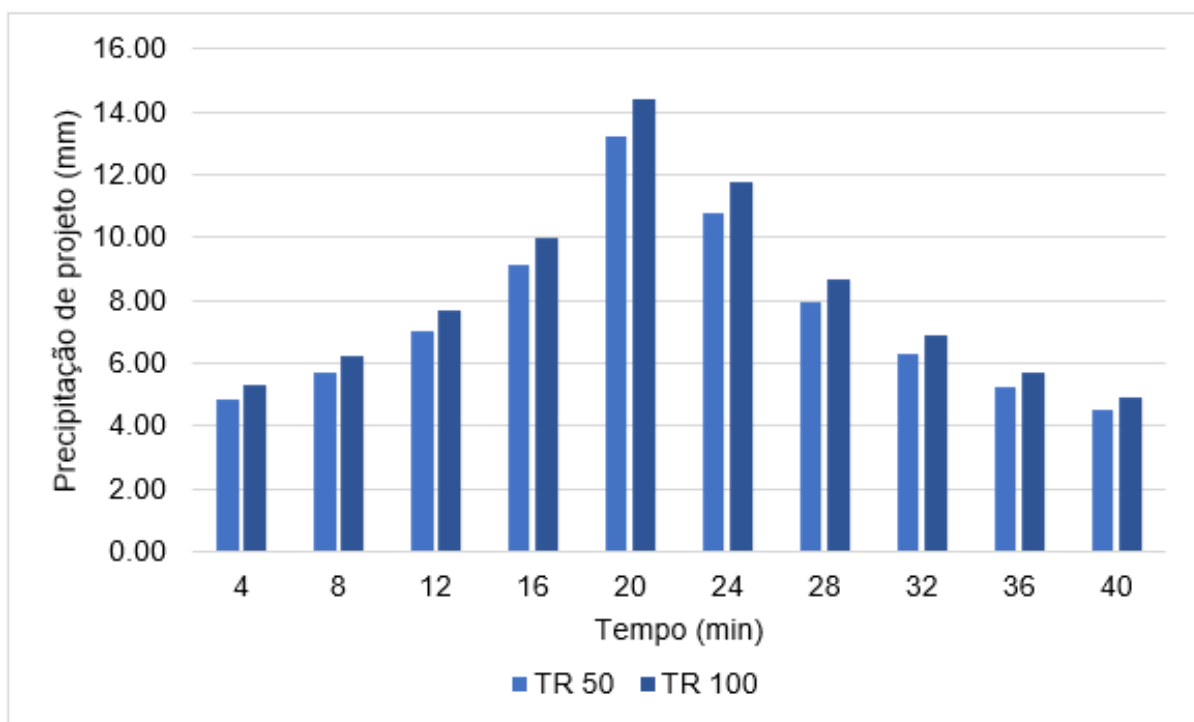


Figura 58 - Hietograma de projeto da SUB 12 do Ribeirão Pantano (TR 50 e 100)

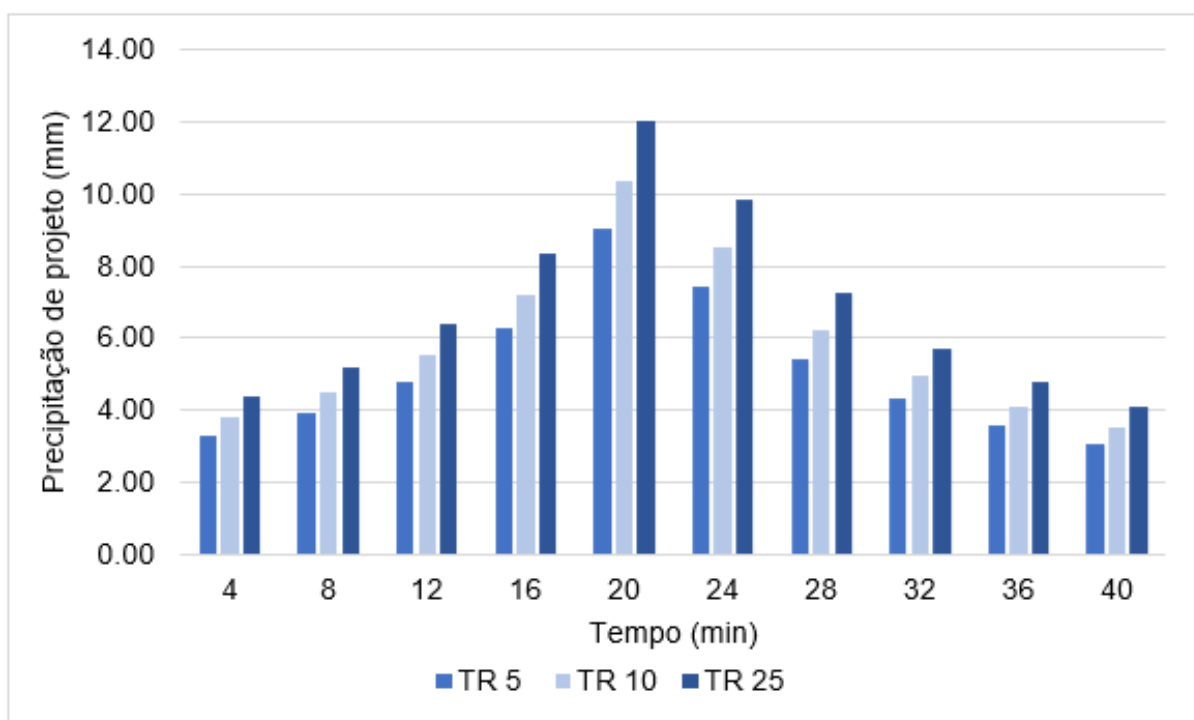


Figura 59 - Hietograma de projeto da SUB 13 do Ribeirão Pantano (TR 5, 10 e 25)

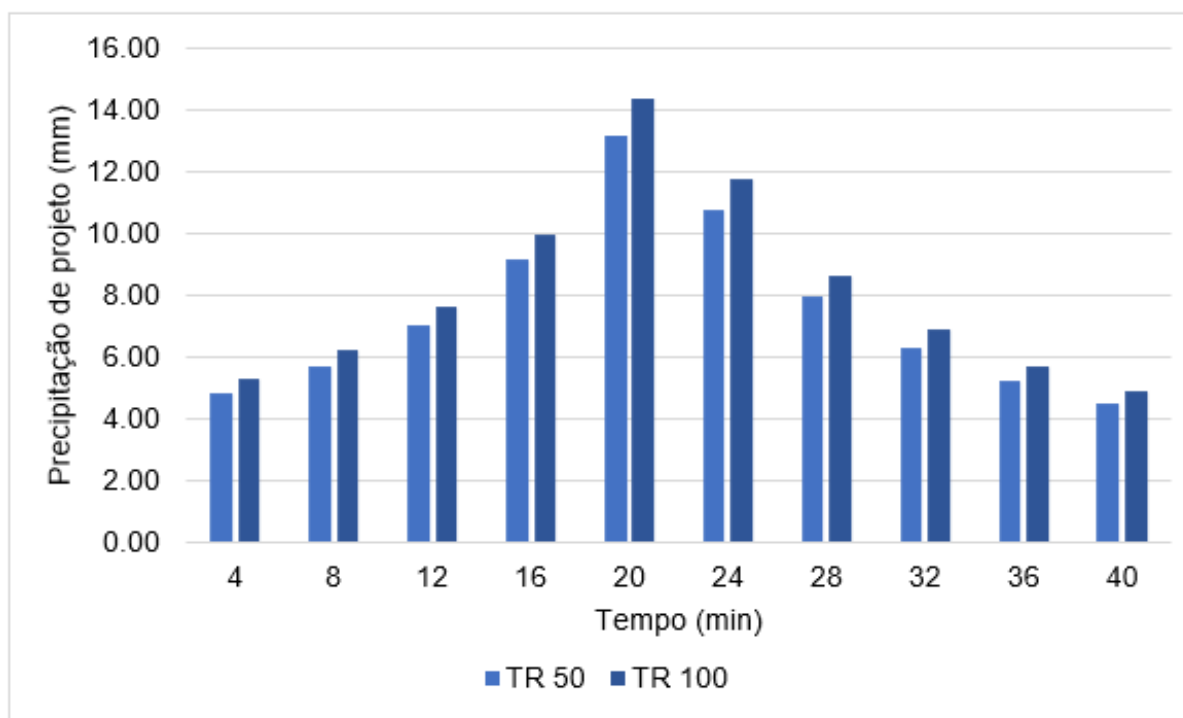


Figura 60 - Hietograma de projeto da SUB 13 do Ribeirão Pantano (TR 50 e 100)

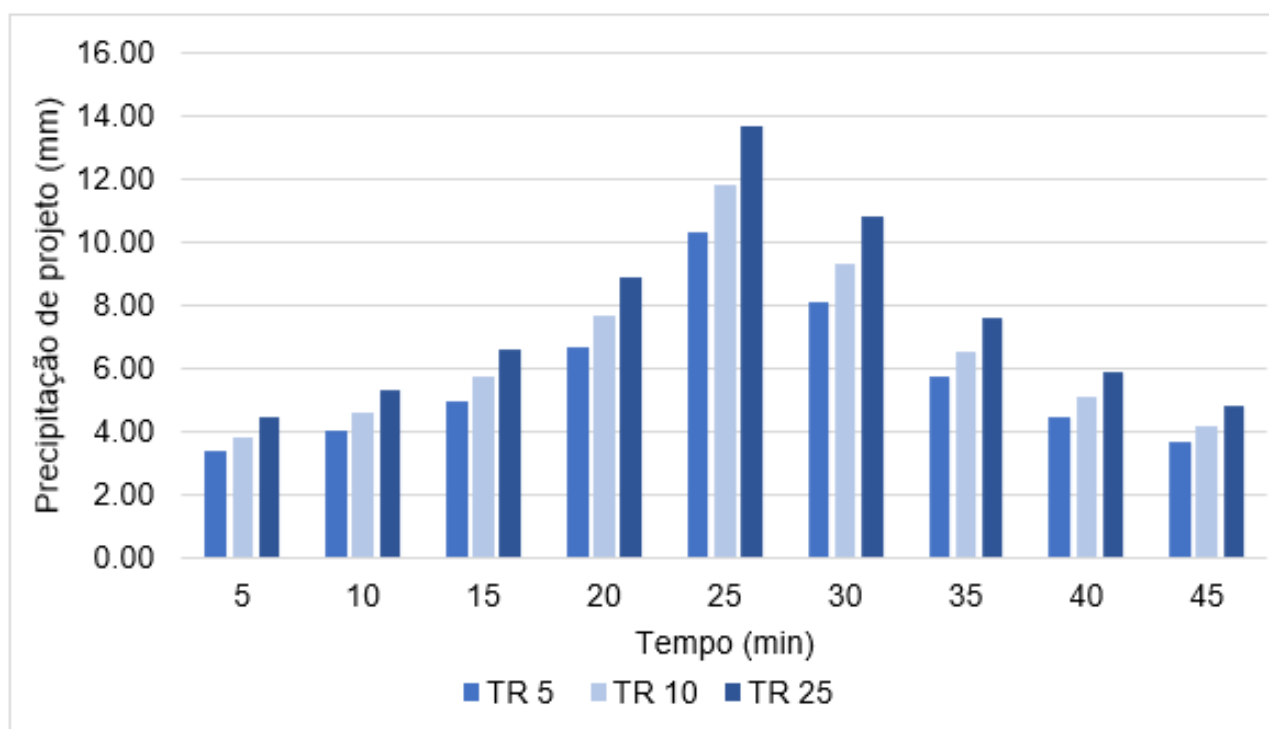


Figura 61 - Hietograma de projeto da SUB 14 do Ribeirão Pantano (TR 5, 10 e 25)

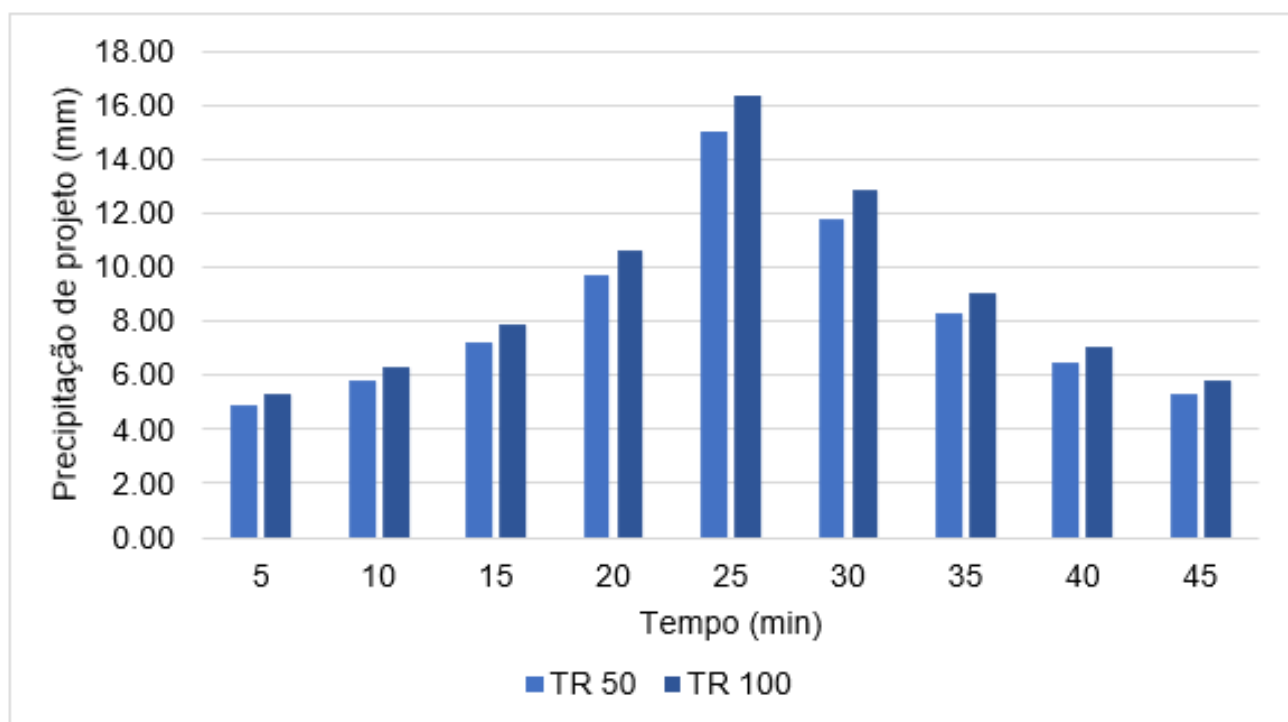


Figura 62 - Hietograma de projeto da SUB 14 do Ribeirão Pantano (TR 50 e 100)

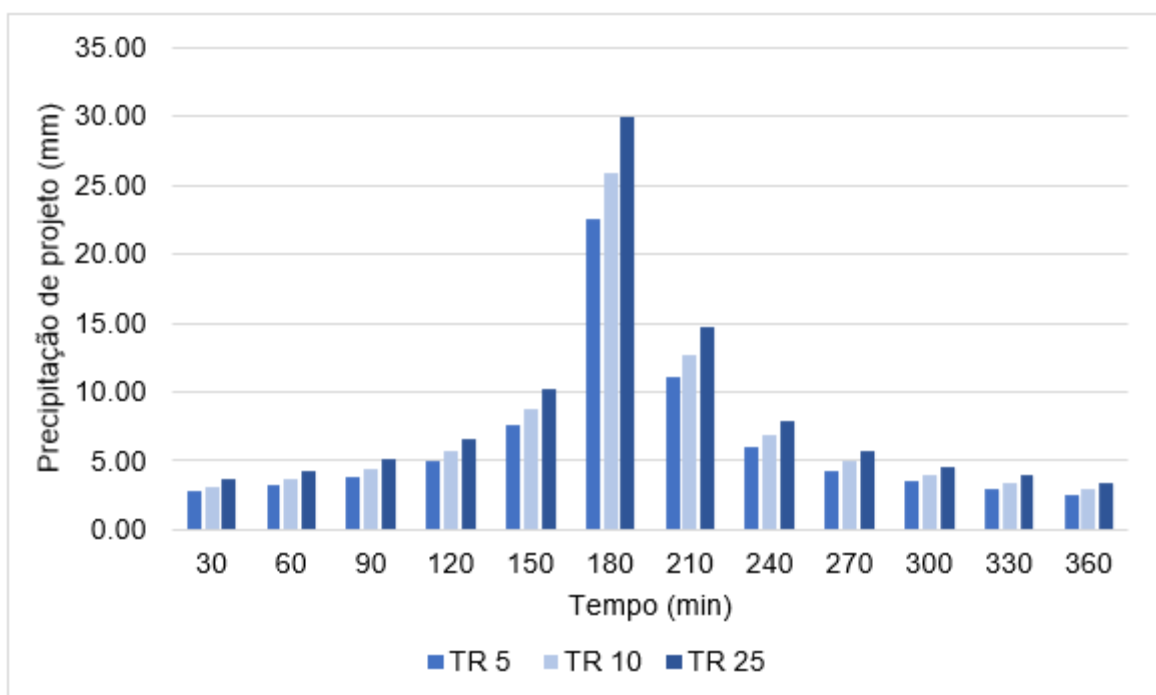


Figura 63 - Hietograma de projeto da Área de Interesse do Ribeirão Pantano (TR 5, 10 e 25)

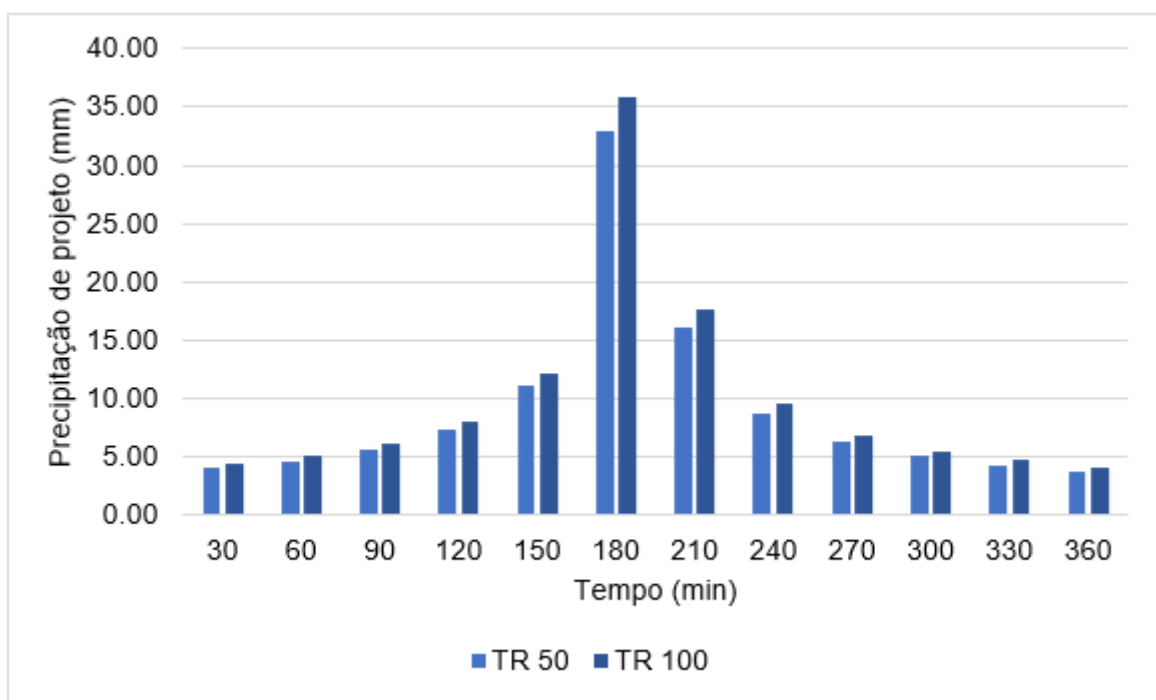


Figura 64 - Hietograma de projeto da Área de Interesse do Ribeirão Pantano (TR 50 e 100)

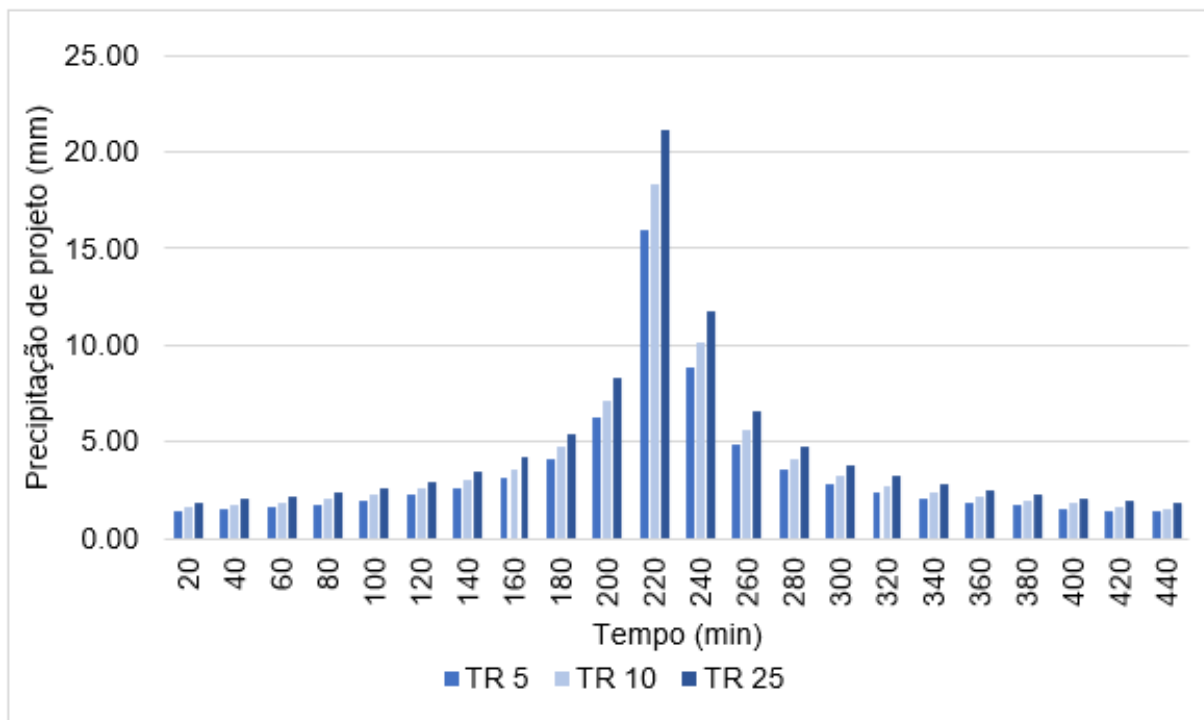


Figura 65 - Hietograma de projeto da SUB 1 do Rio Mandu (TR 5, 10 e 25)

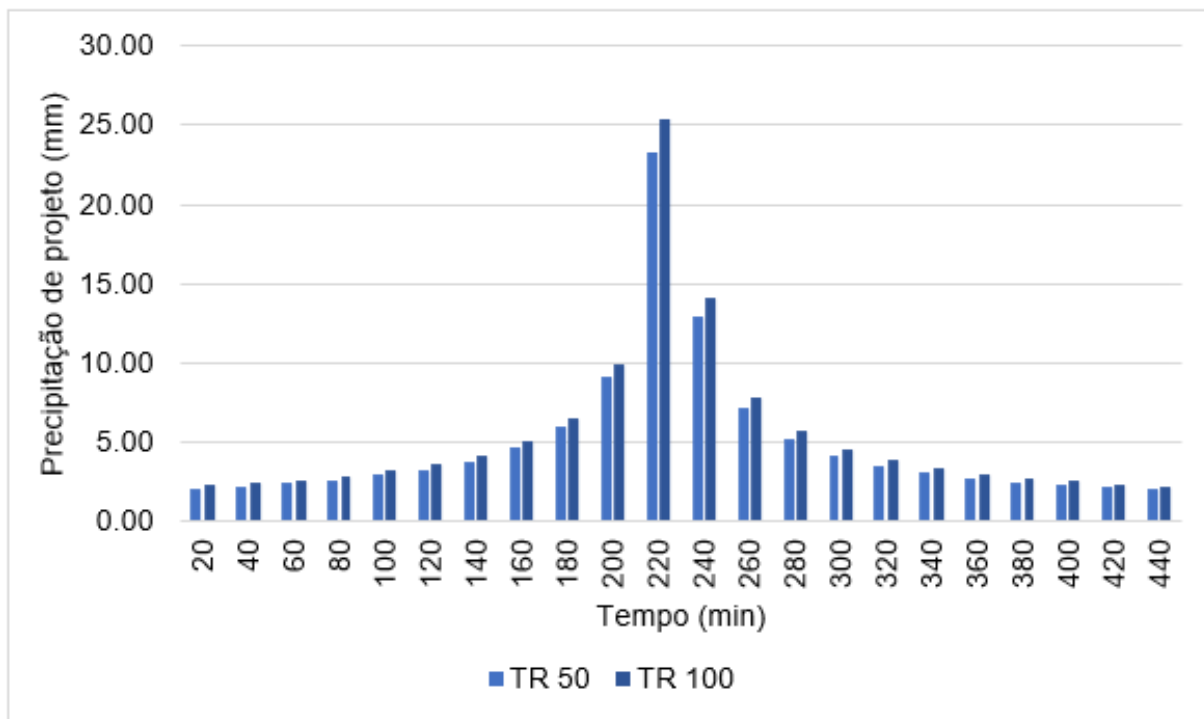


Figura 66 - Hietograma de projeto da SUB 1 do Rio Mandu (TR 50 e 100)

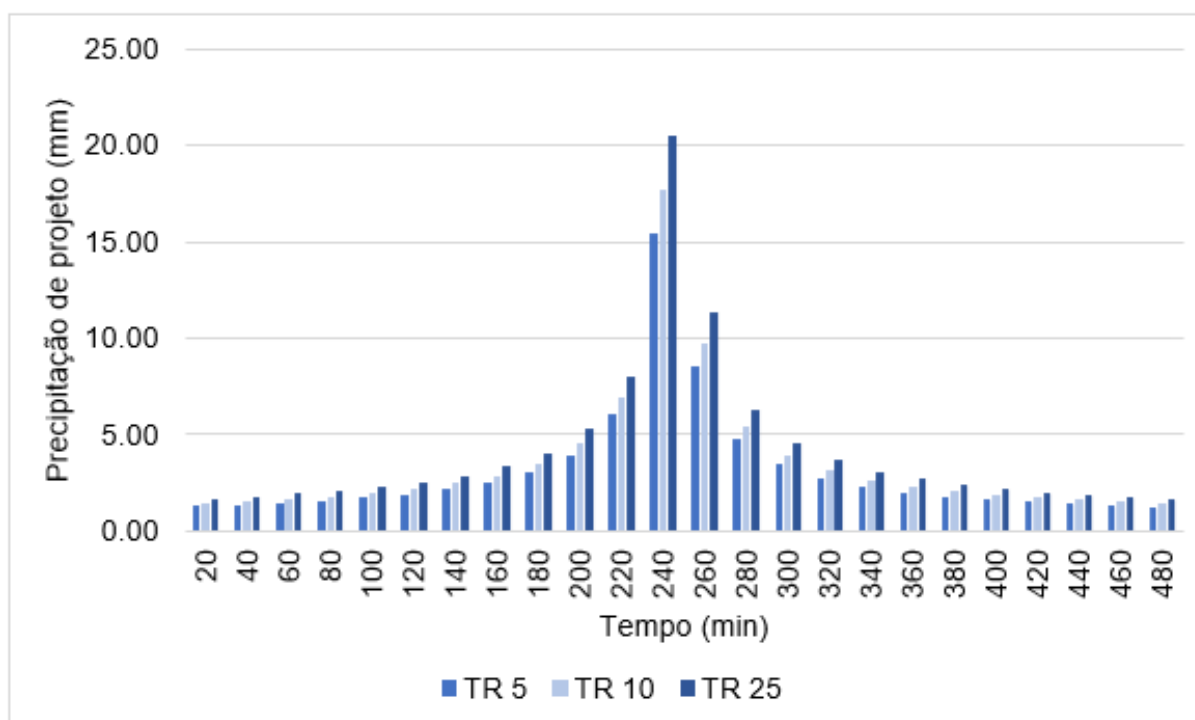


Figura 67 - Hietograma de projeto da SUB 2 do Rio Mandu (TR 5, 10 e 25)

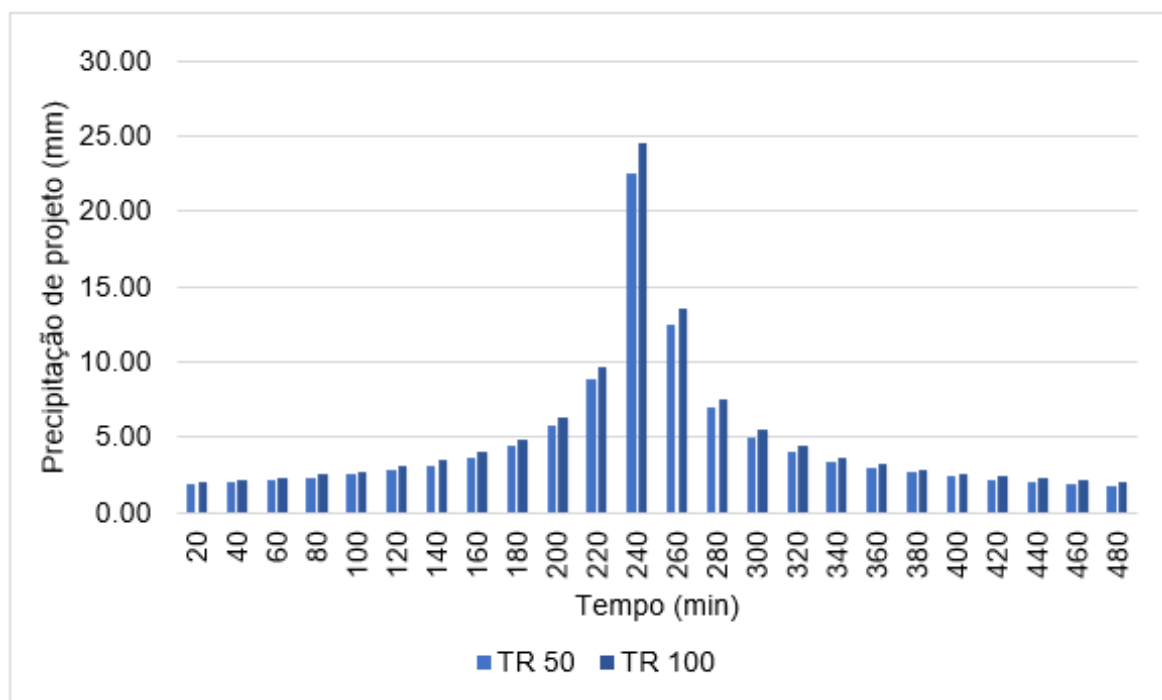


Figura 68 - Hietograma de projeto da SUB 2 do Rio Mandu (TR 50 e 100)

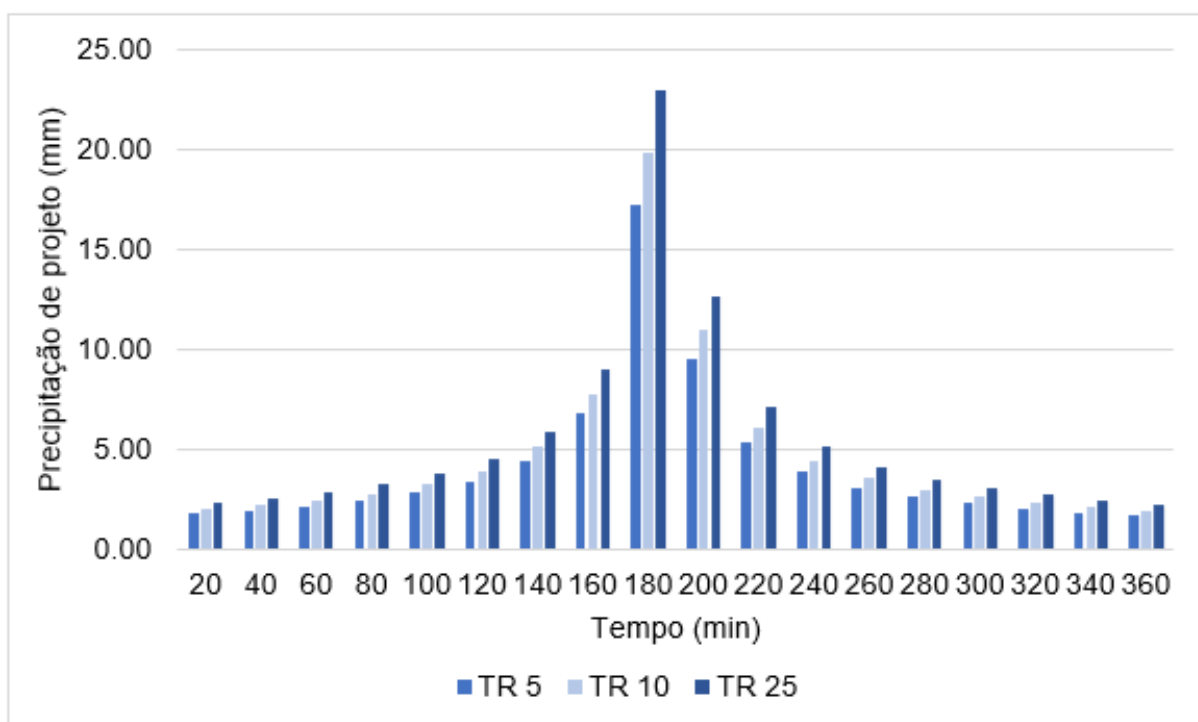


Figura 69 - Hietograma de projeto da SUB 3 do Rio Mandu (TR 5, 10 e 25)

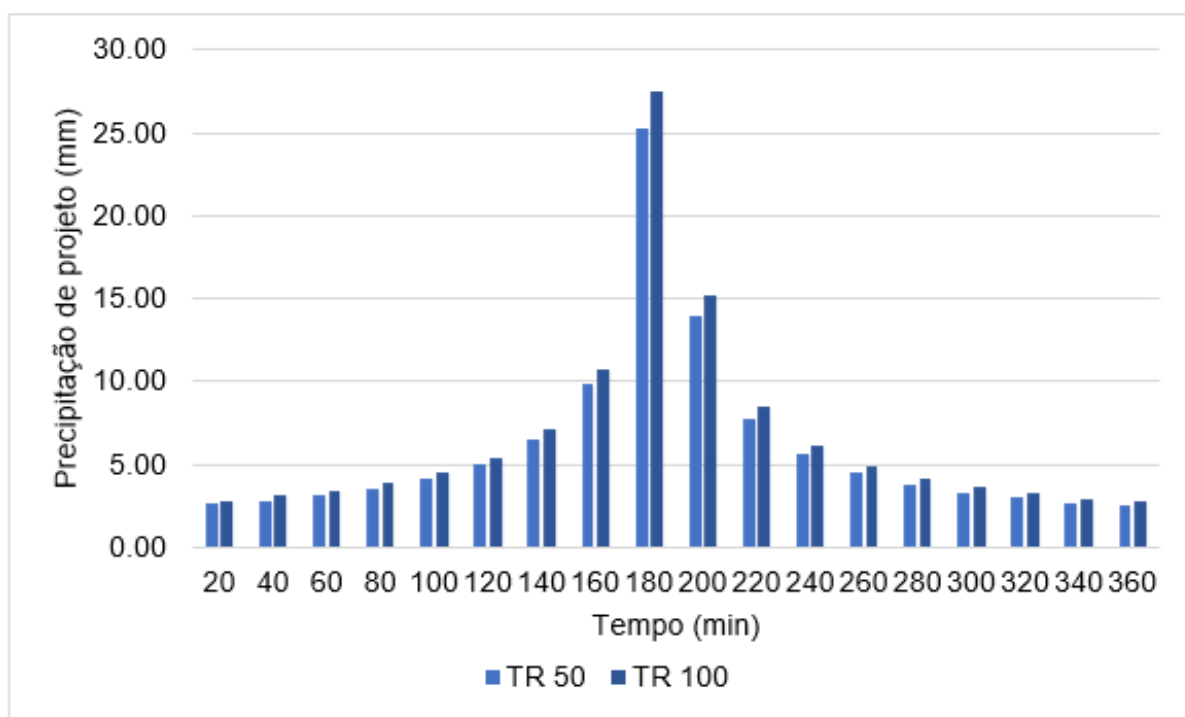


Figura 70 - Hietograma de projeto da SUB 3 do Rio Mandu (TR 50 e 100)

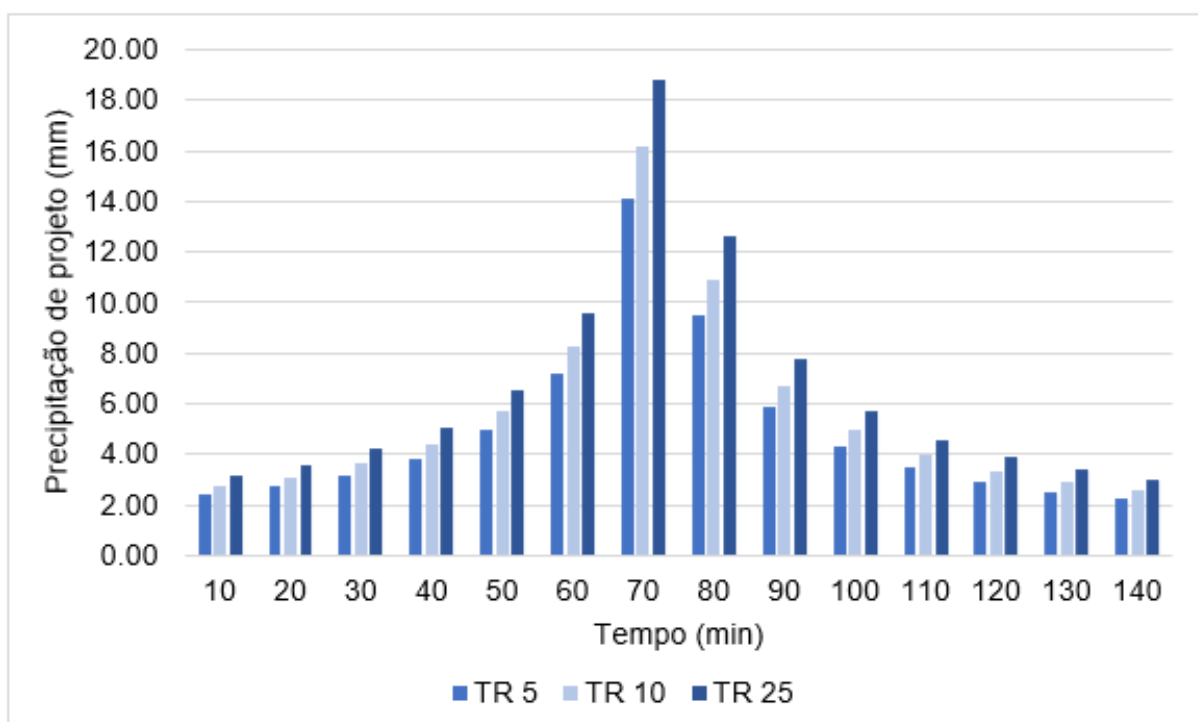


Figura 71 - Hietograma de projeto da SUB 4 do Rio Mandu (TR 5, 10 e 25)

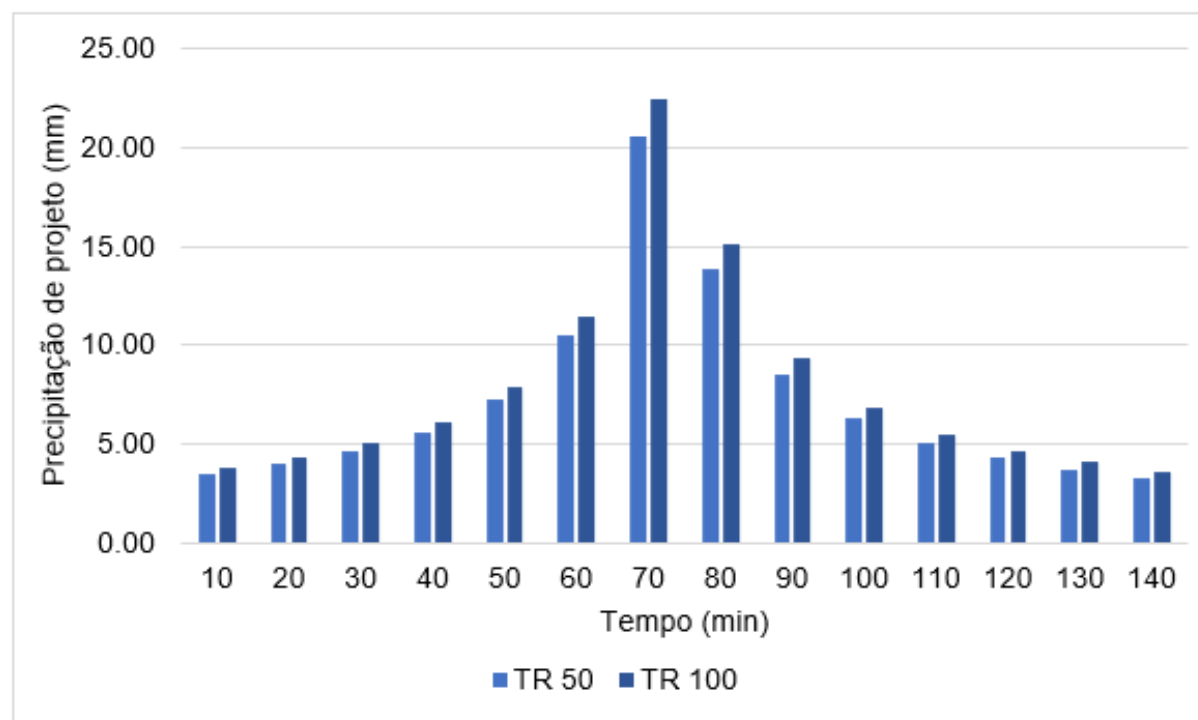


Figura 72 - Hietograma de projeto da SUB 4 do Rio Mandu (TR 50 e 100)

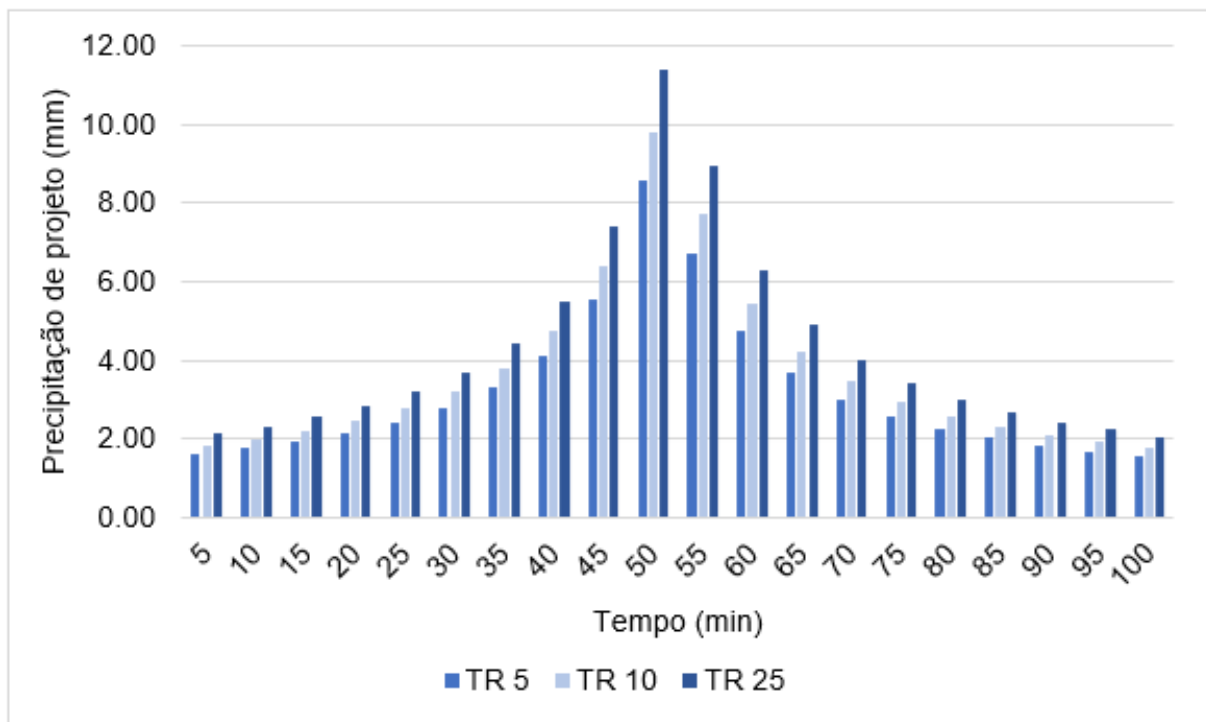


Figura 73 - Hietograma de projeto da SUB 5 do Rio Mandu (TR 5, 10 e 25)

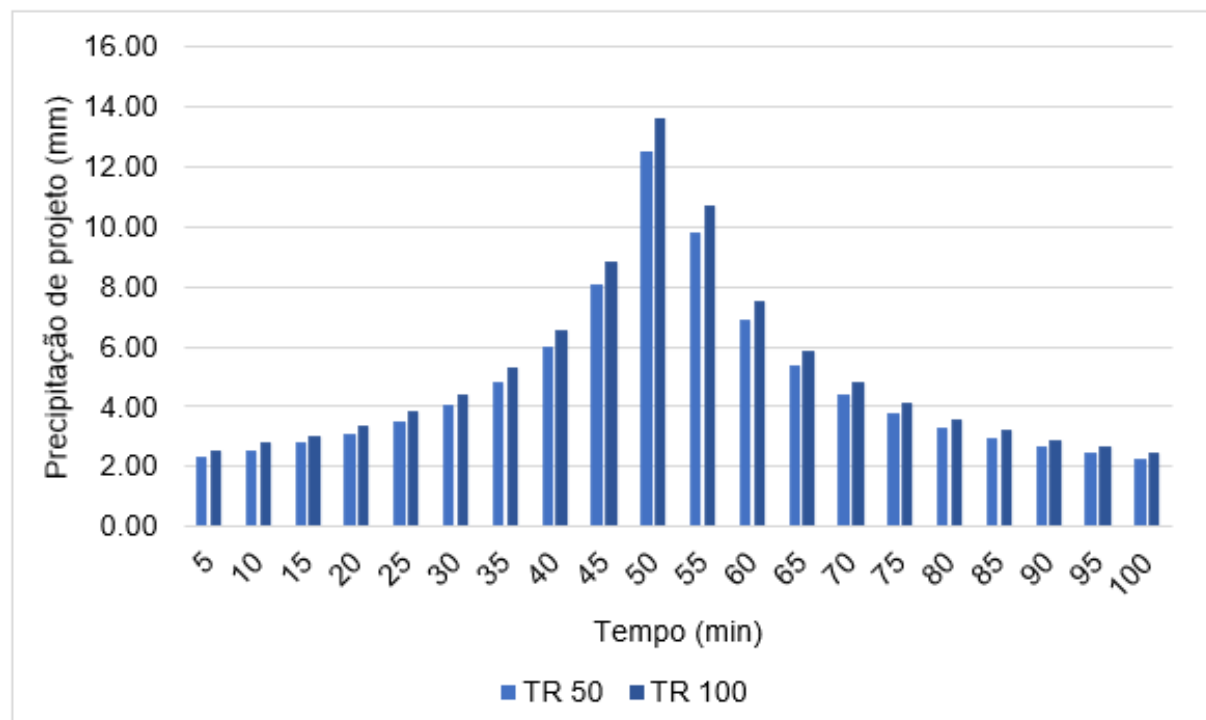


Figura 74 - Hietograma de projeto da SUB 5 do Rio Mandu (TR 50 e 100)

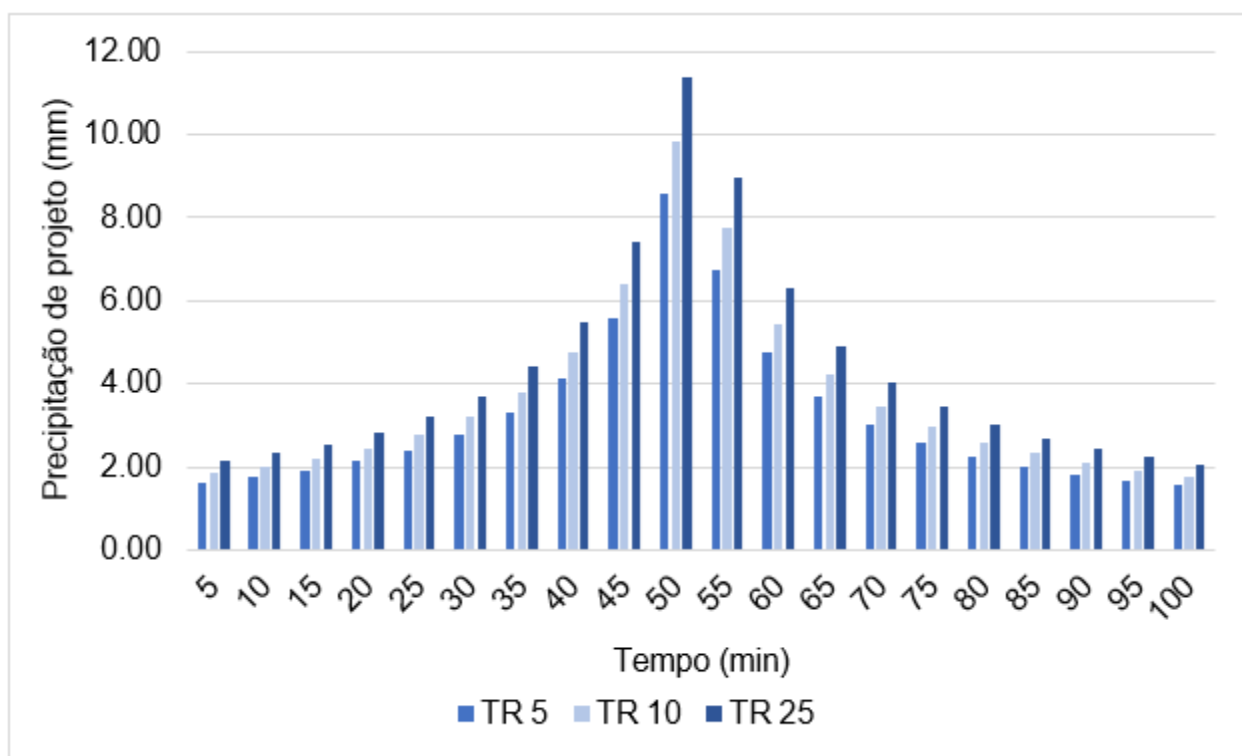


Figura 75 - Hietograma de projeto da SUB 6 do Rio Mandu (TR 5, 10 e 25)

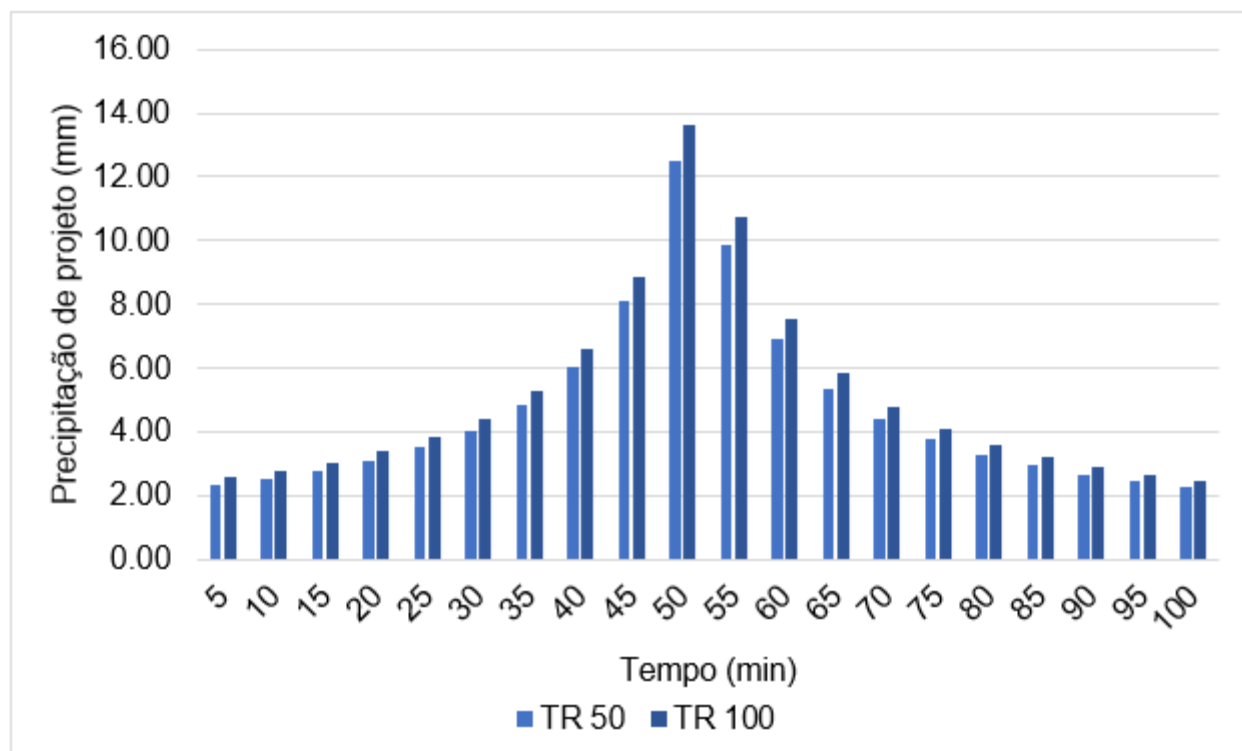


Figura 76 - Hietograma de projeto da SUB 6 do Rio Mandu (TR 50 e 100)

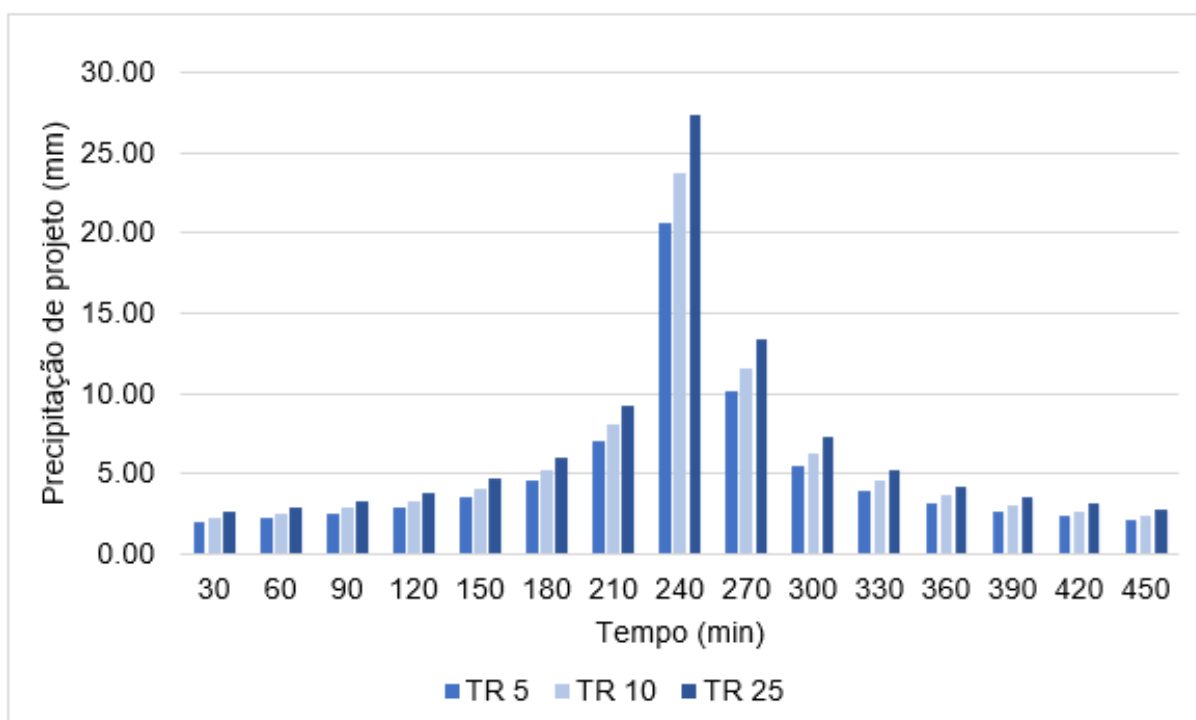


Figura 77 - Hietograma de projeto da Área de Interesse do Rio Mandu (TR 5, 10 e 25)

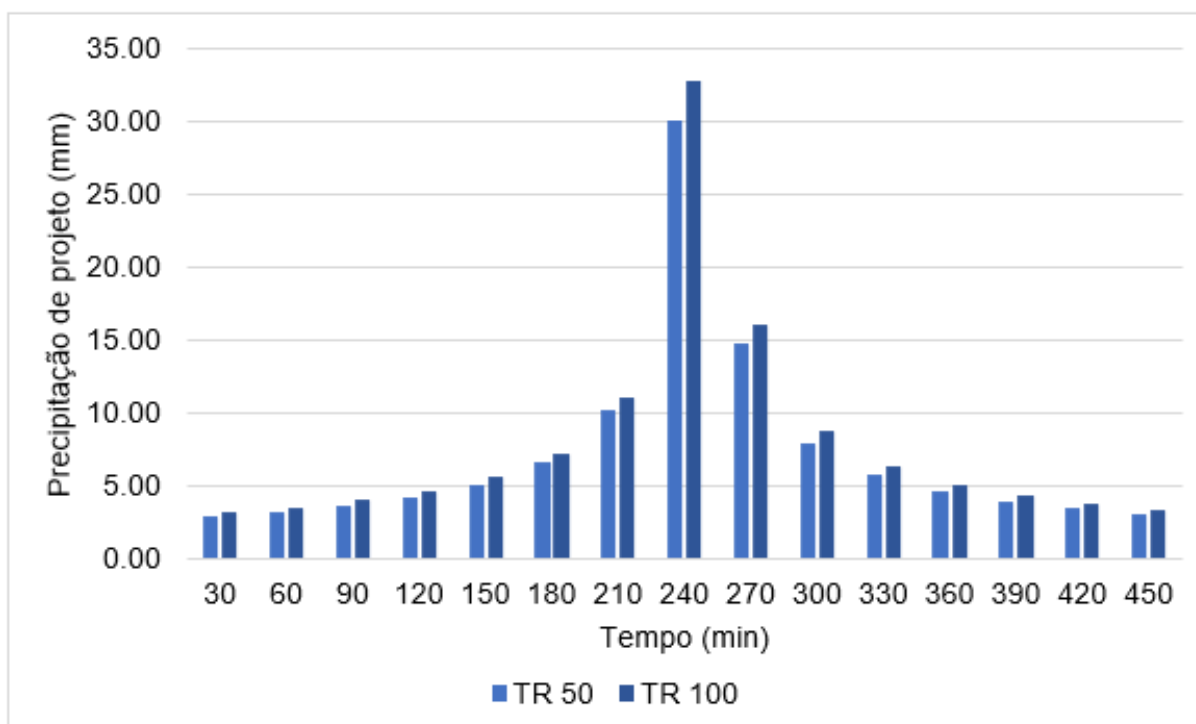


Figura 78 - Hietograma de projeto da Área de Interesse do Rio Mandu (TR 50 e 100)

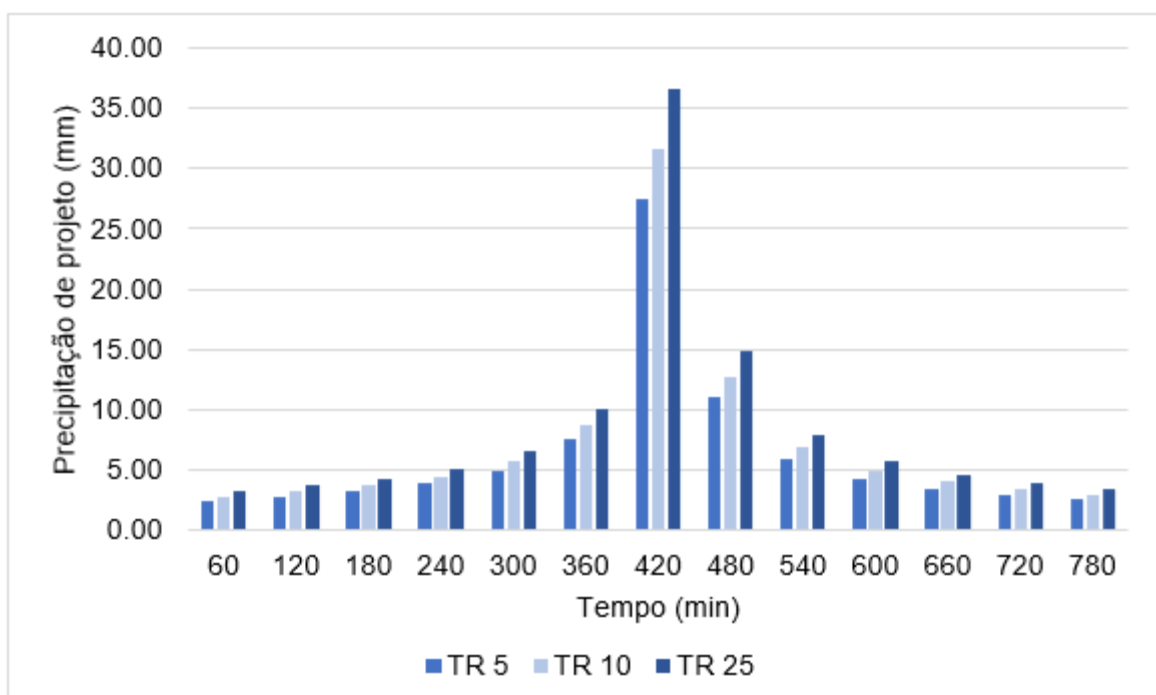


Figura 79 - Hietograma de projeto da SUB 1 do Rio Sapucaí-Mirim (TR 5, 10 e 25)

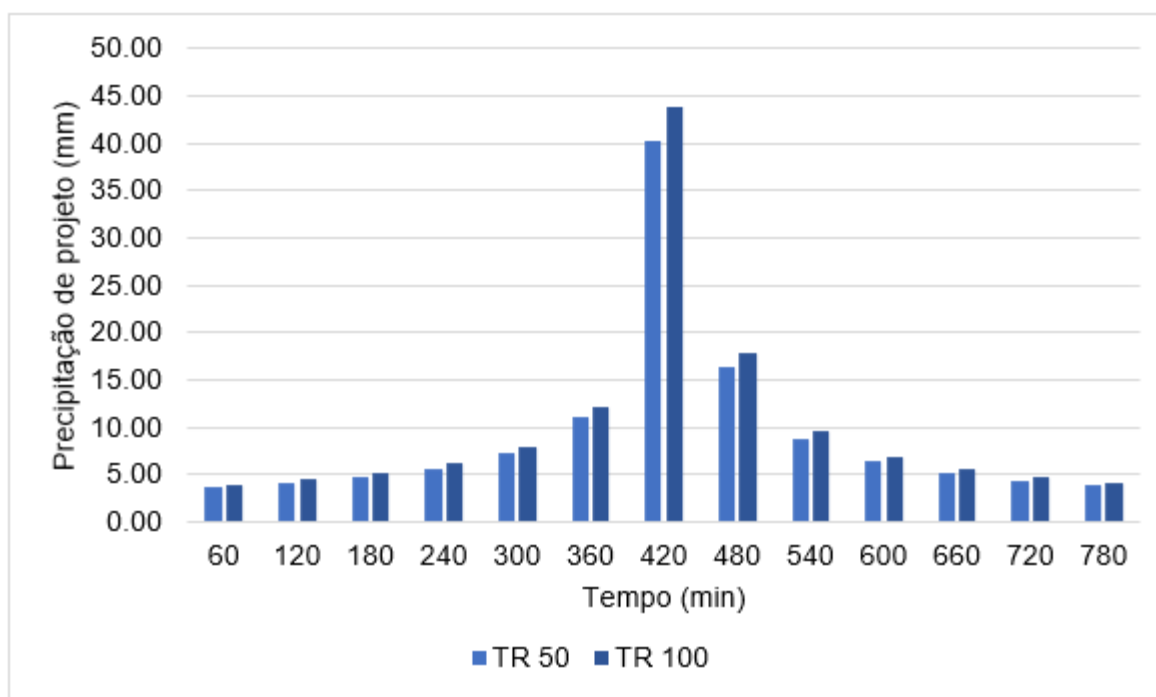


Figura 80 - Hietograma de projeto da SUB 1 do Rio Sapucaí-Mirim (TR 50 e 100)

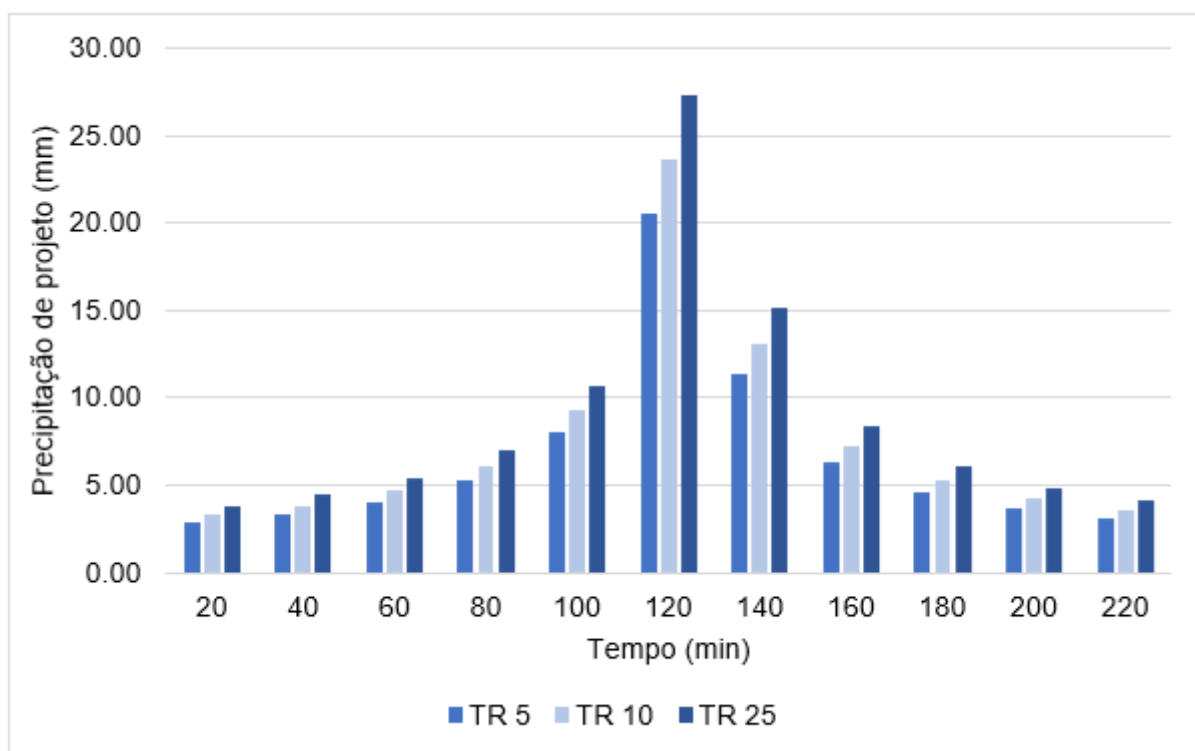


Figura 81 - Hietograma de projeto da SUB 2 do Rio Sapucaí-Mirim (TR 5, 10 e 25)

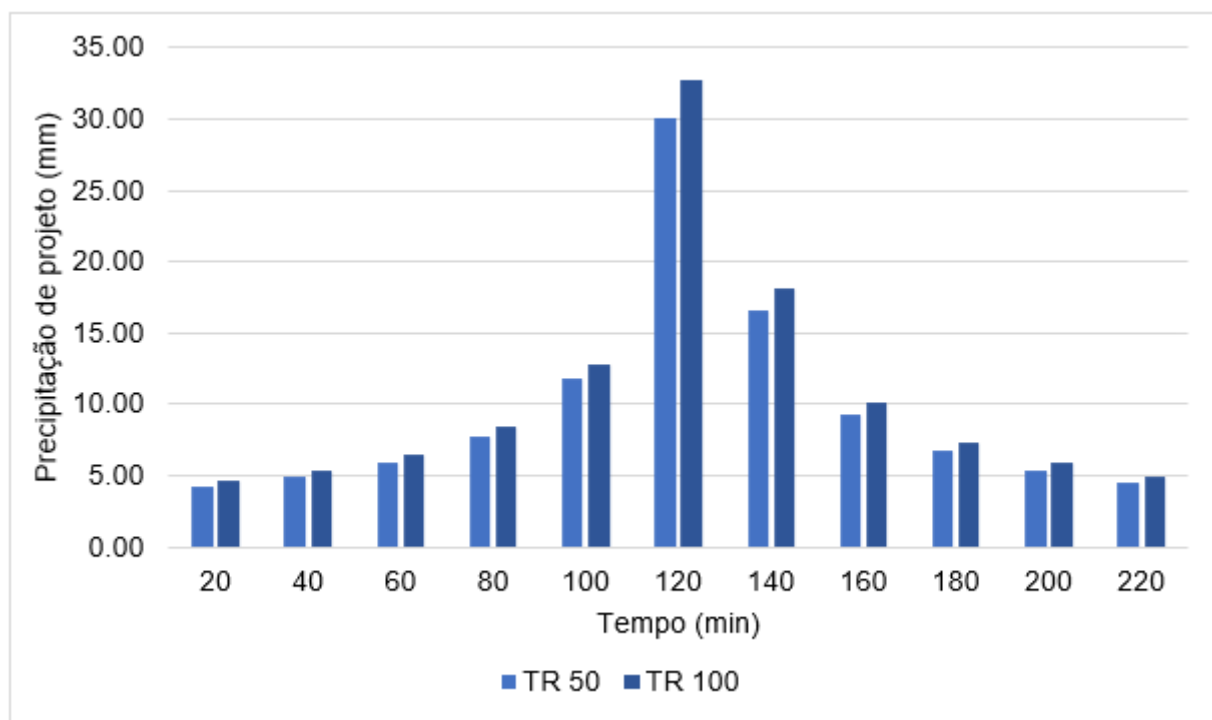


Figura 82 - Hietograma de projeto da SUB 2 do Rio Sapucaí-Mirim (TR 50 e 100)

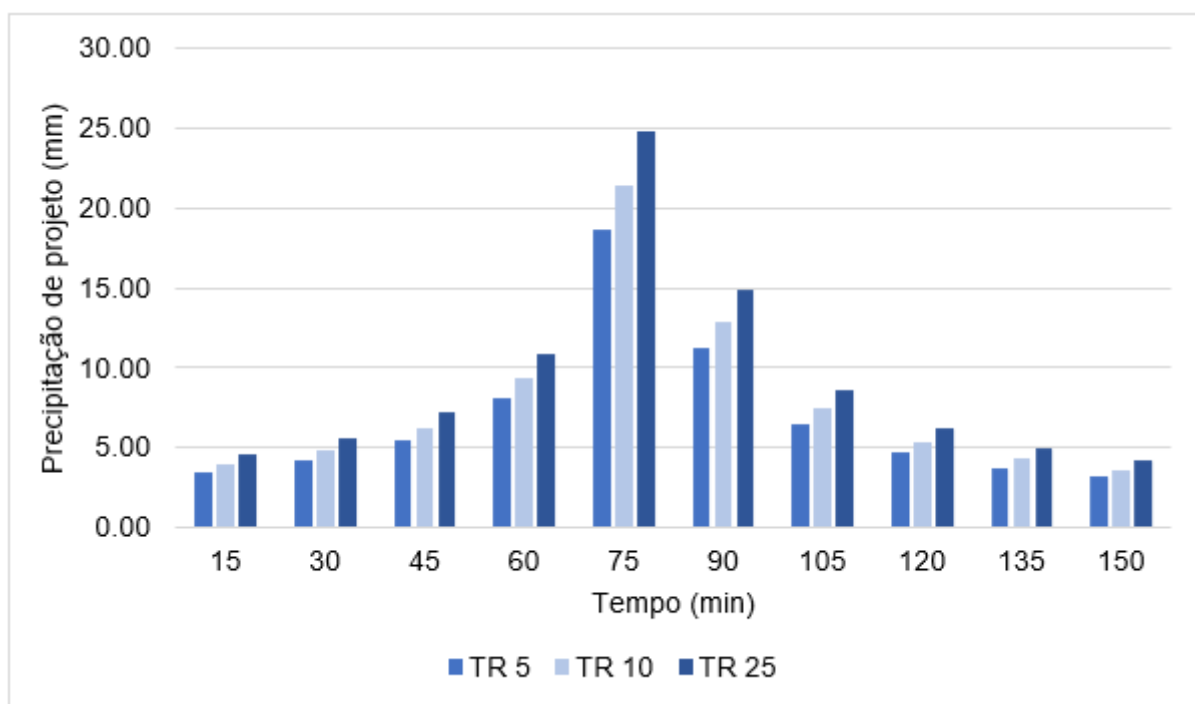


Figura 83 - Hietograma de projeto da SUB 3 do Rio Sapucaí-Mirim (TR 5, 10 e 25)

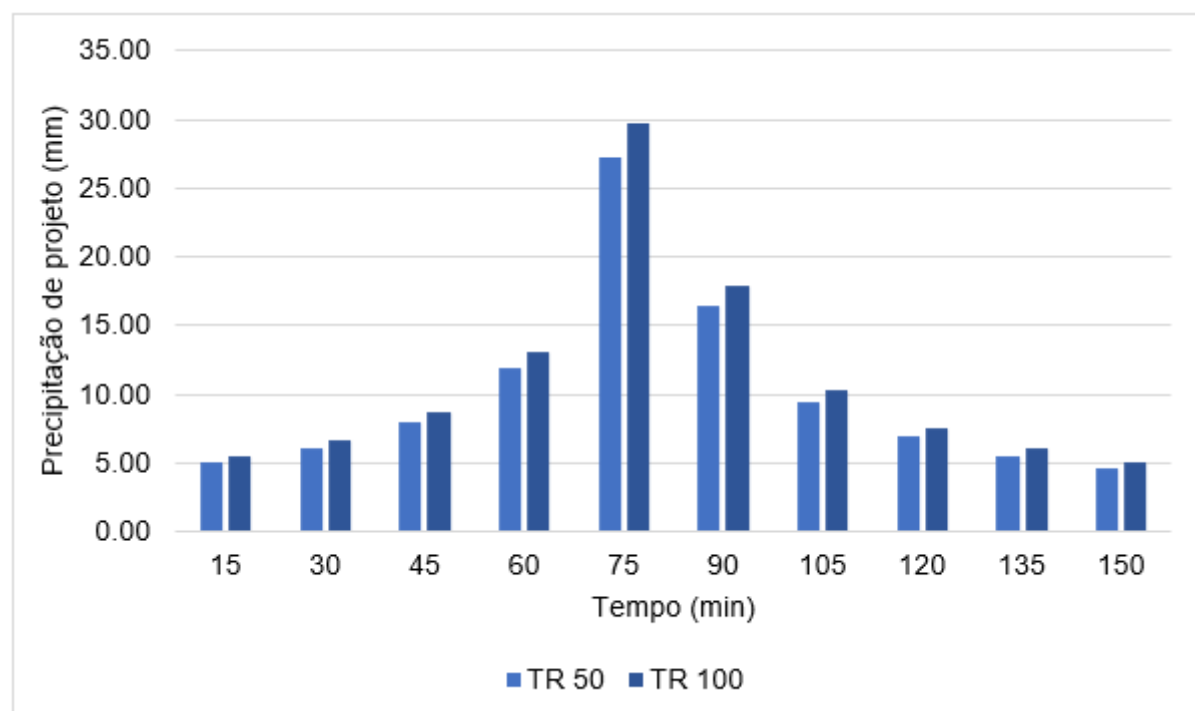


Figura 84 - Hietograma de projeto da SUB 3 do Rio Sapucaí-Mirim (TR 50 e 100)

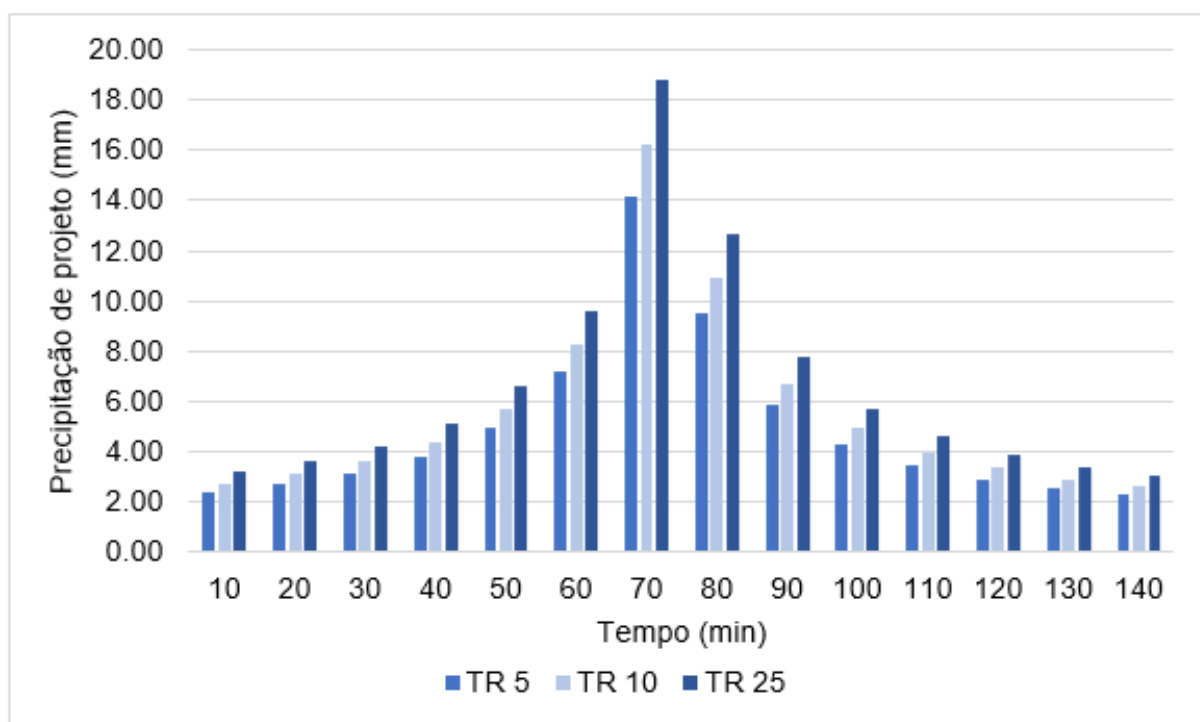


Figura 85 - Hietograma de projeto da SUB 4 do Rio Sapucaí-Mirim (TR 5, 10 e 25)

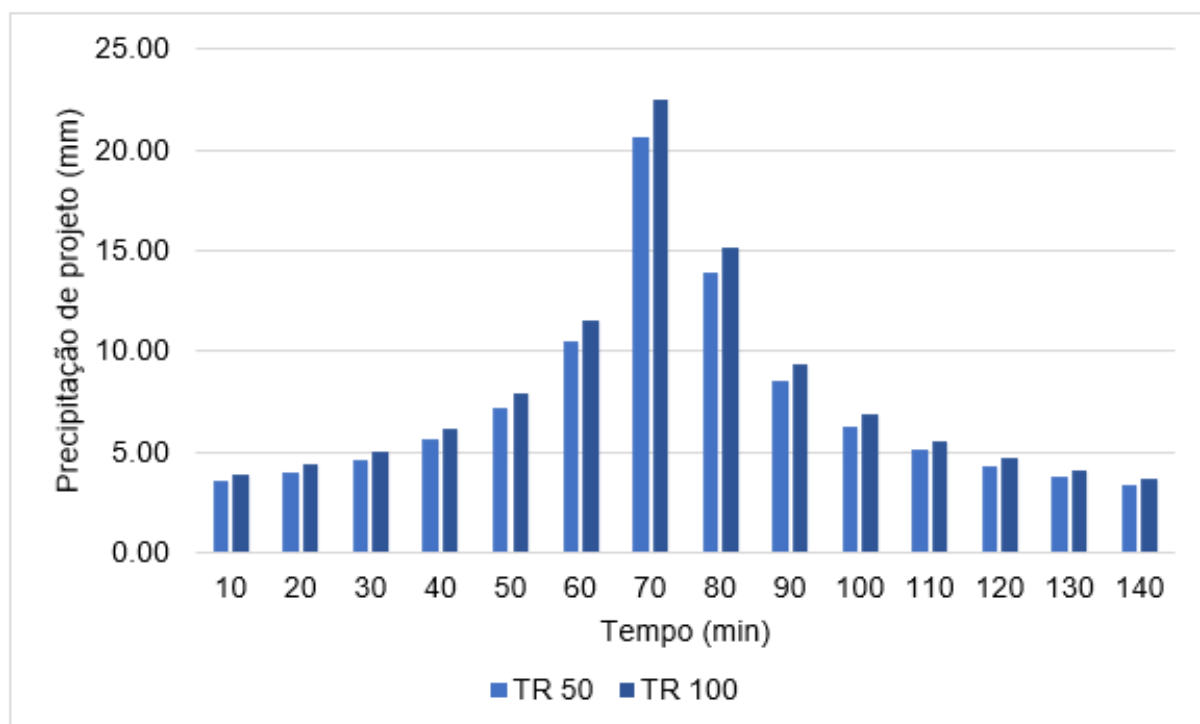


Figura 86 - Hietograma de projeto da SUB 4 do Rio Sapucaí-Mirim (TR 50 e 100)

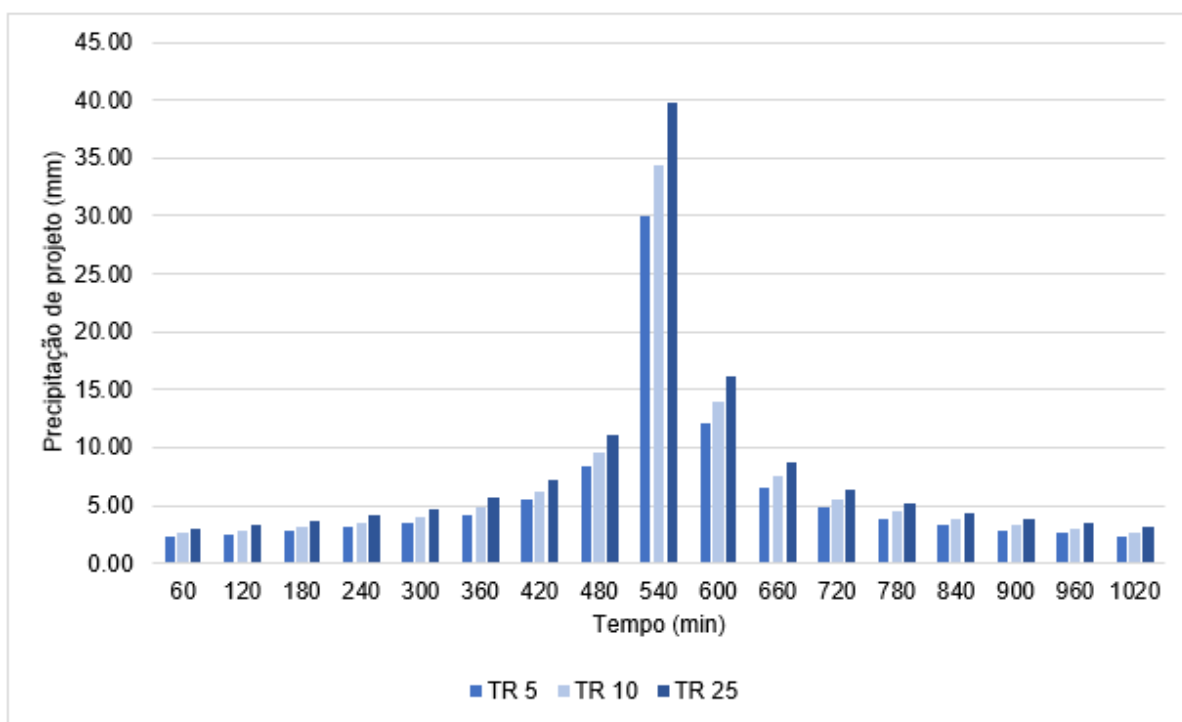


Figura 87 - Hietograma de projeto da SUB 5 do Rio Sapucaí-Mirim (TR 5, 10 e 25)

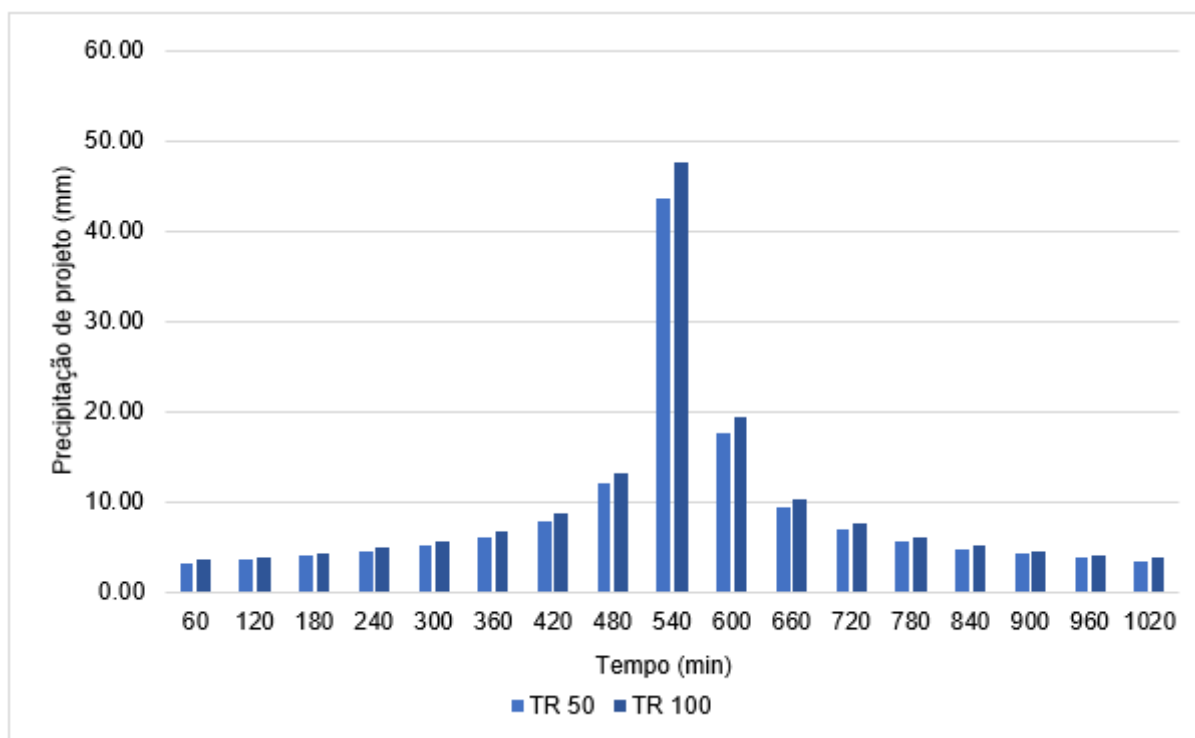


Figura 88 - Hietograma de projeto da SUB 5 do Rio Sapucaí-Mirim (TR 50 e 100)

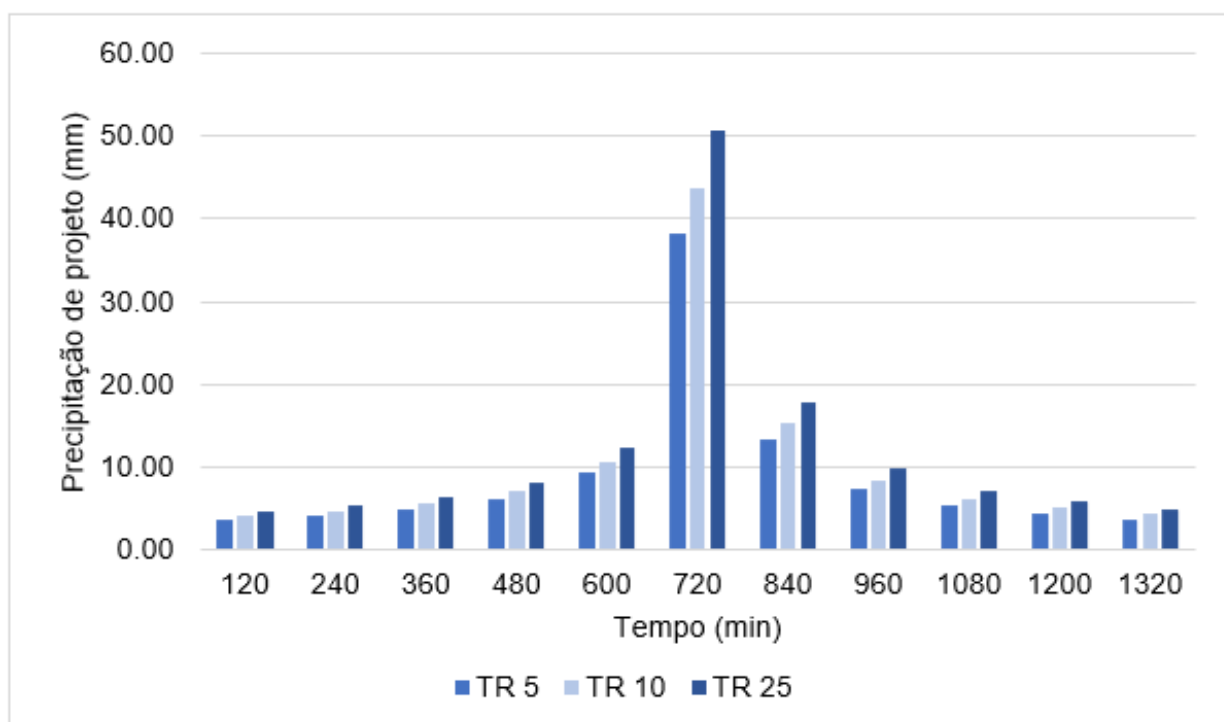


Figura 89 - Hietograma de projeto da SUB 6 do Rio Sapucaí-Mirim (TR 5, 10 e 25)

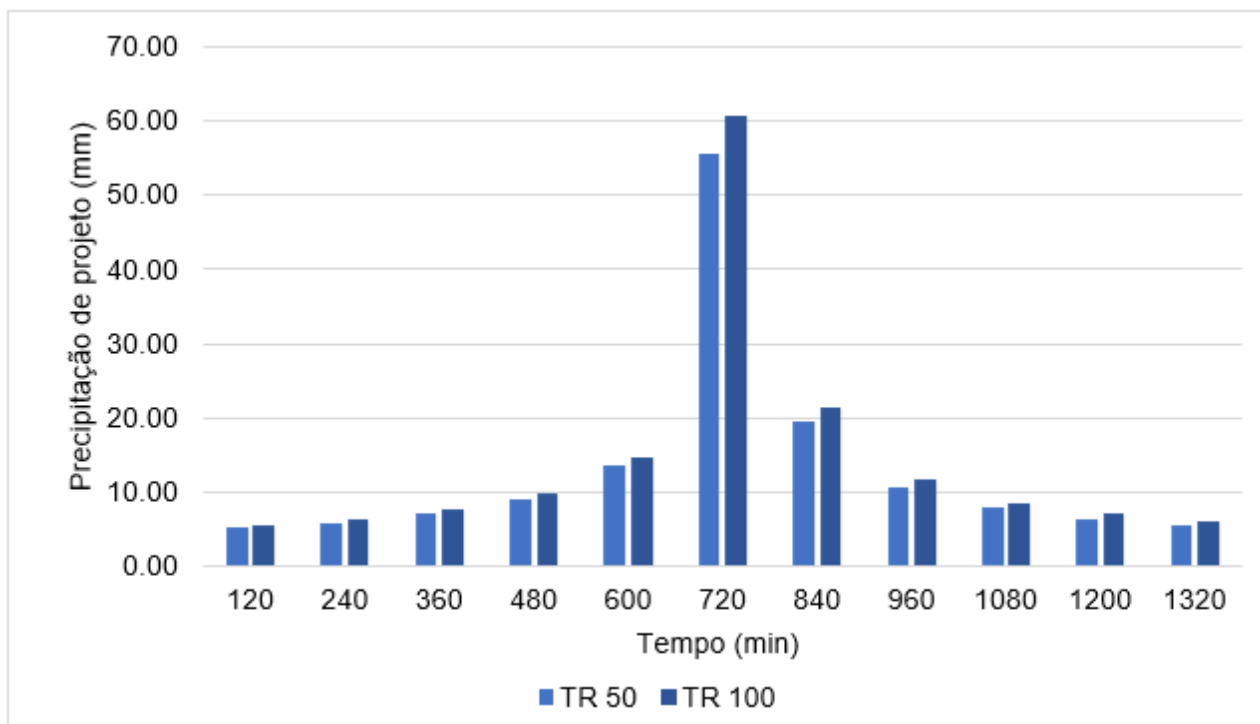


Figura 90 - Hietograma de projeto da SUB 6 do Rio Sapucaí-Mirim (TR 50 e 100)

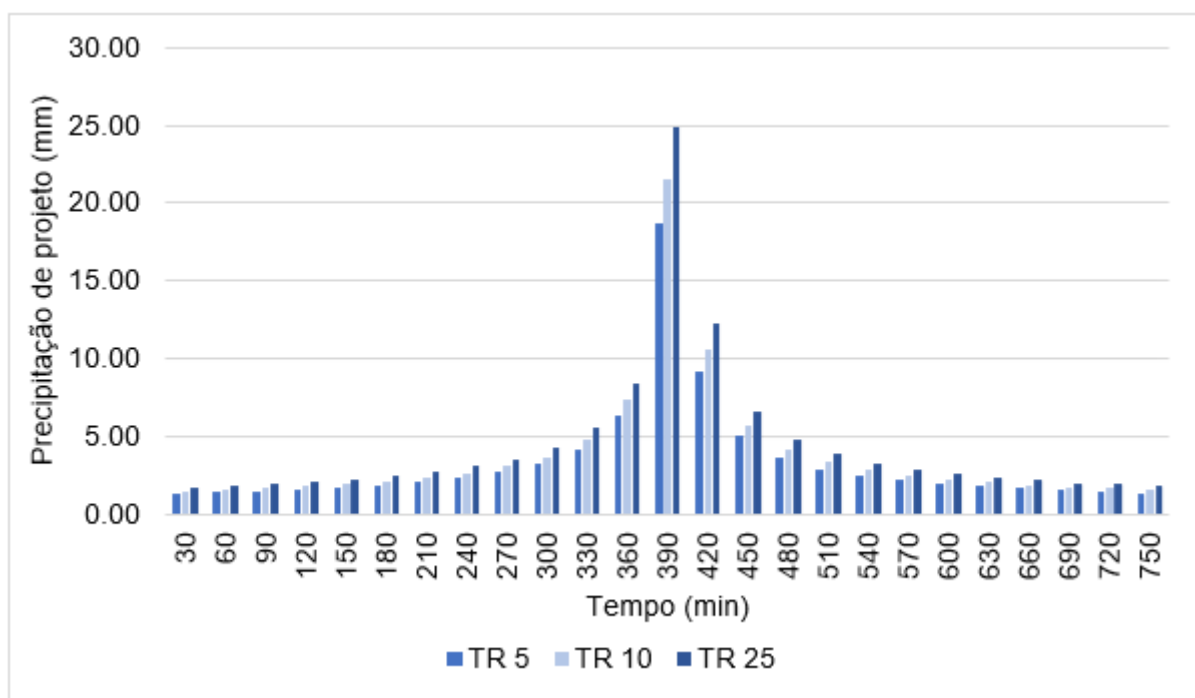


Figura 91 - Hietograma de projeto da Área de Interesse do Rio Sapucaí-Mirim (TR 5, 10 e 25)

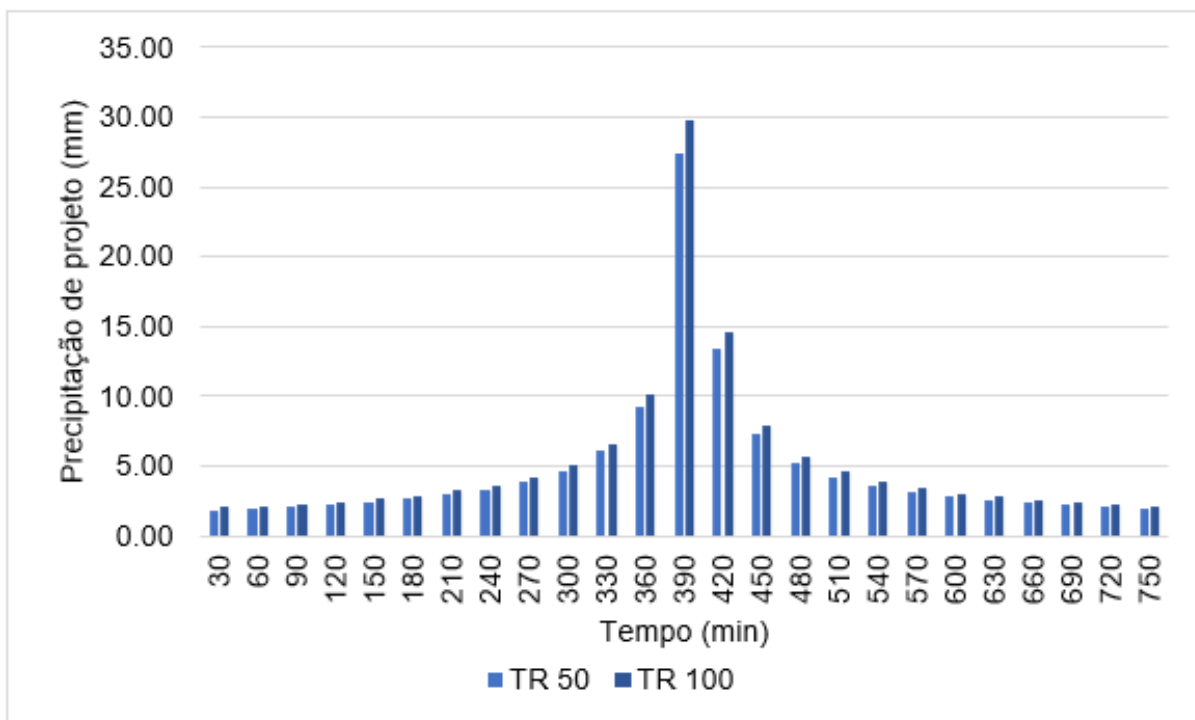


Figura 92 - Hietograma de projeto da Área de Interesse do Rio Sapucaí-Mirim (TR 50 e 100)

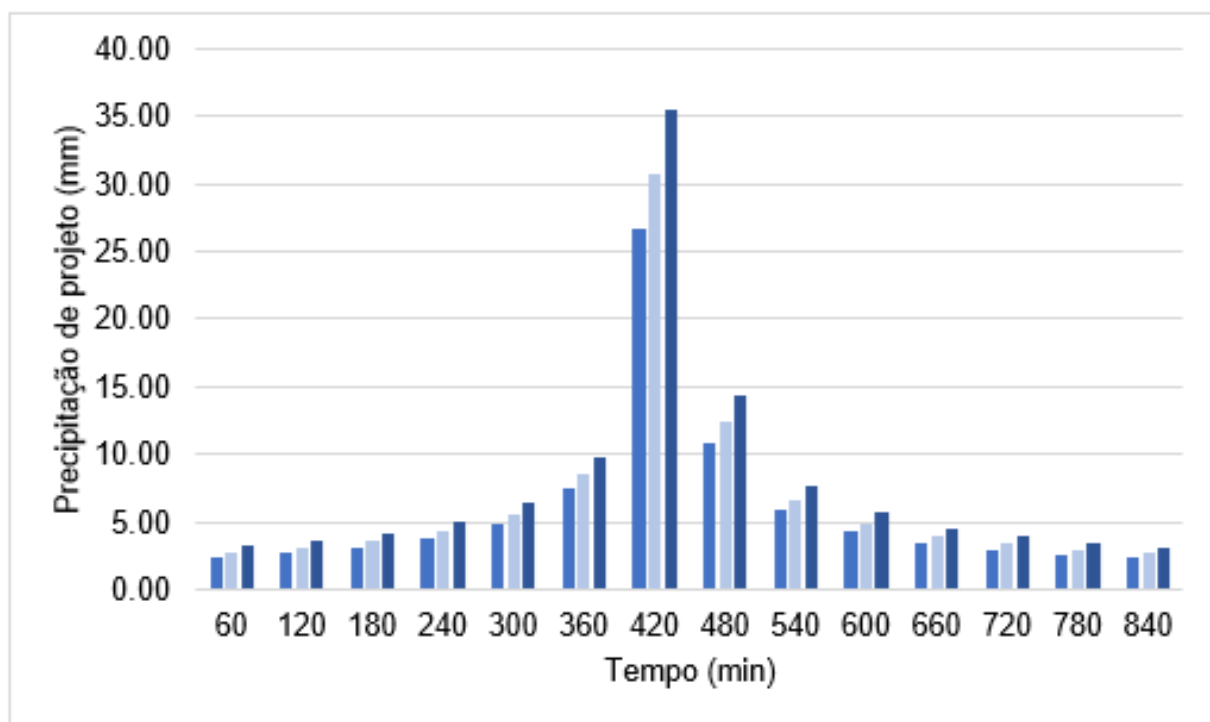


Figura 93 - Hietograma de projeto da SUB 2_sub1 do Rio Sapucaí (TR 5, 10 e 25)

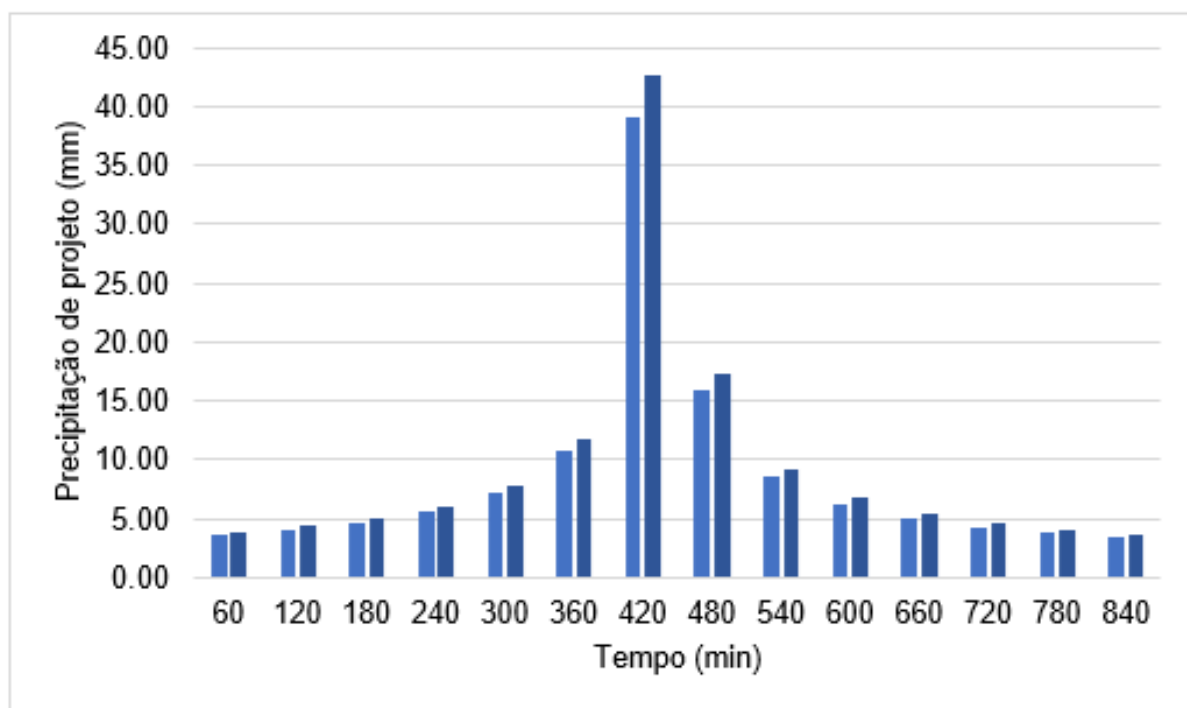


Figura 94 - Hietograma de projeto da SUB 2_sub1 do Rio Sapucaí (TR 50 e 100)

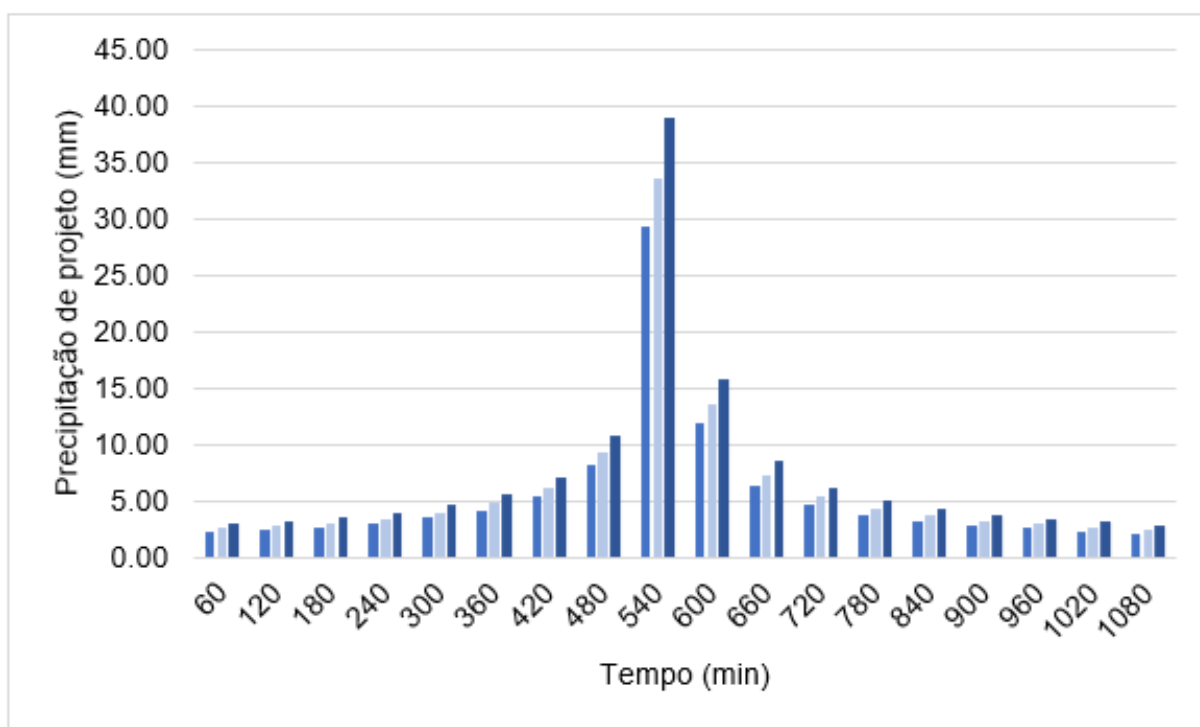


Figura 95 - Hietograma de projeto da SUB 2_sub2 do Rio Sapucaí (TR 5, 10 e 25)

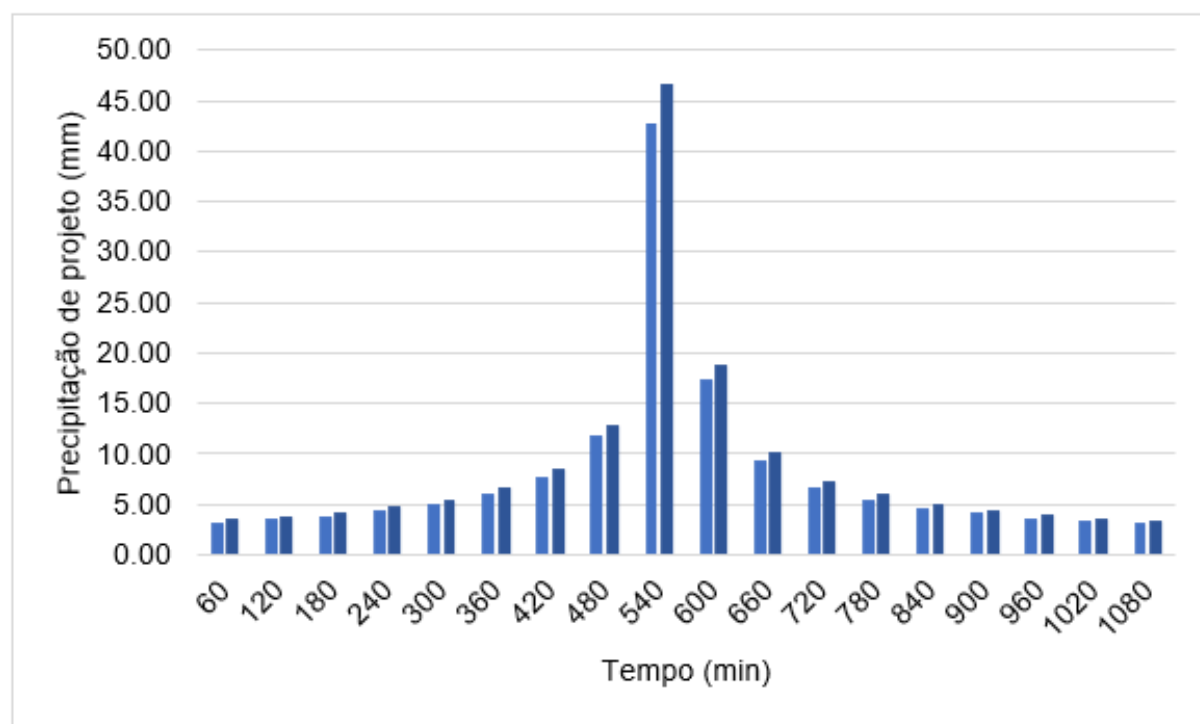


Figura 96 - Hietograma de projeto da SUB 2_sub2 do Rio Sapucaí (TR 50 e 100)

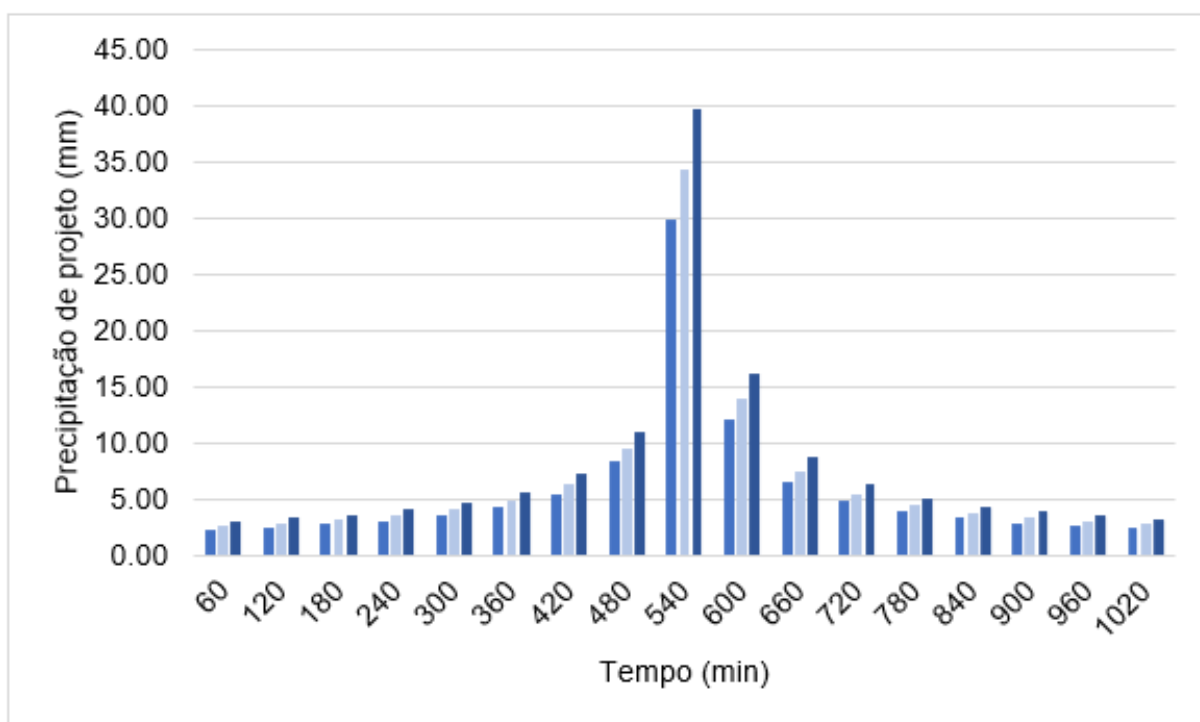


Figura 97 - Hietograma de projeto da SUB 2_sub3 do Rio Sapucaí (TR 5, 10 e 25)

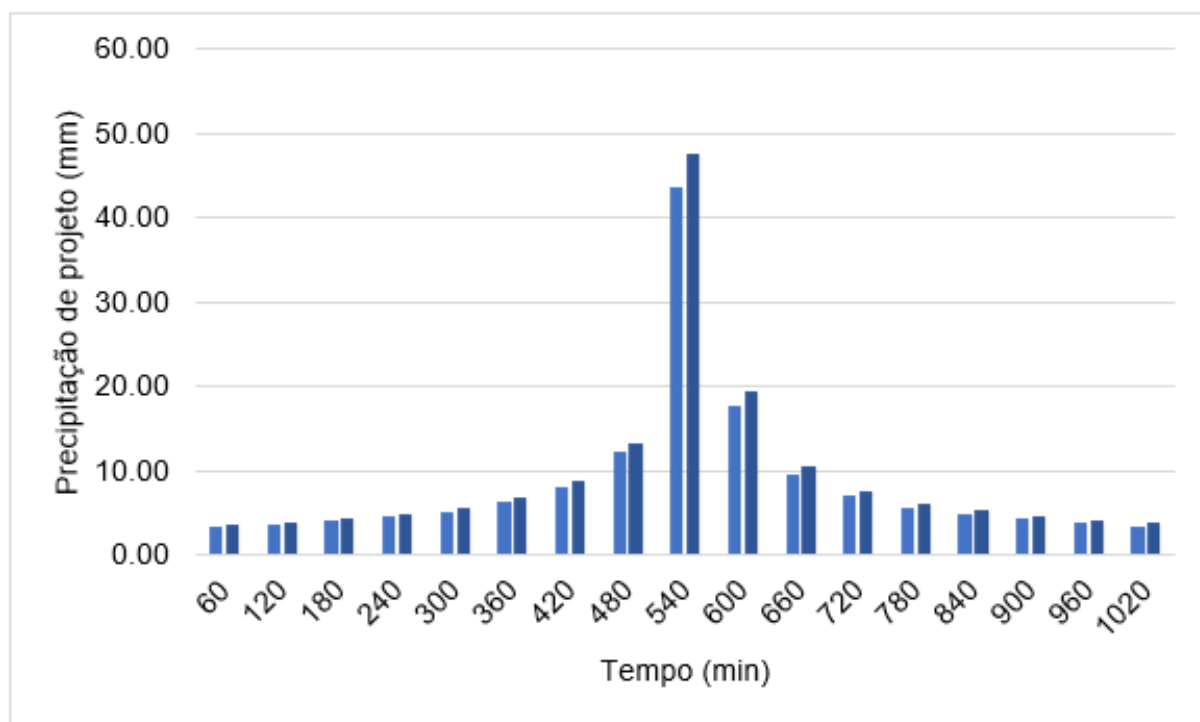


Figura 98 - Hietograma de projeto da SUB 2_sub3 do Rio Sapucaí (TR 50 e 100)

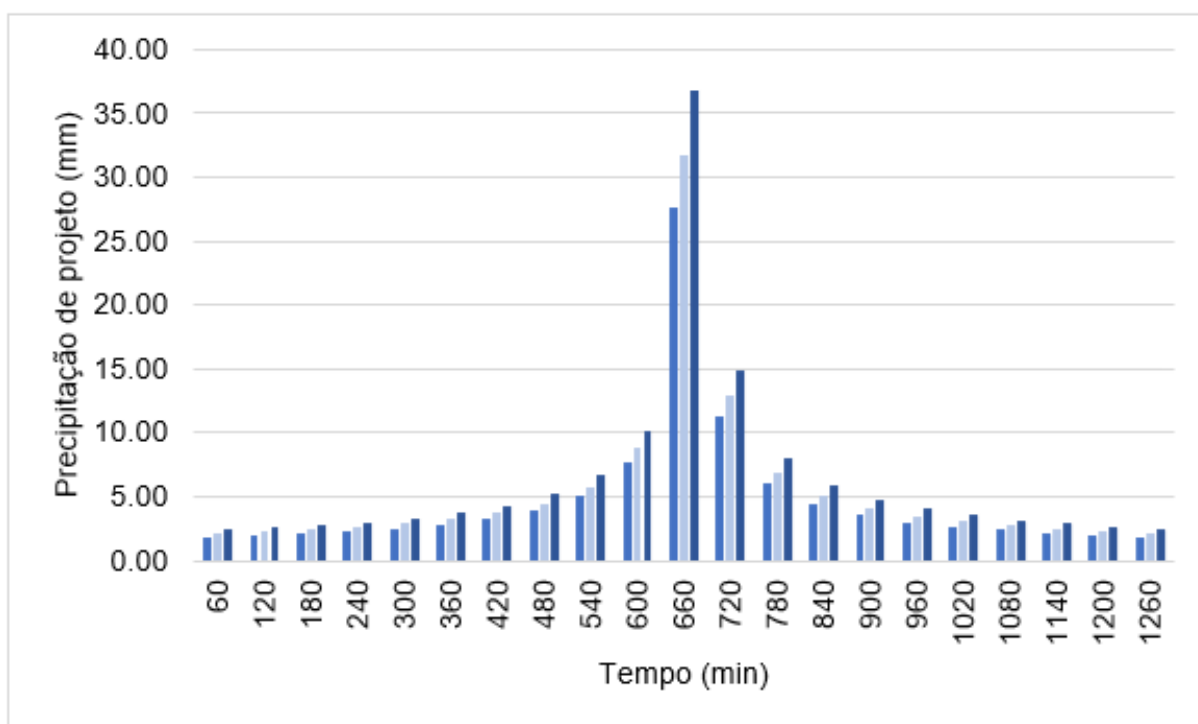


Figura 99 - Hietograma de projeto da SUB 2_sub4 do Rio Sapucaí (TR 5, 10 e 25)

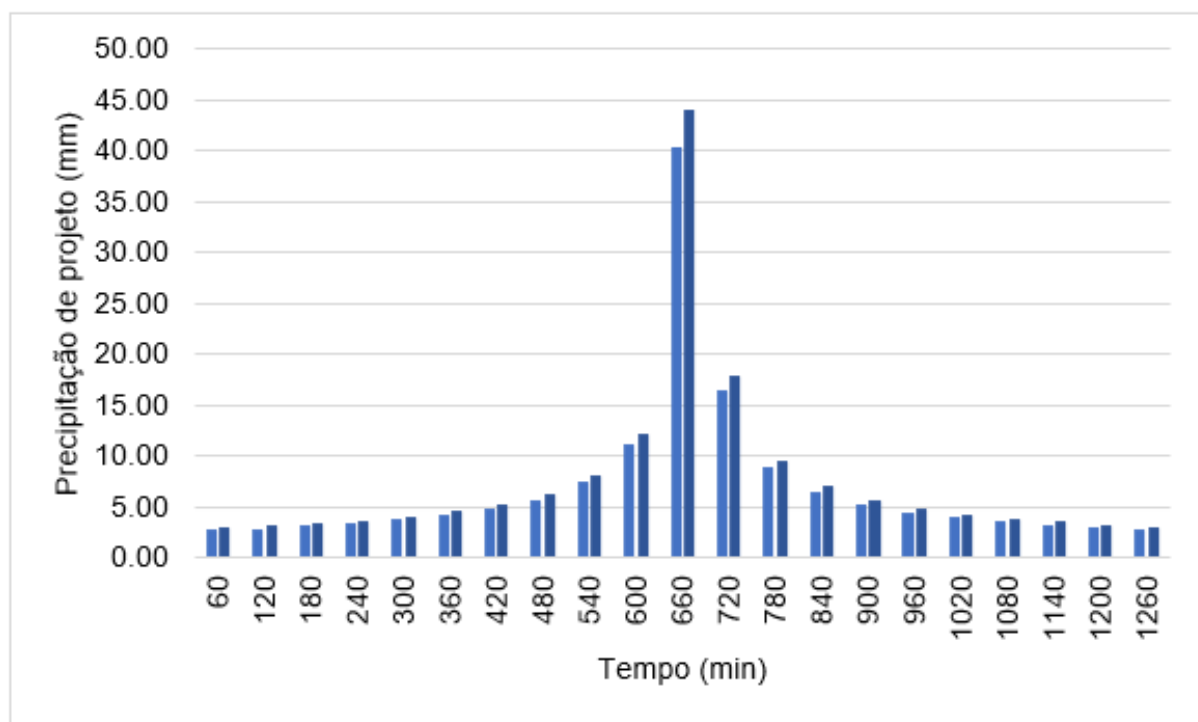


Figura 100 - Hietograma de projeto da SUB 2_sub4 do Rio Sapucaí (TR 50 e 100)

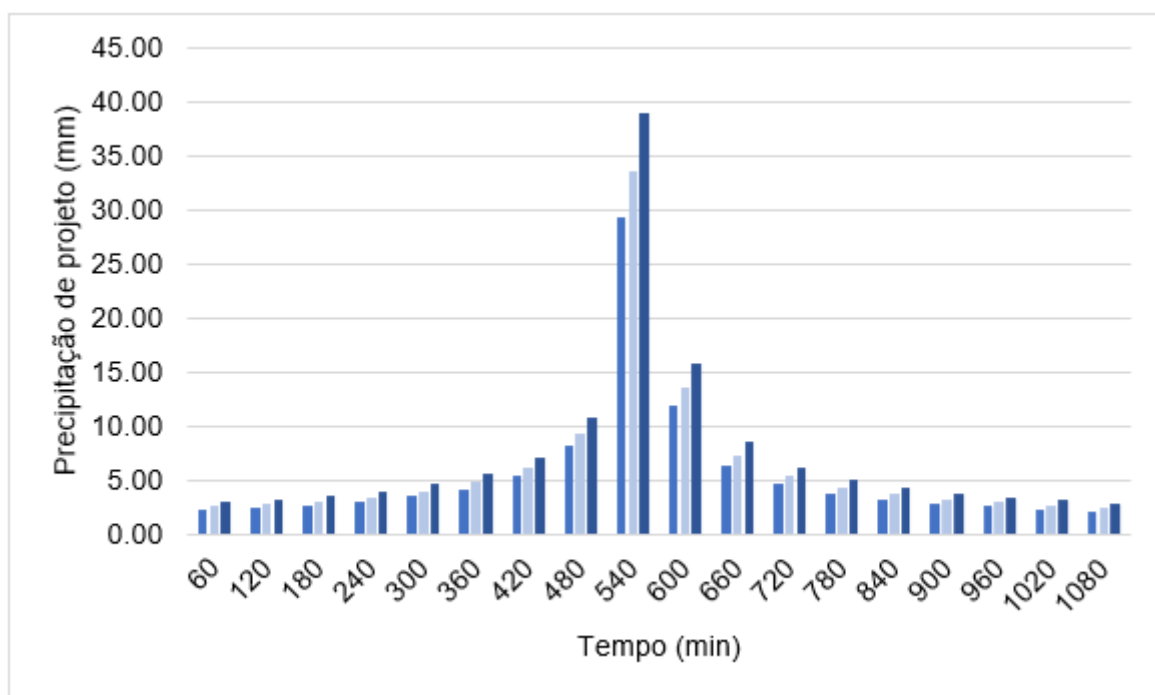


Figura 101 - Hietograma de projeto da SUB 3 do Rio Sapucaí (TR 5, 10 e 25)

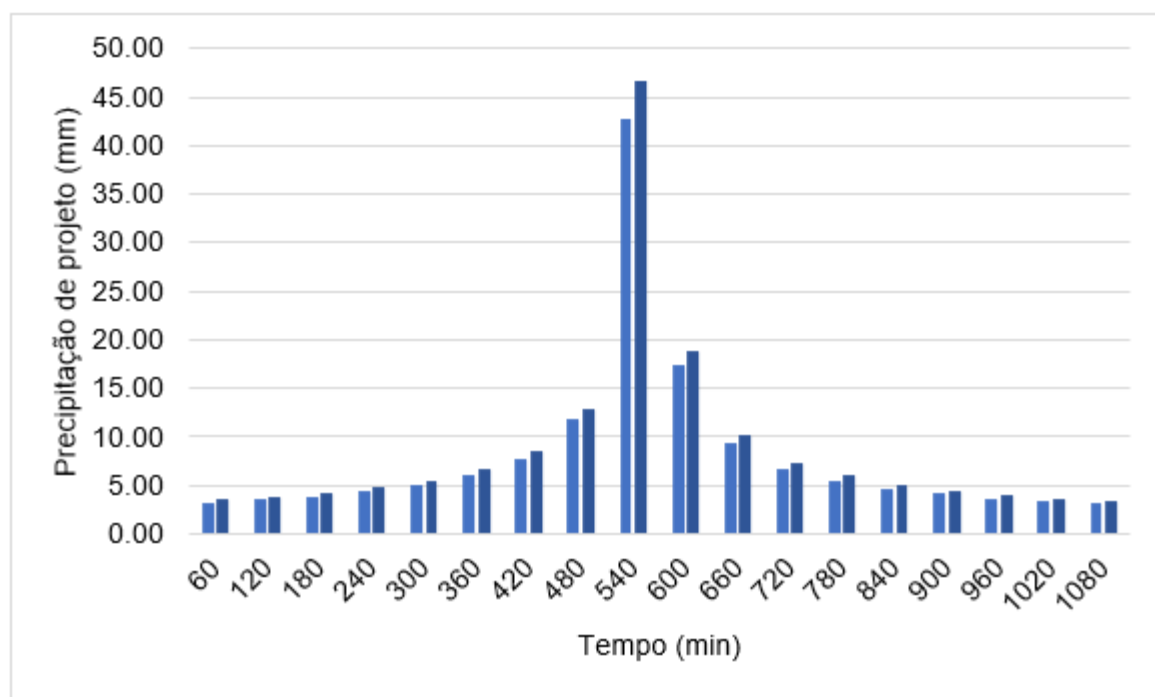


Figura 102 - Hietograma de projeto da SUB 3 do Rio Sapucaí (TR 50 e 100)

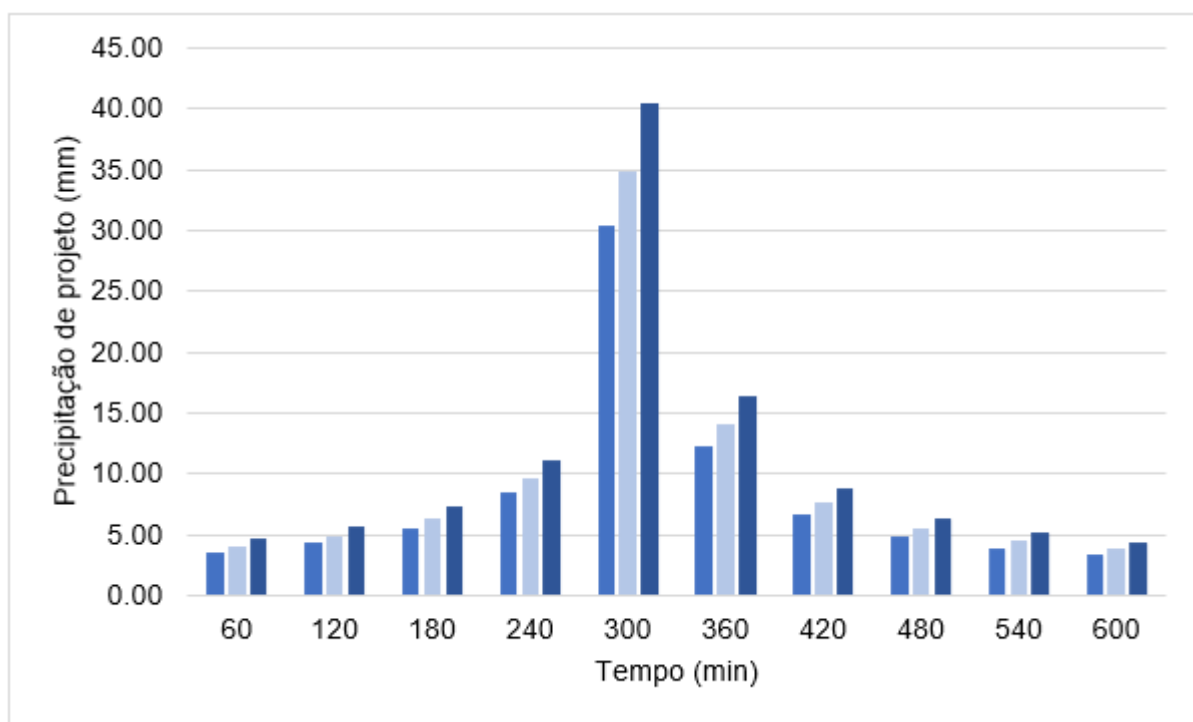


Figura 103 - Hietograma de projeto da Área de Interesse do Rio Sapucaí (TR 5, 10 e 25)

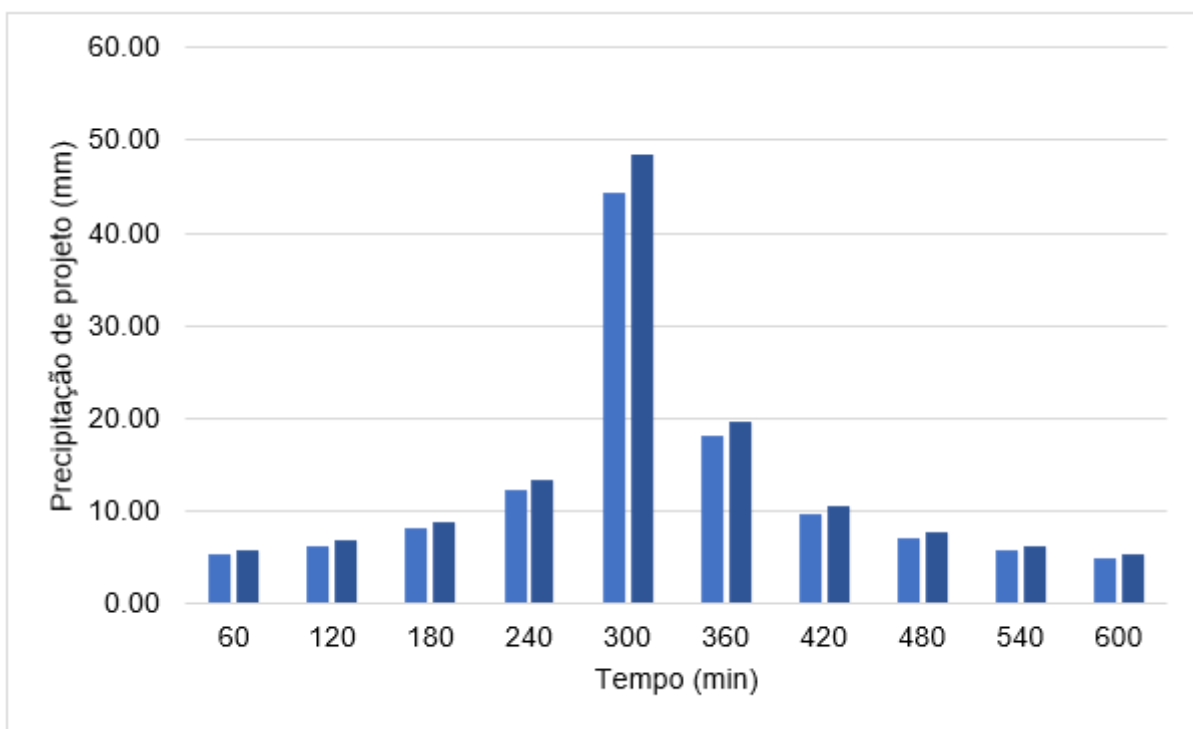


Figura 104 - Hietograma de projeto da Área de Interesse do Rio Sapucaí (TR 50 e 100)

APÊNDICE B HIDROGRAMAS DE CHUVA – SÃO CRISTÓVÃO

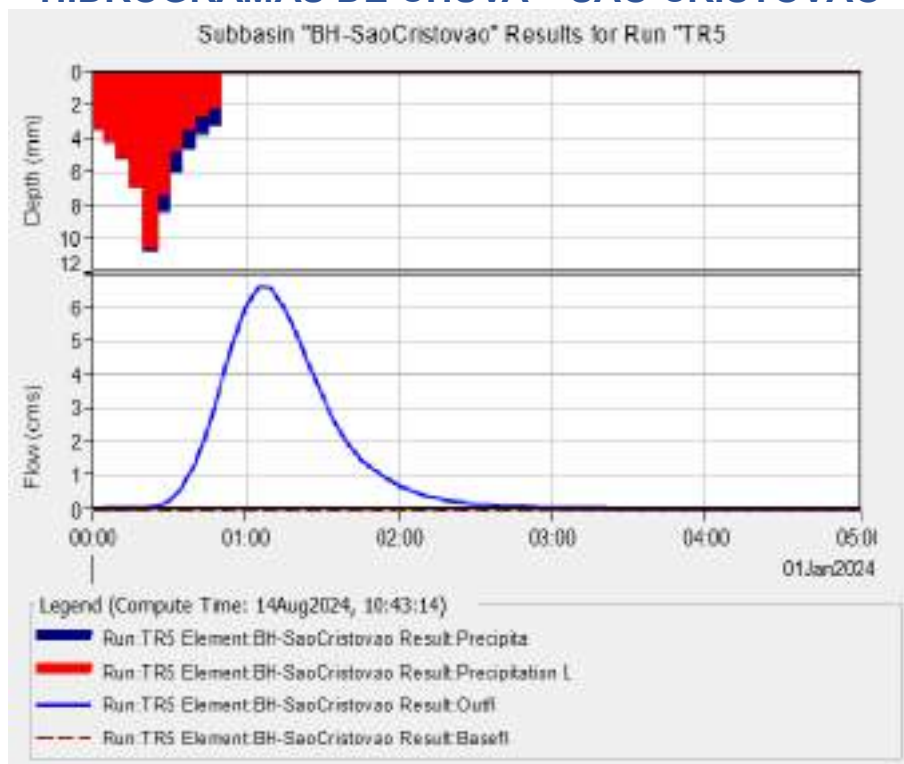


Figura 1 - Hidrograma de projeto da sub- bacia do Córrego São Cristóvão para o TR 5

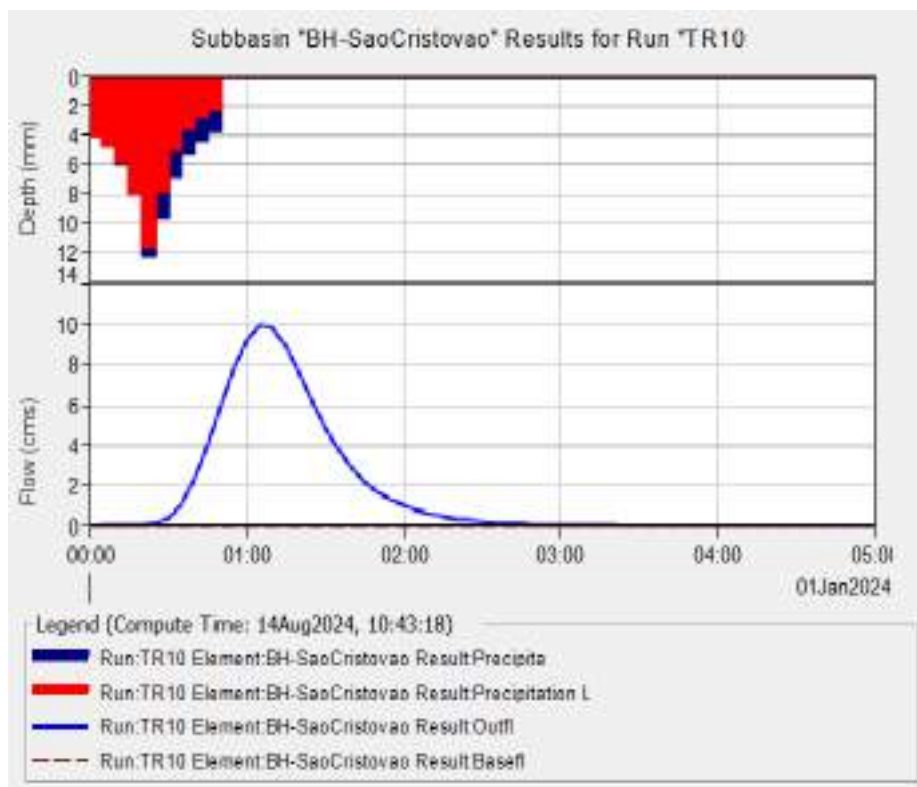


Figura 2 - Hidrograma de projeto da sub- bacia do Córrego São Cristóvão para o TR 10

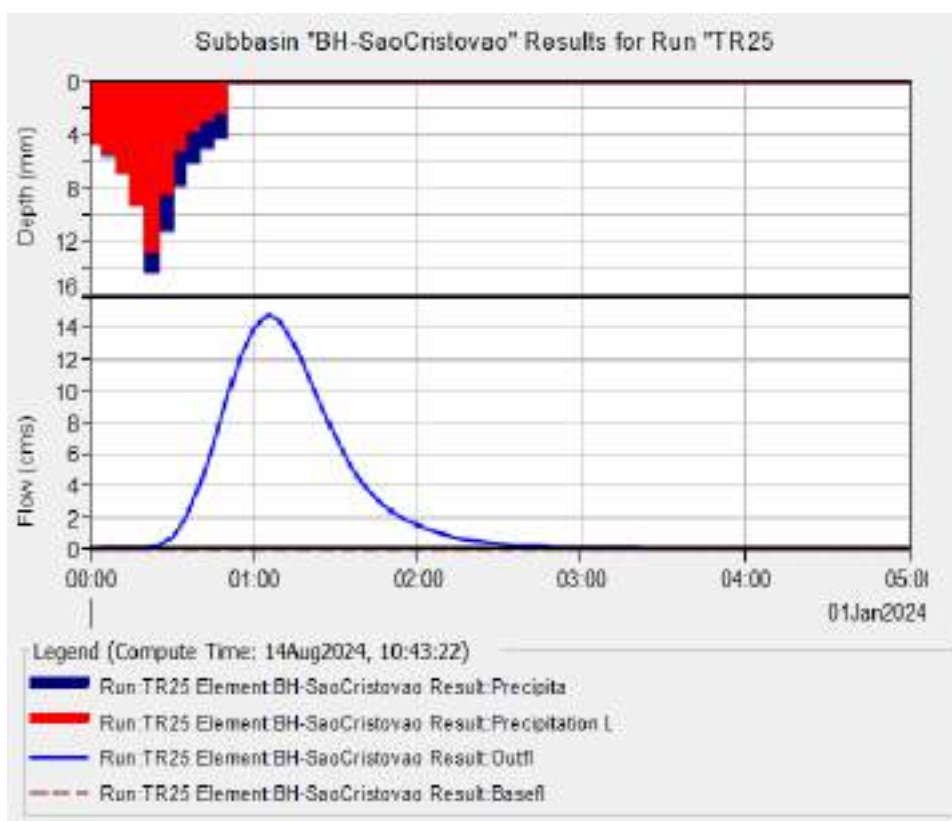


Figura 3 - Hidrograma de projeto da sub- bacia do Córrego São Cristóvão para o TR 25

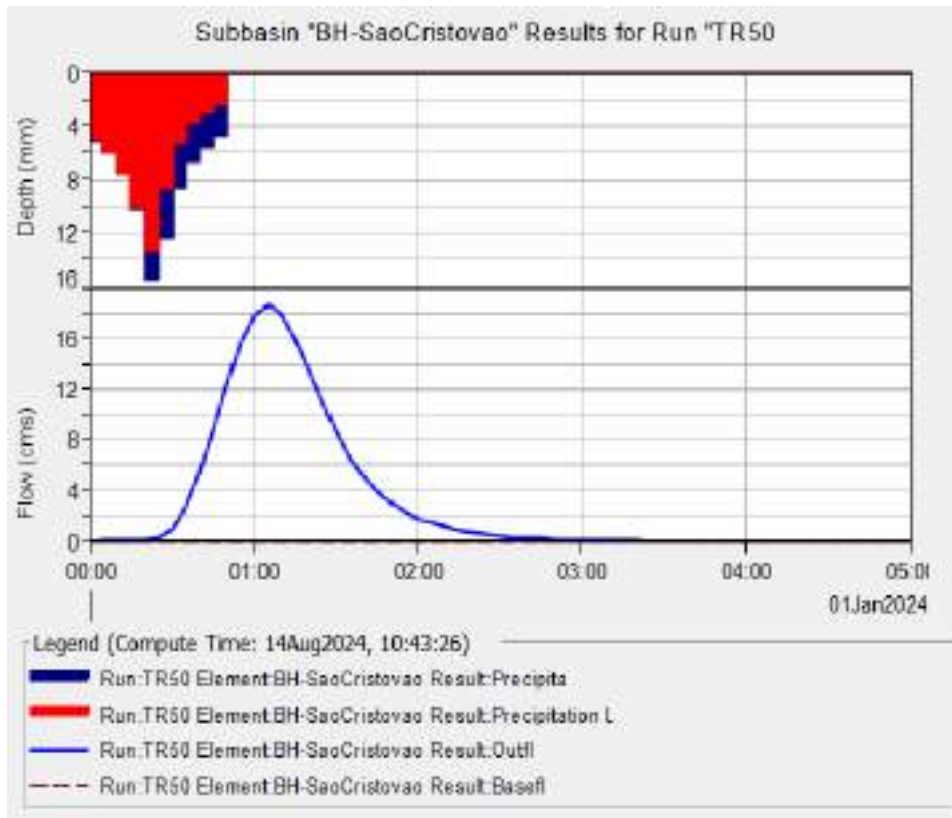


Figura 4 - Hidrograma de projeto da sub- bacia do Córrego São Cristóvão para o TR 50

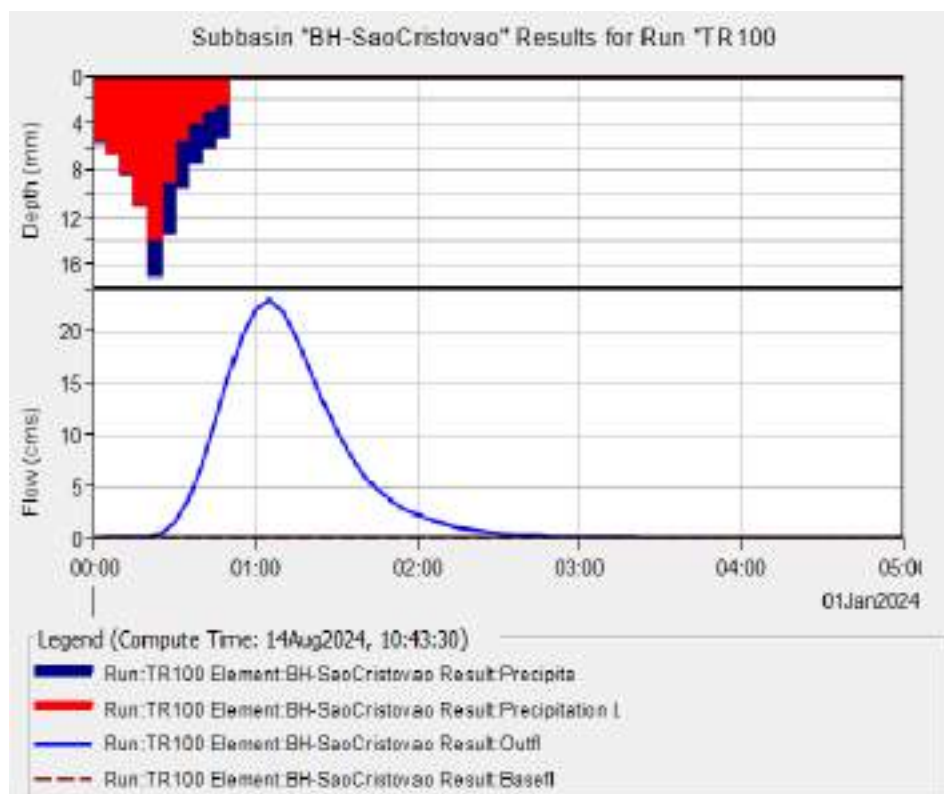


Figura 5 - Hidrograma de projeto da sub- bacia do Córrego São Cristóvão para o TR 100

APÊNDICE C HIDROGRAMAS DE CHUVA – PATINHO

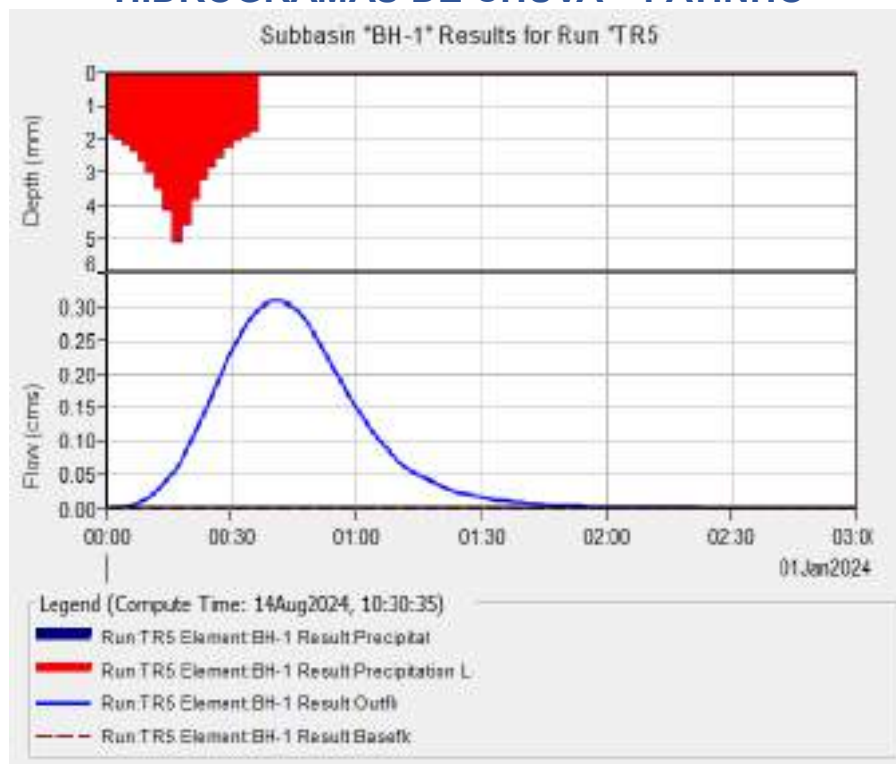


Figura 6 - Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 1 do Córrego do Patinho para o TR 5

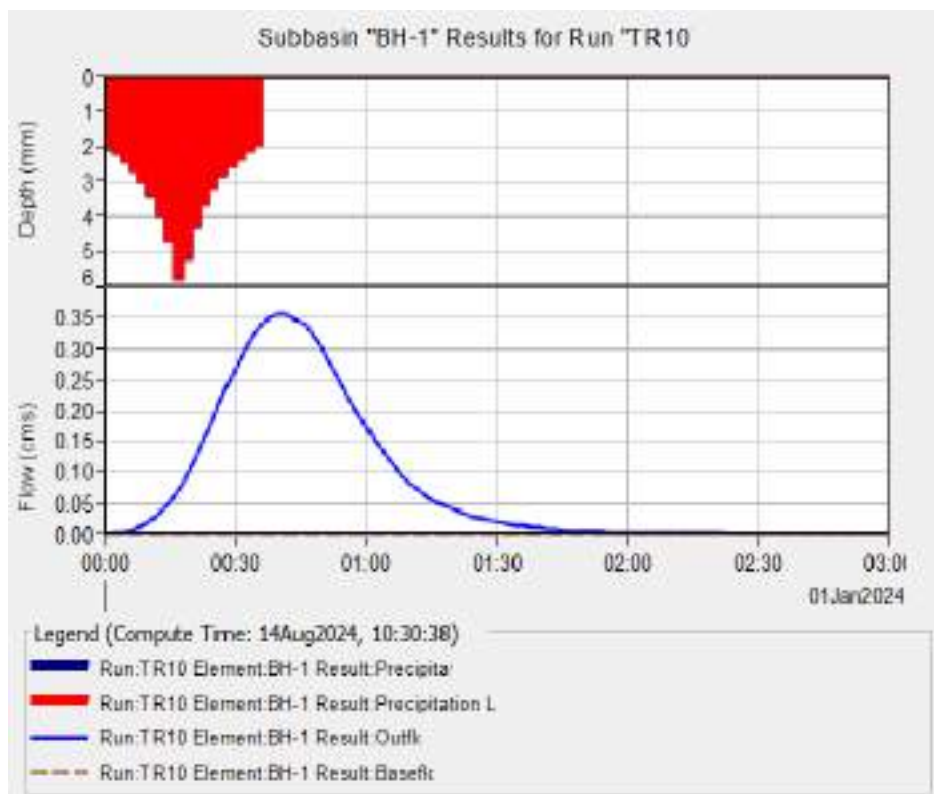


Figura 7 - Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 1 do Córrego do Patinho para o TR 10

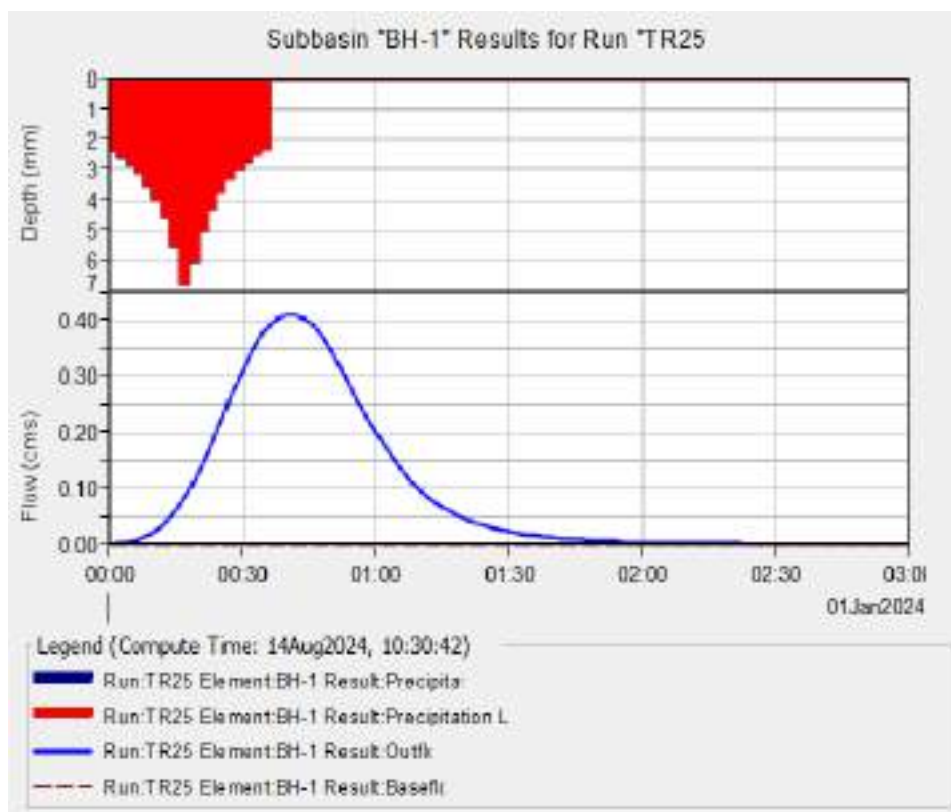


Figura 8 - Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 1 do Córrego do Patinho para o TR 25

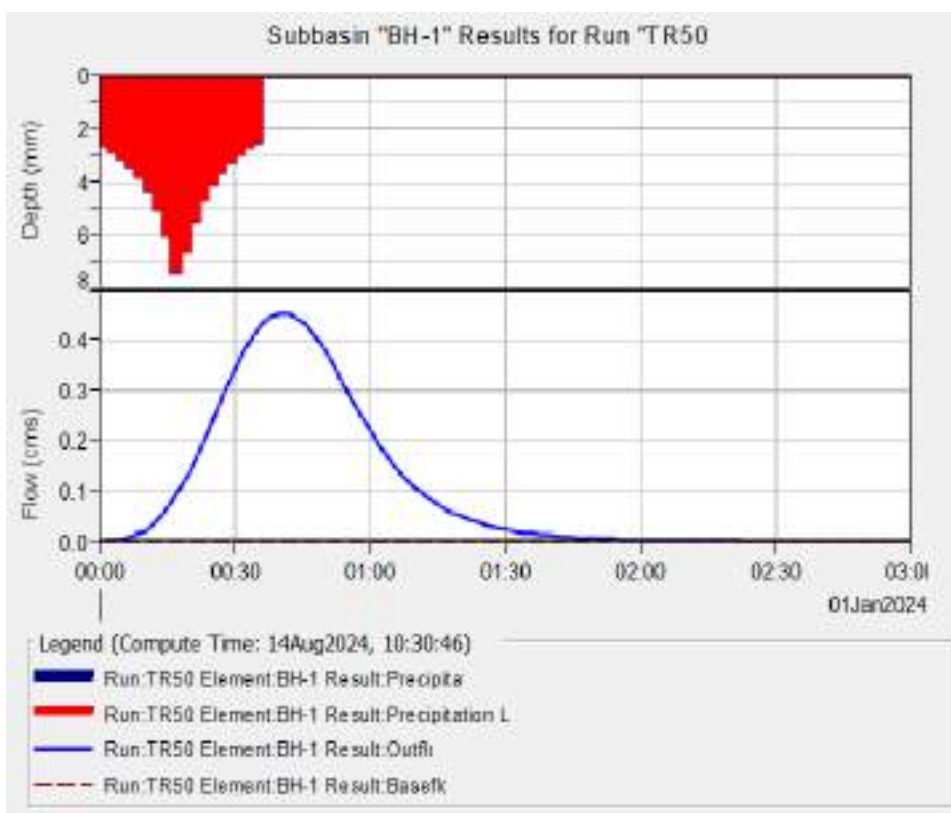


Figura 9 - Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 1 do Córrego do Patinho para o TR 50

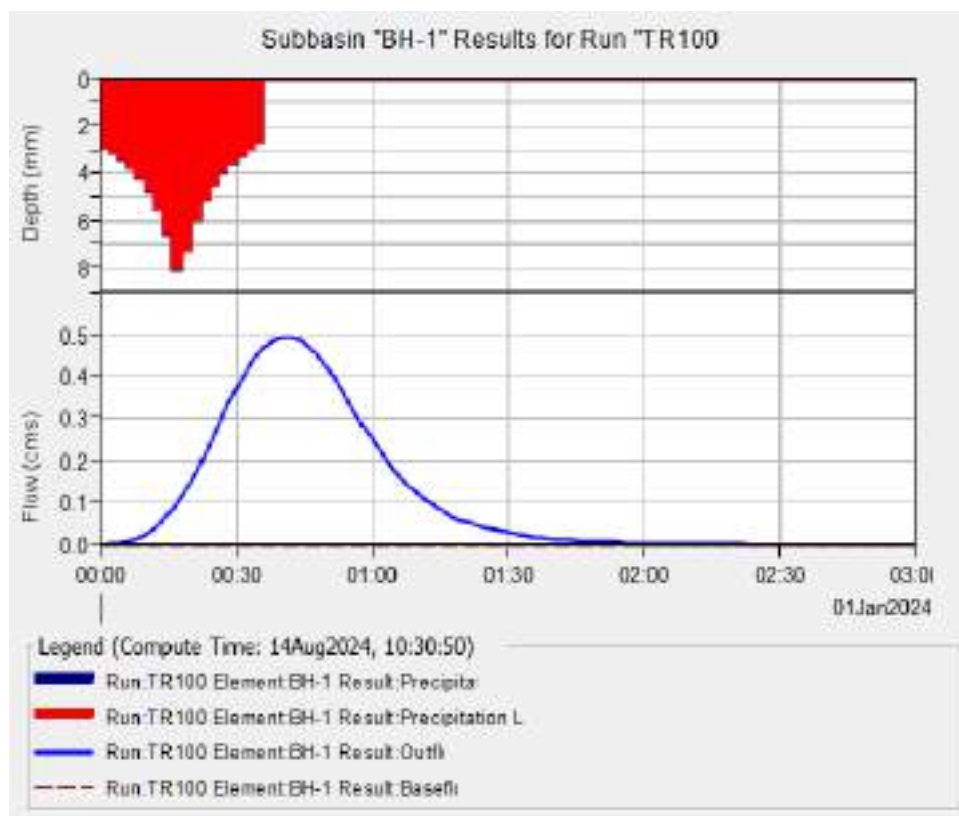


Figura 10 - Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 1 do Córrego do Patinho para o TR 100

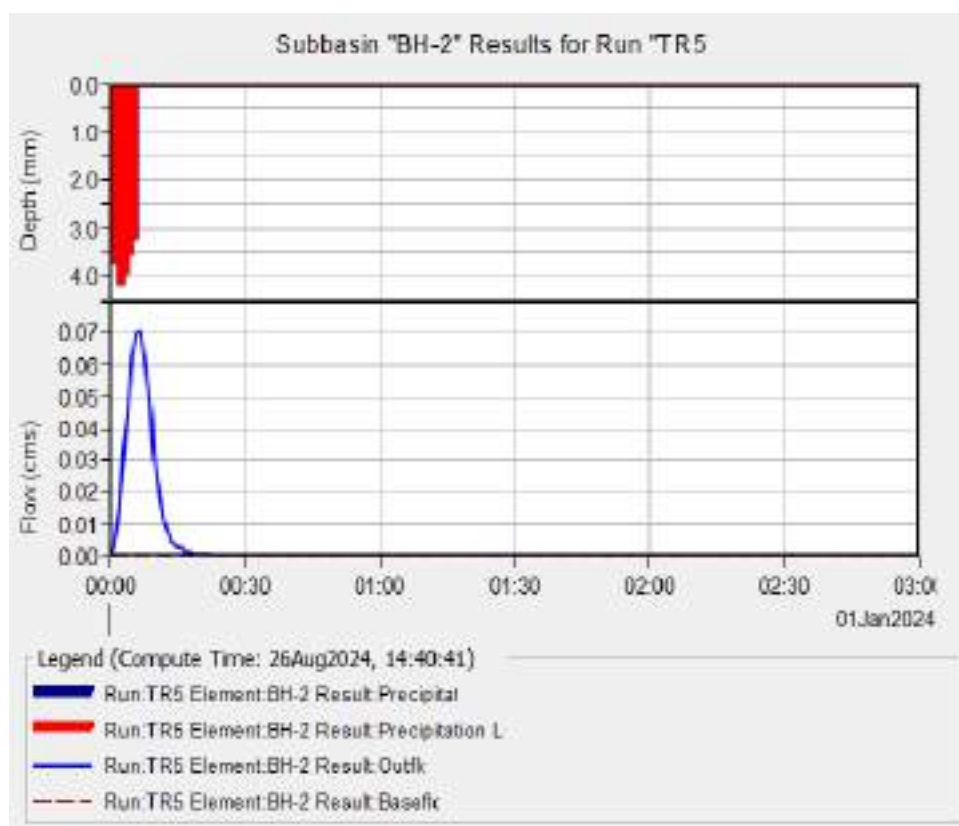


Figura 11 - Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 2 do Córrego do Patinho para o TR 5

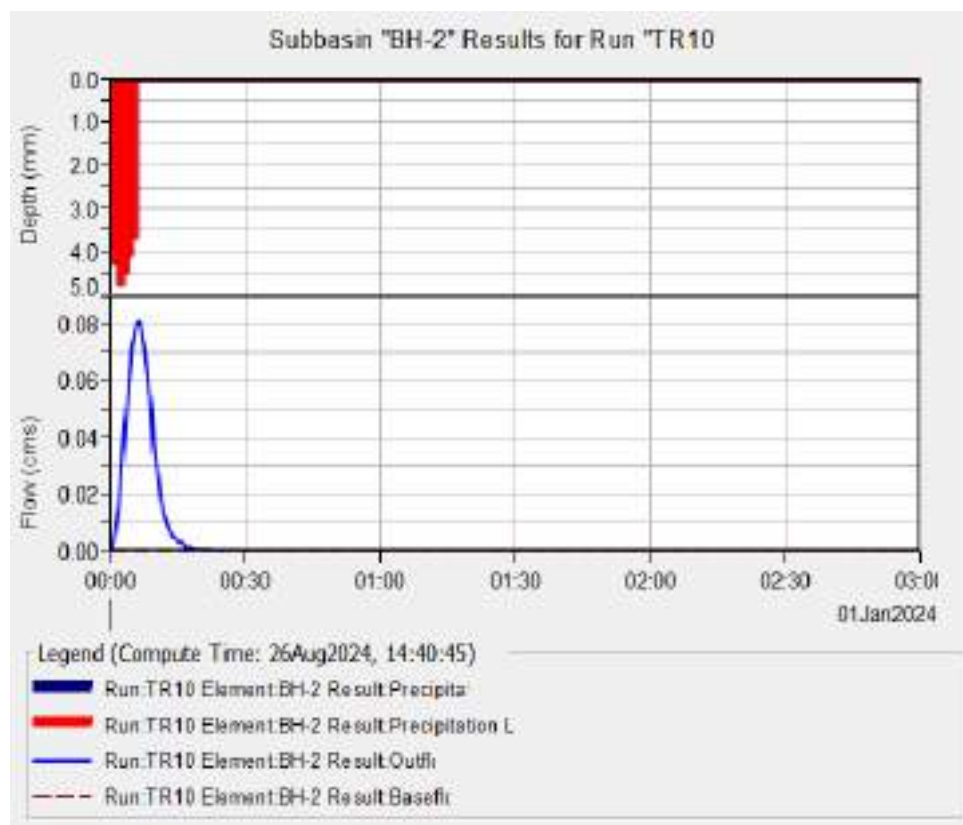


Figura 12 - Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 2 do Córrego do Patinho para o TR 10

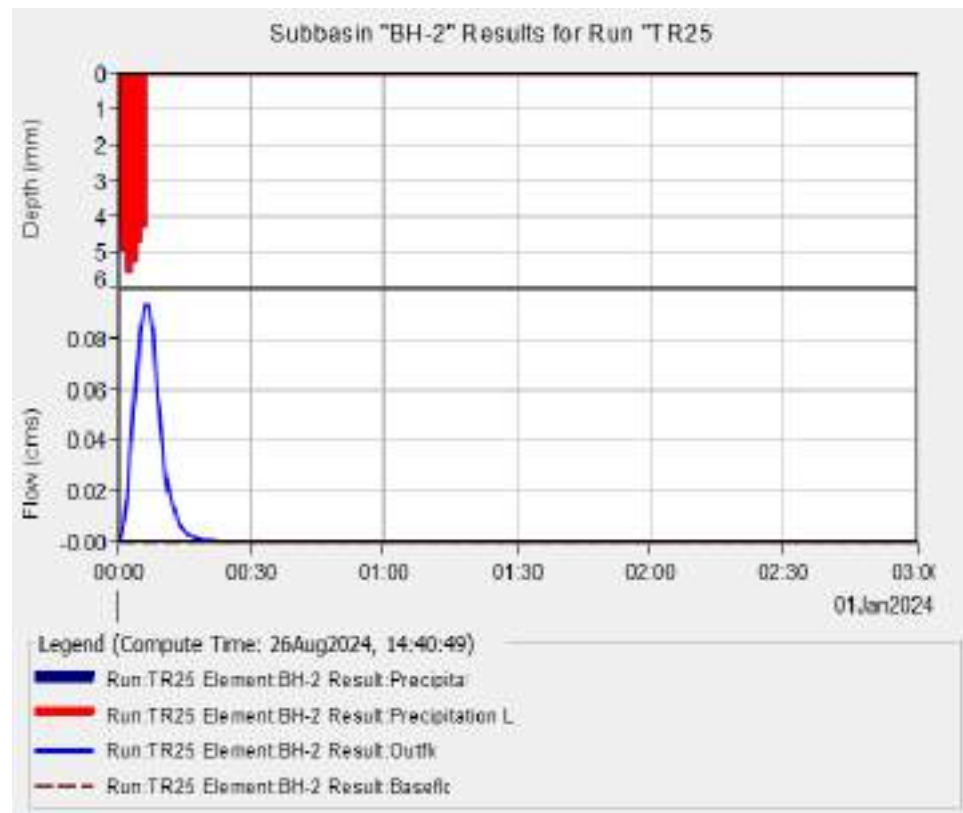


Figura 13 - Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 2 do Córrego do Patinho para o TR 25

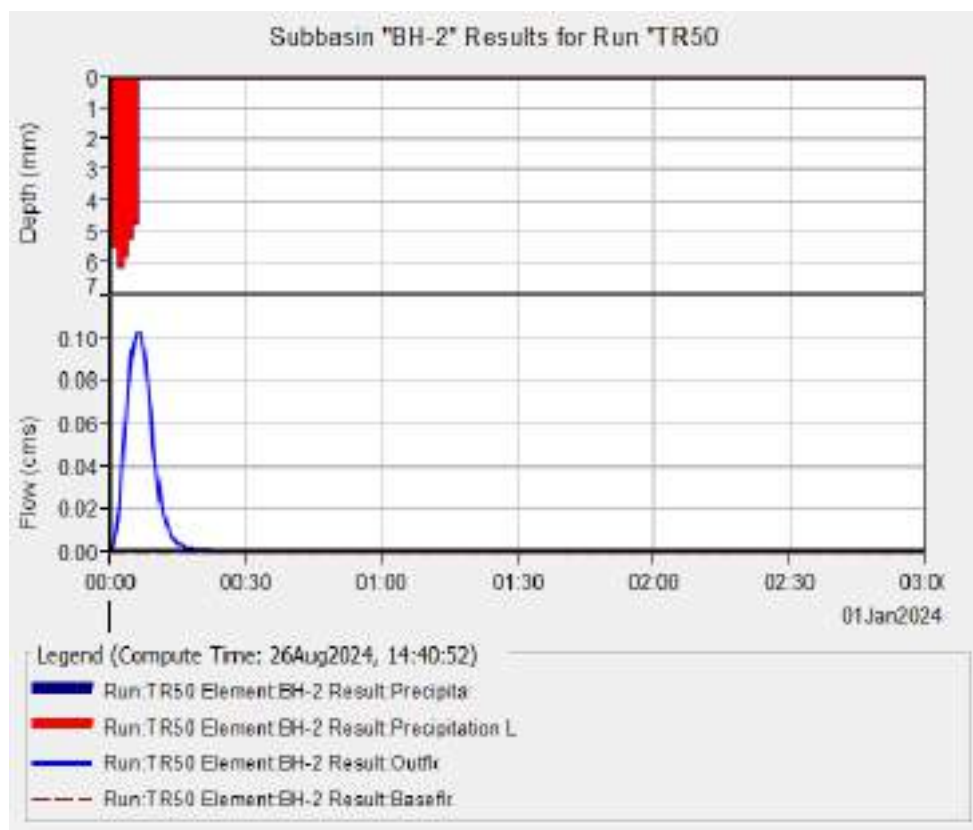


Figura 14 - Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 2 do Córrego do Patinho para o TR 50

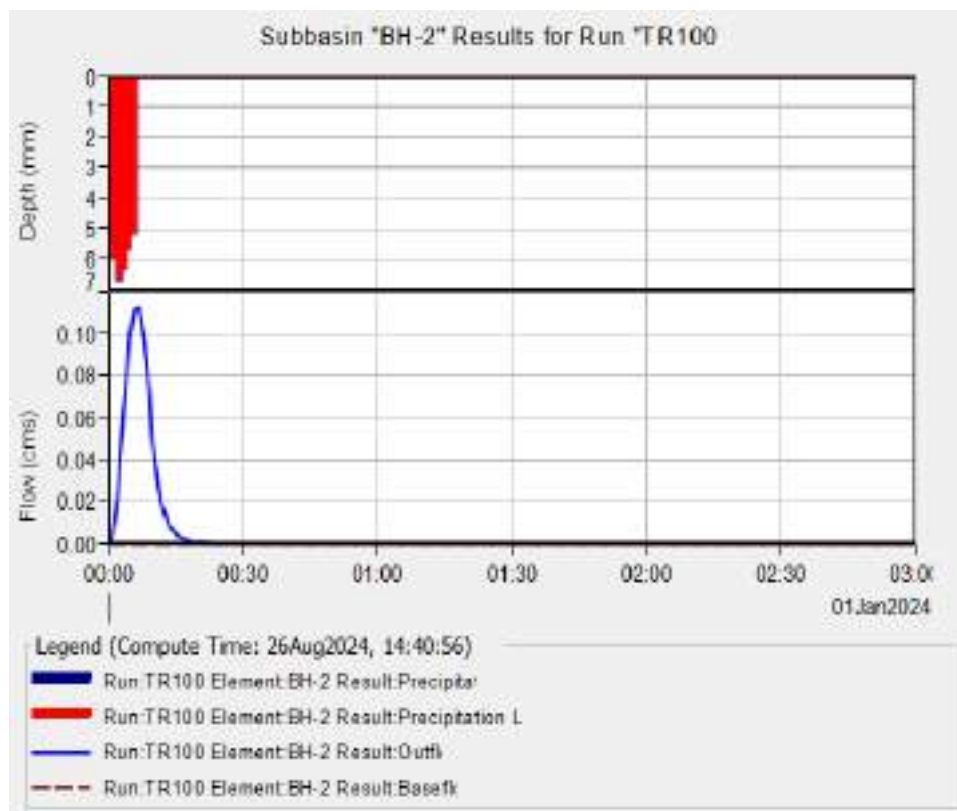


Figura 15 - Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 2 do Córrego do Patinho para o TR 100

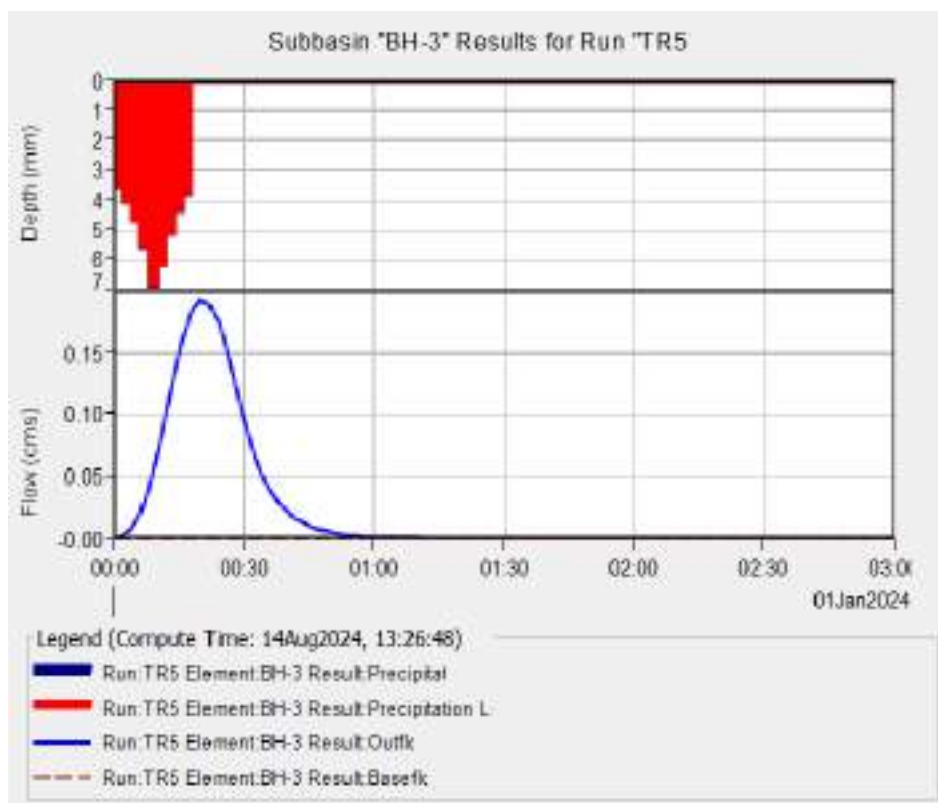


Figura 16 - Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 3 do Córrego do Patinho para o TR 5

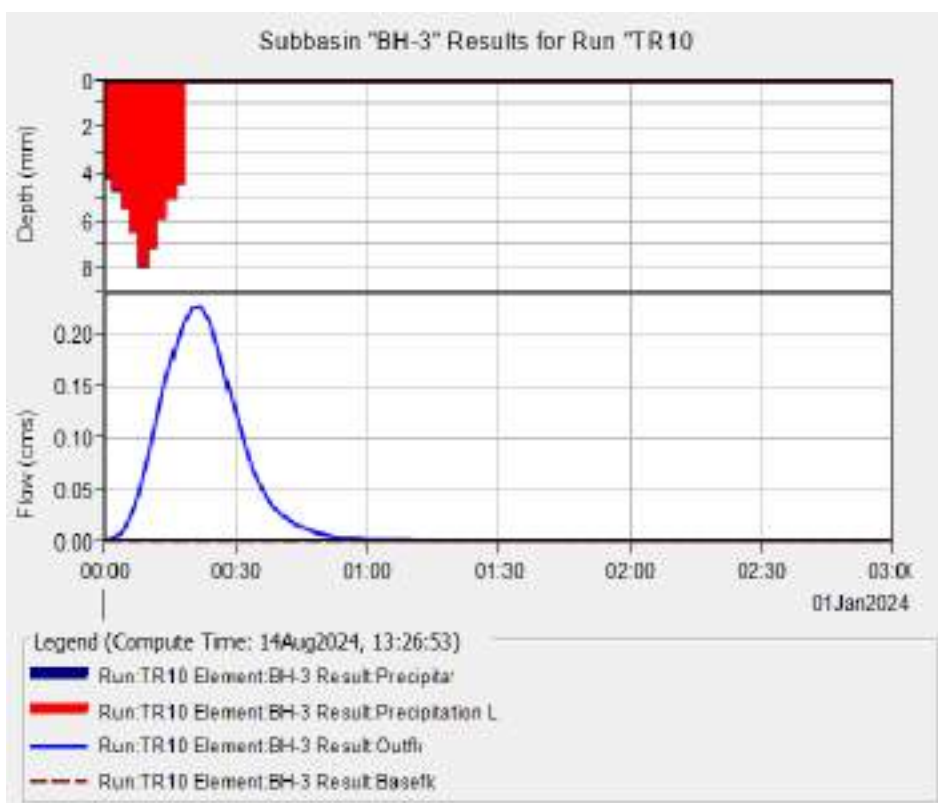


Figura 17 - Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 3 do Córrego do Patinho para o TR 10

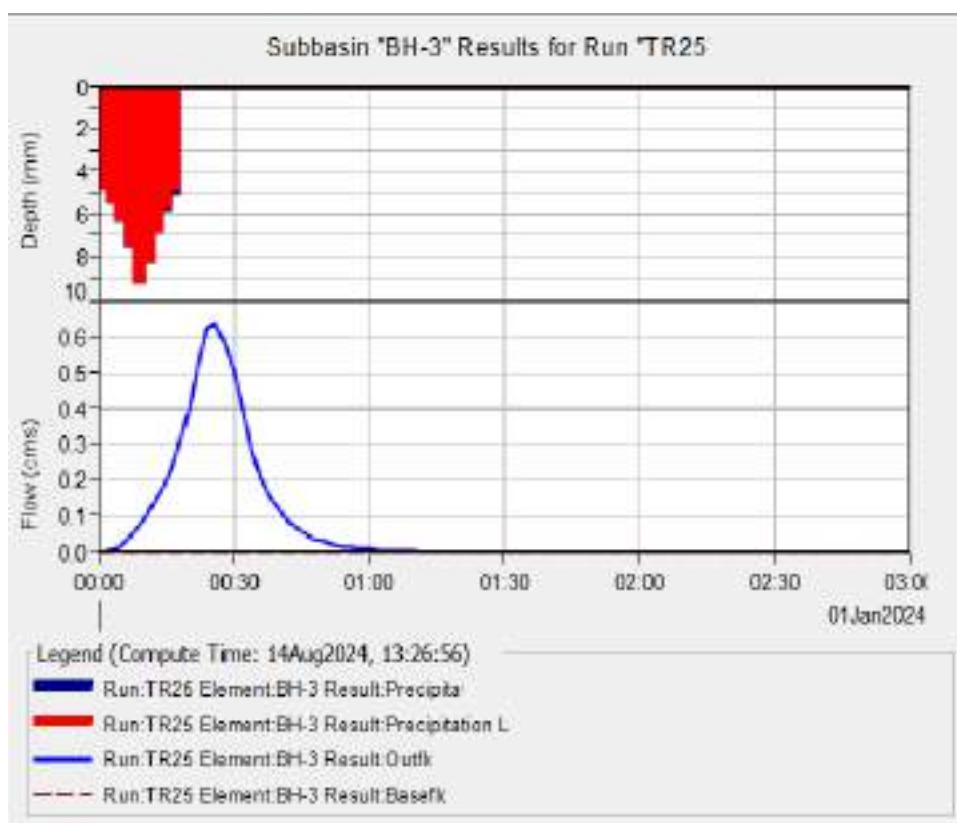


Figura 18 - Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 3 do Córrego do Patinho para o TR 25

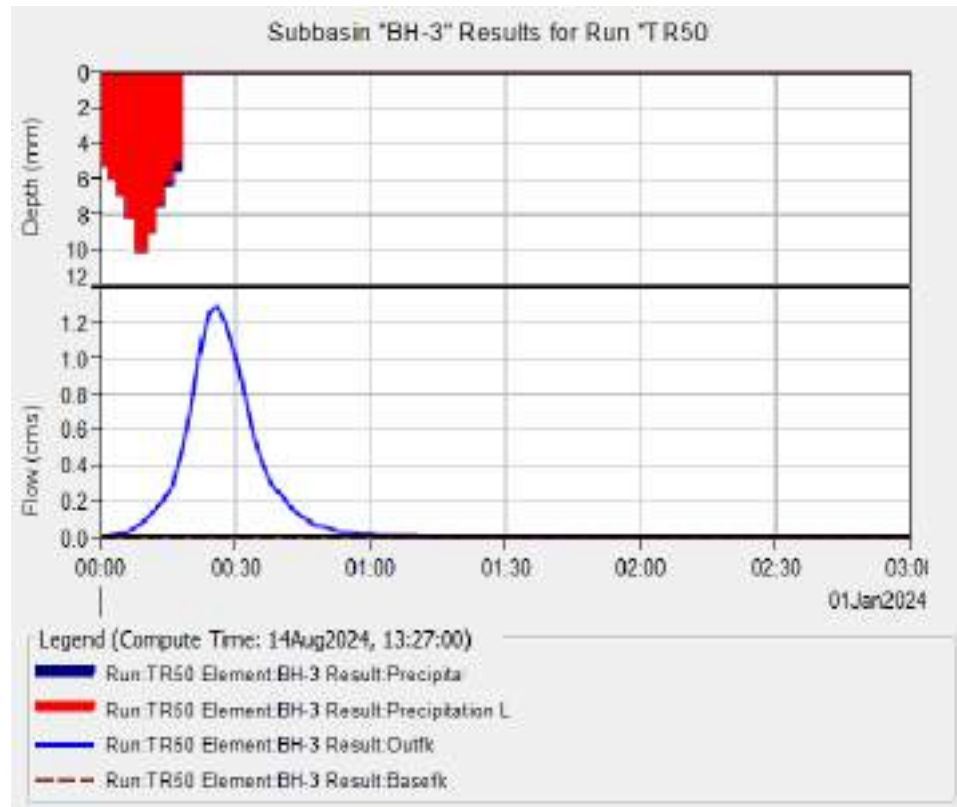


Figura 19 - Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 3 do Córrego do Patinho para o TR 50

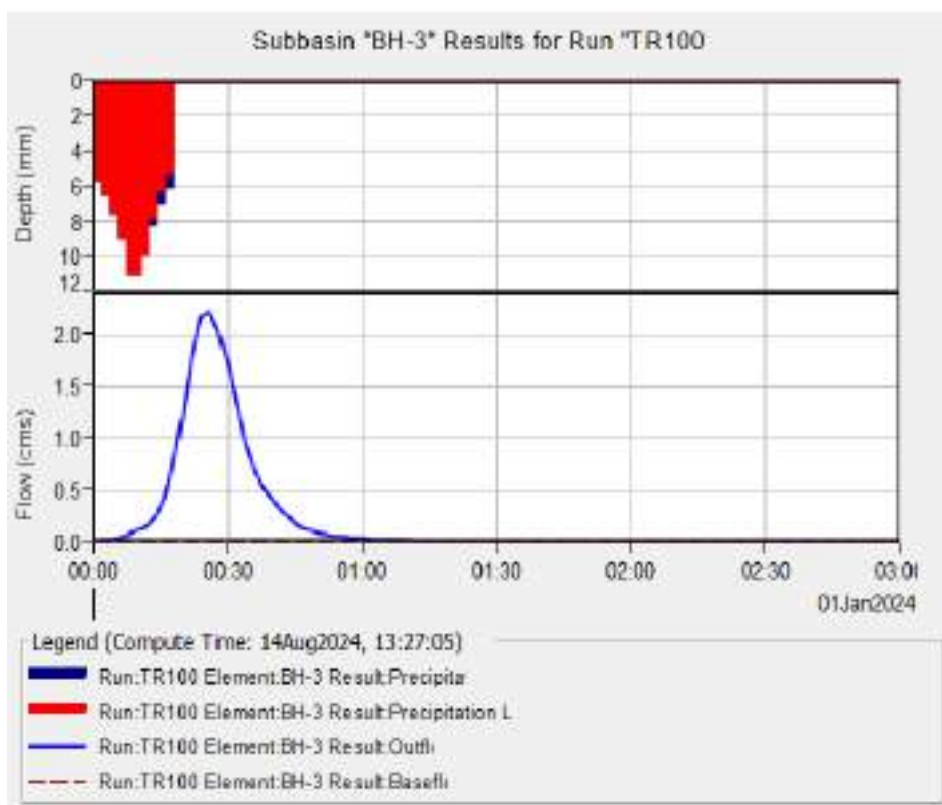


Figura 20 - Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 3 do Córrego do Patinho para o TR 100

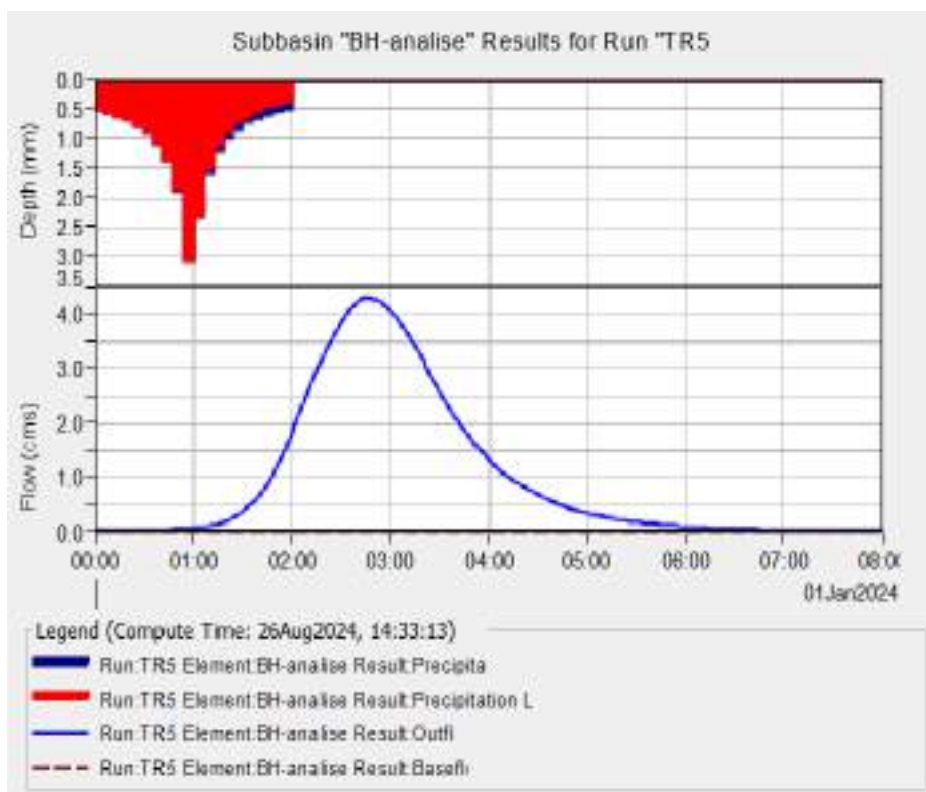


Figura 21 - Hidrograma de projeto da sub- bacia Área de Análise do Córrego do Patinho para o TR 5

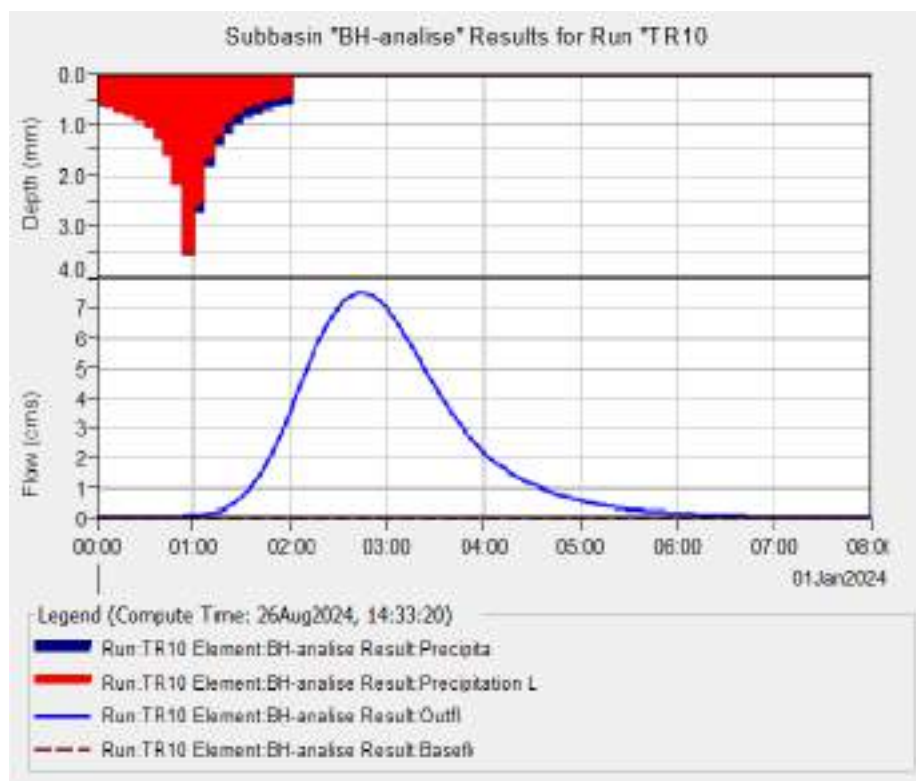


Figura 22 - Hidrograma de projeto da sub- bacia Área de Análise do Córrego do Patinho para o TR 10

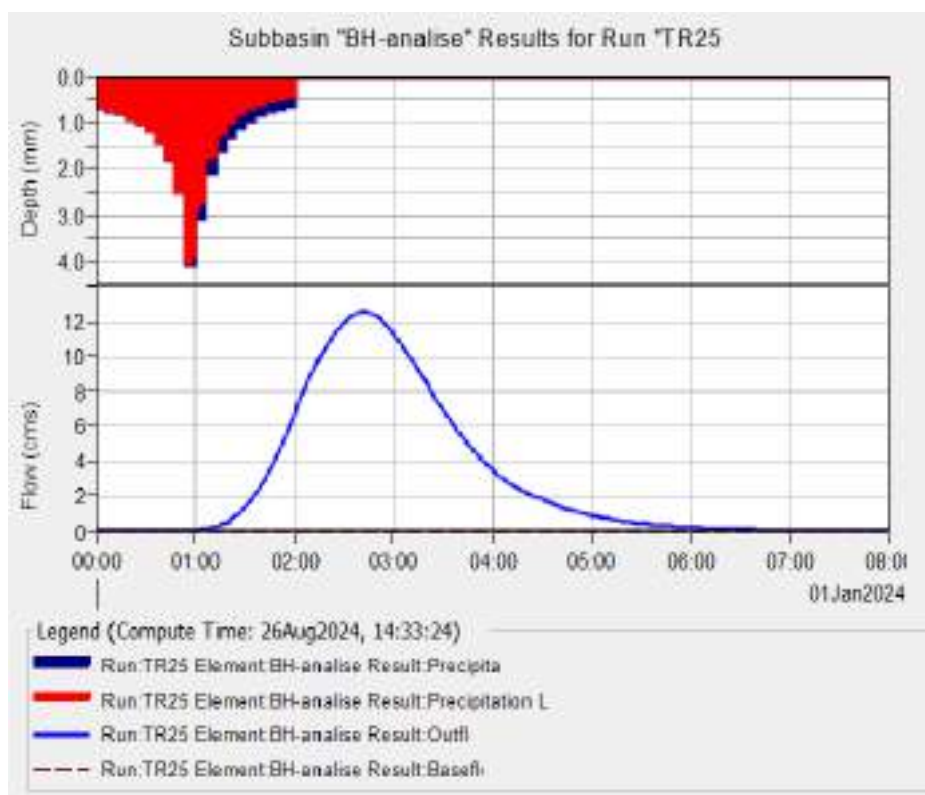


Figura 23 - Hidrograma de projeto da sub- bacia Área de Análise do Córrego do Patinho para o TR 25

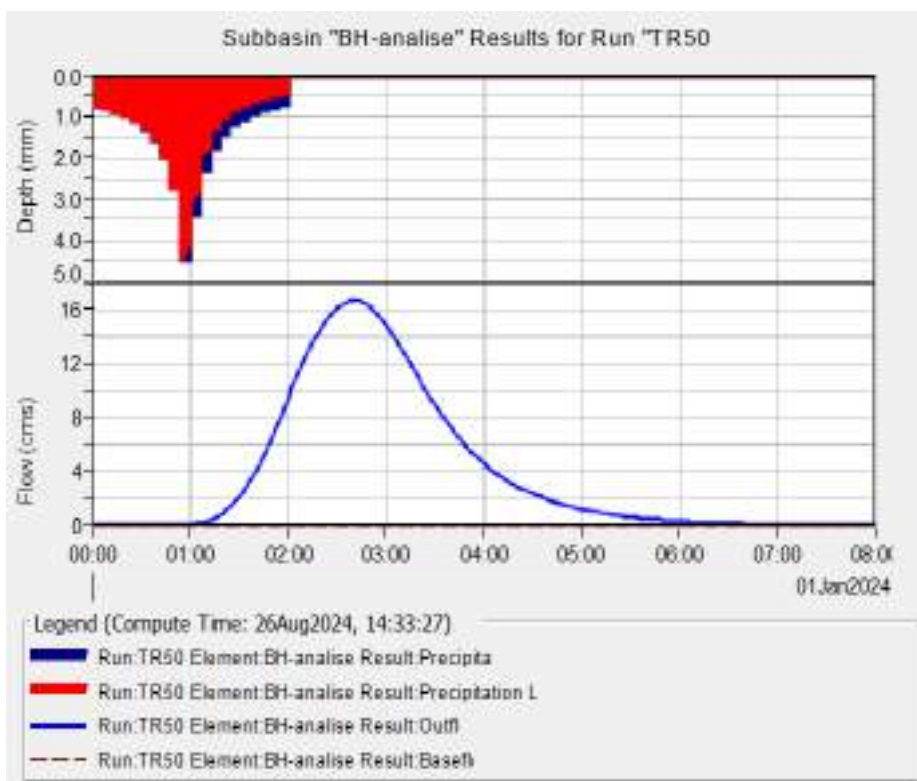


Figura 24 - Hidrograma de projeto da sub- bacia Área de Análise do Córrego do Patinho para o TR 50

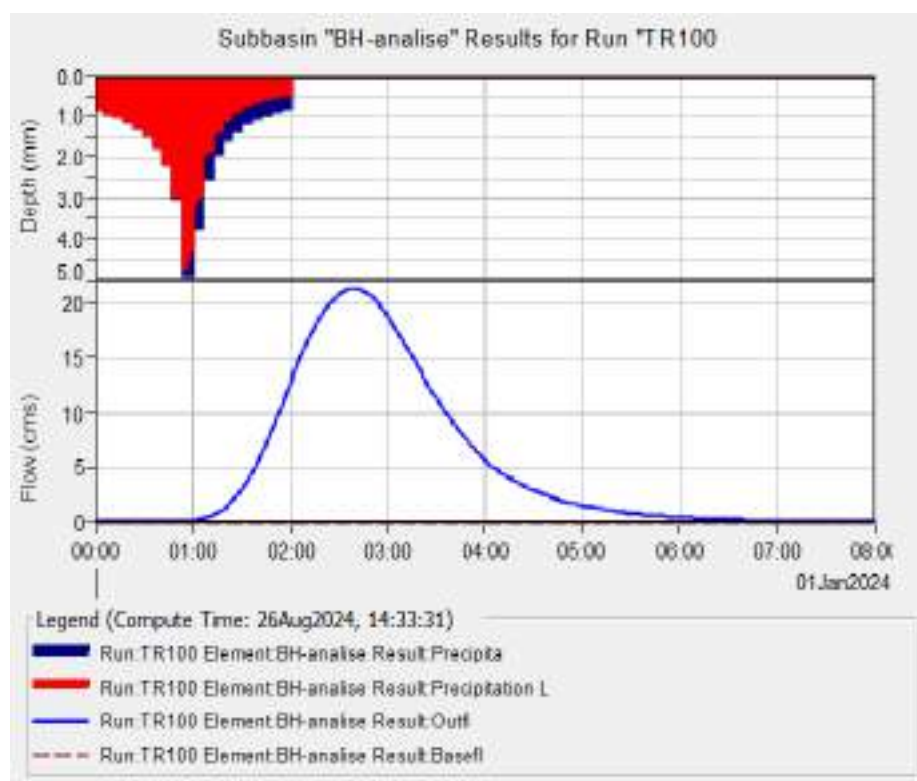


Figura 25 - Hidrograma de projeto da sub- bacia Área de Análise do Córrego do Patinho para o TR 100

APÊNDICE D HIDROGRAMAS DE CHUVA – REMONTA

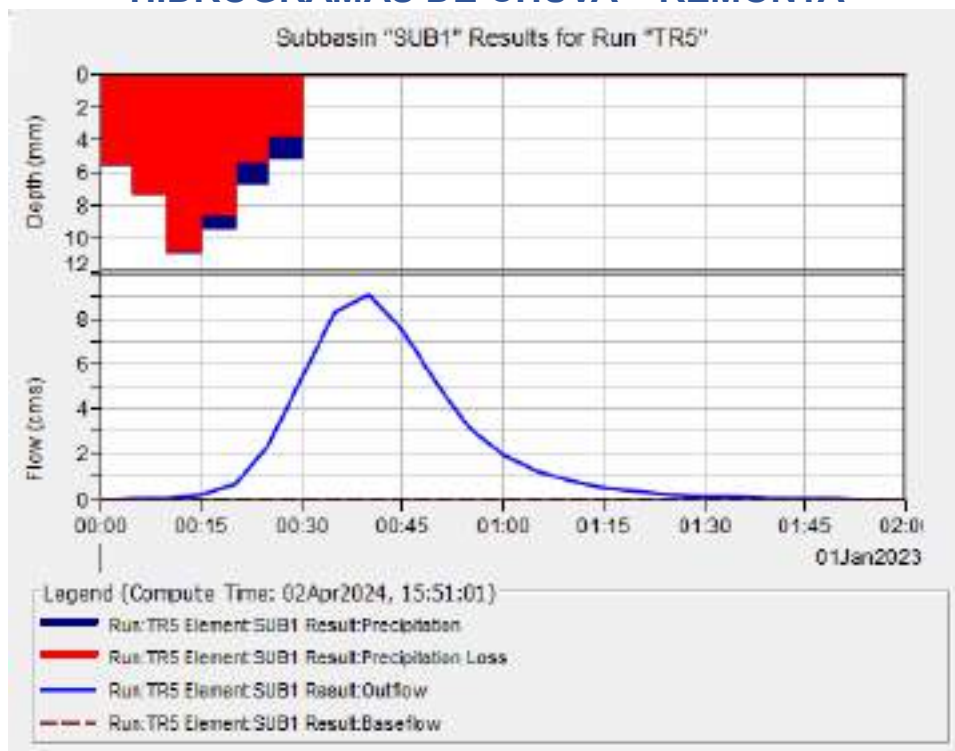


Figura 26 – Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 1 do Córrego da Remonta para o TR 5

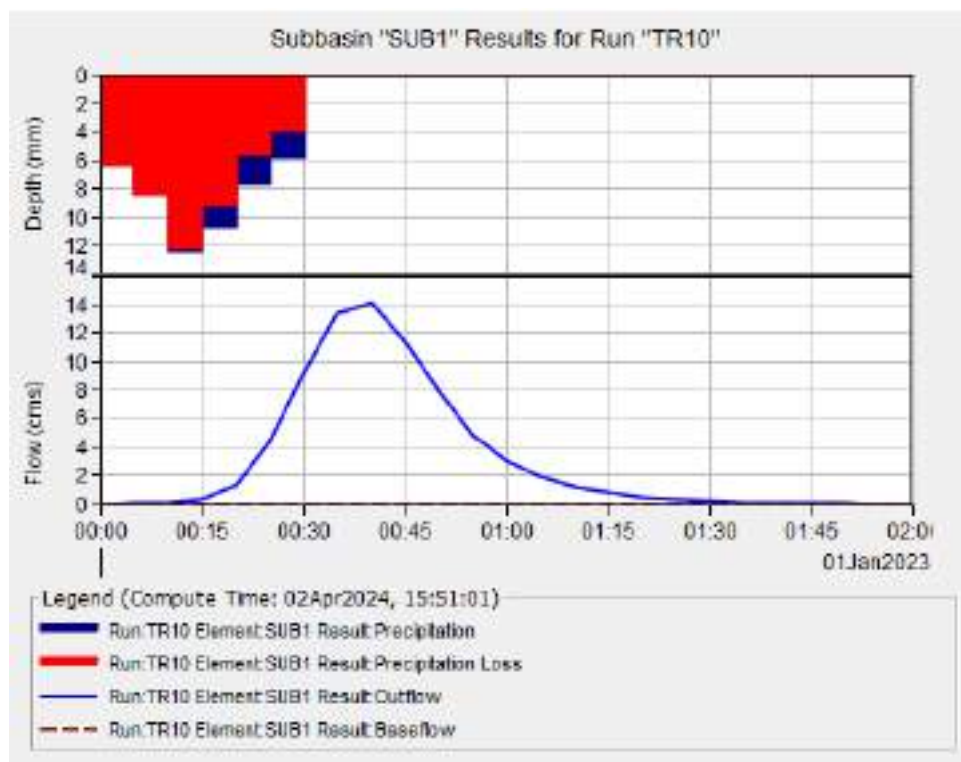


Figura 27 – Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 1 do Córrego da Remonta para o TR 10

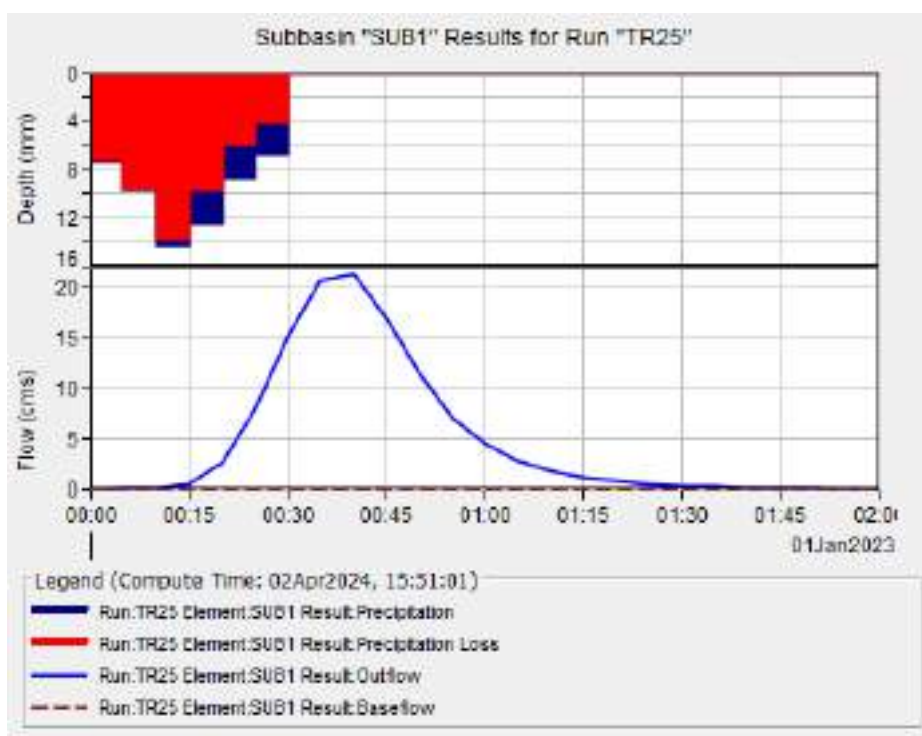


Figura 28 – Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 1 do Córrego da Remonta para o TR 25

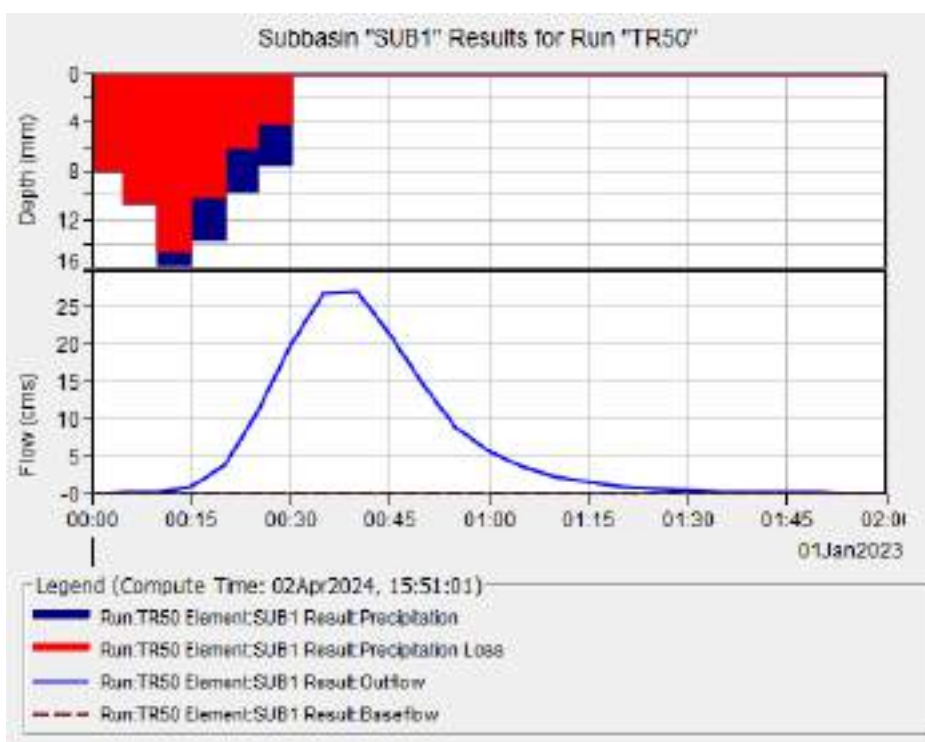


Figura 29 – Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 1 do Córrego da Remonta para o TR 50

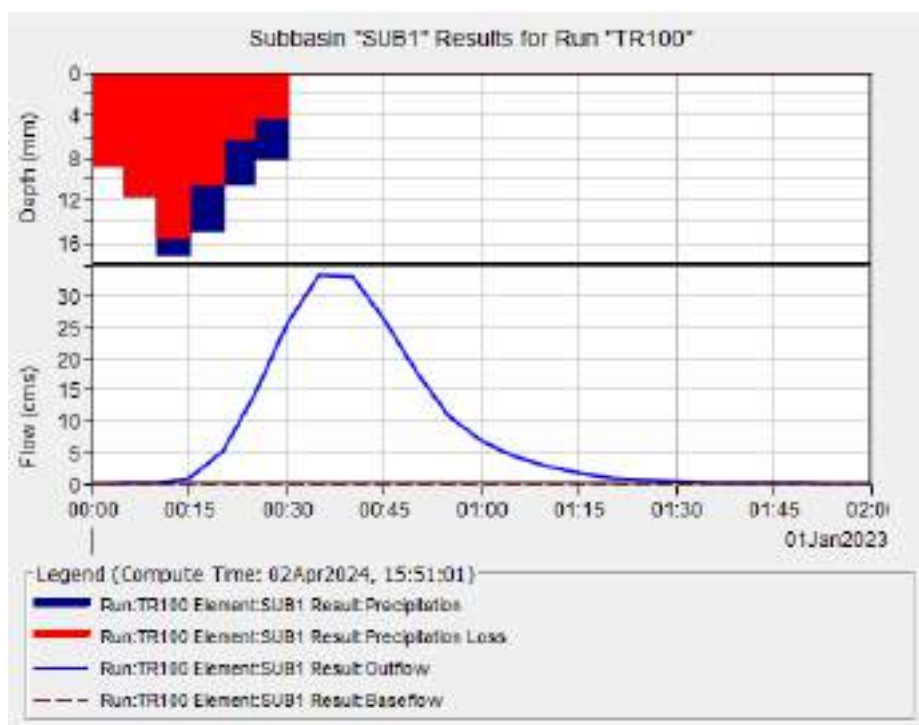


Figura 30 – Hidrograma de projeto da sub- bacia SUB 1 do Córrego da Remonta para o TR 100

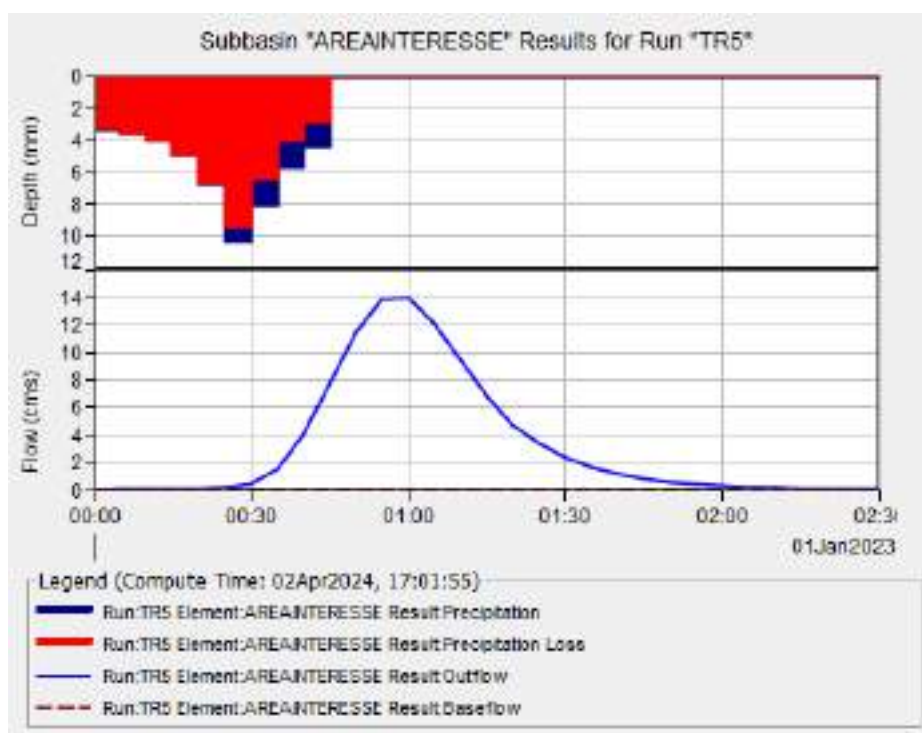


Figura 31 – Hidrograma de projeto da sub- bacia Área de Interesse do Córrego da Remonta para o TR 5

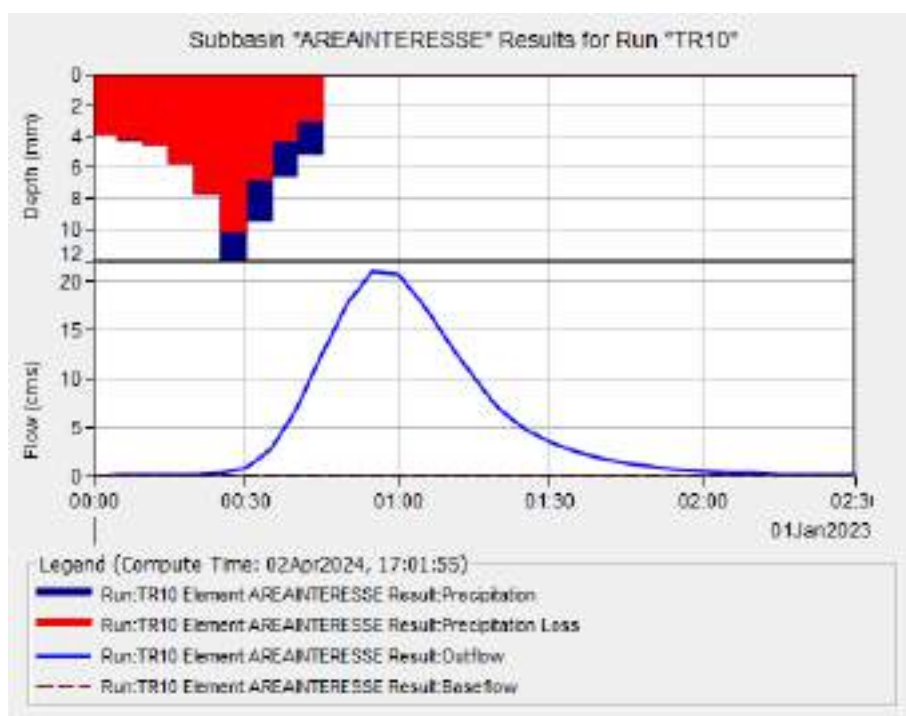


Figura 32 – Hidrograma de projeto da sub- bacia Área de Interesse do Córrego da Remonta para o TR 10

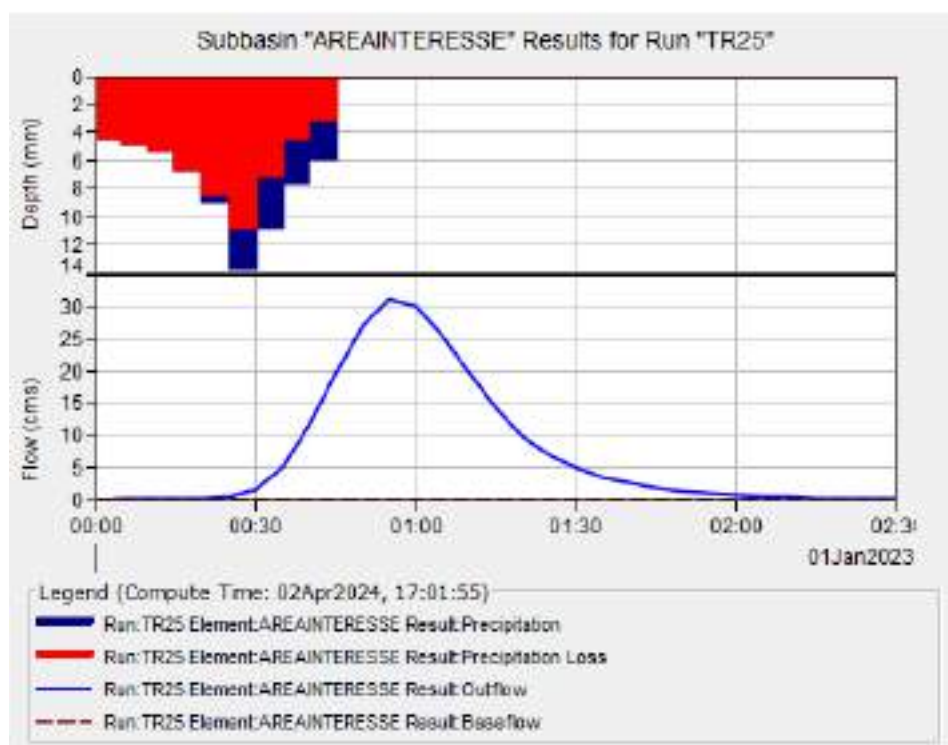


Figura 33 – Hidrograma de projeto da sub- bacia Área de Interesse do Córrego da Remonta para o TR 25

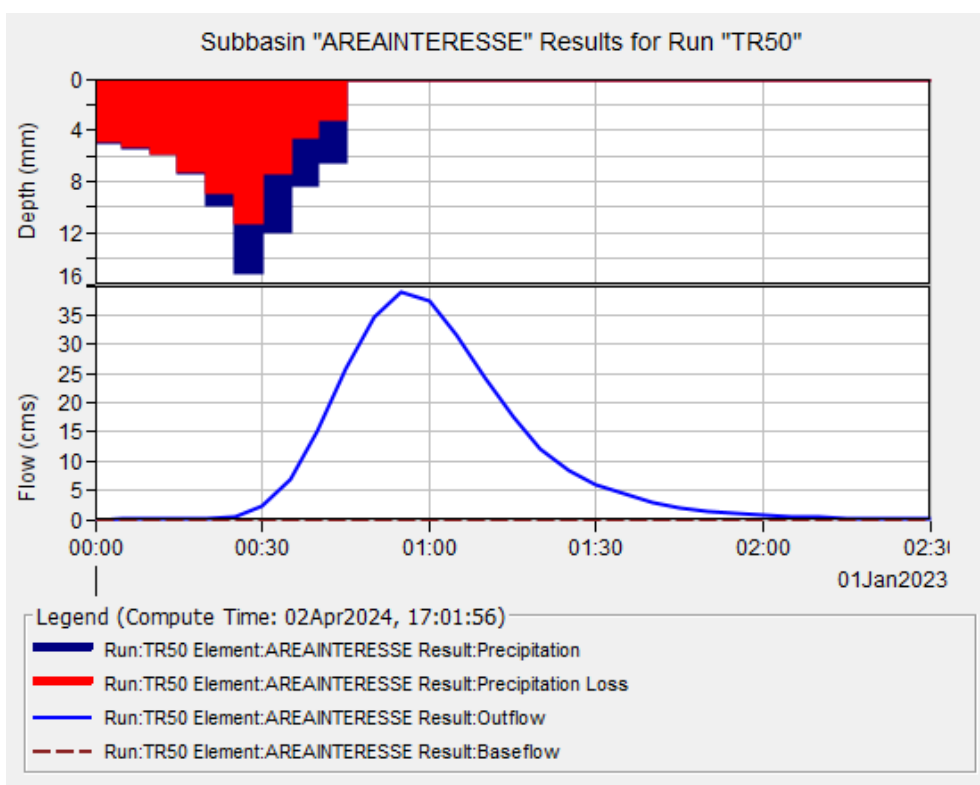


Figura 34 – Hidrograma de projeto da sub- bacia Área de Interesse do Córrego da Remonta para o TR 50

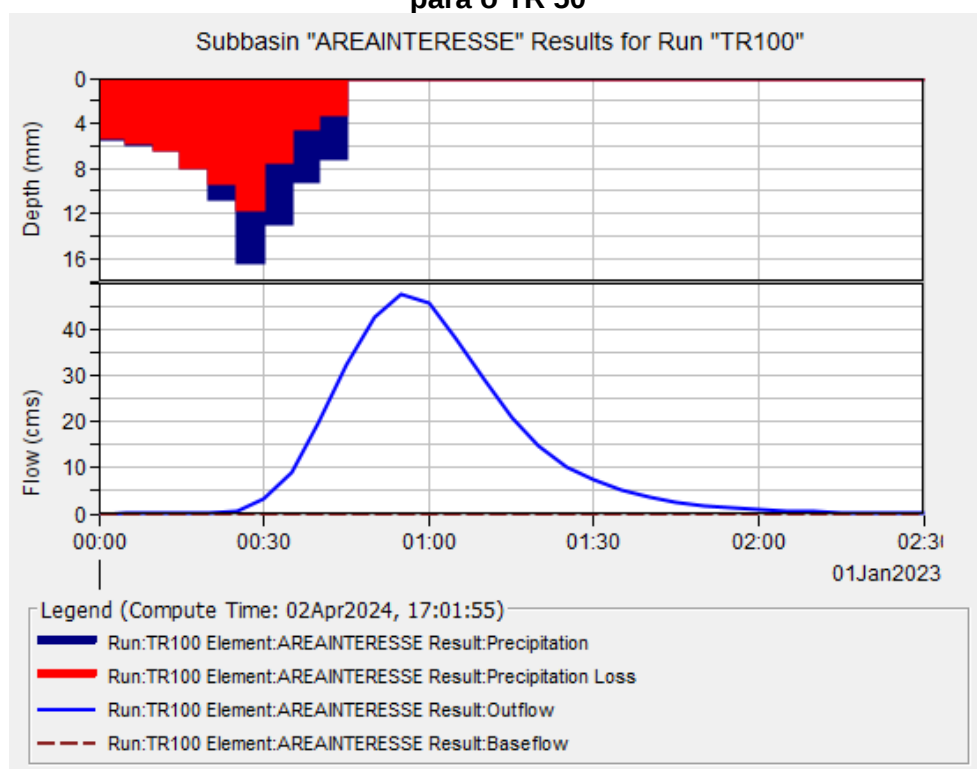


Figura 35 – Hidrograma de projeto da sub- bacia Área de Interesse do Córrego da Remonta para o TR 100

APÊNDICE E HIDROGRAMAS DE CHUVA – SÃO JUDAS TADEU

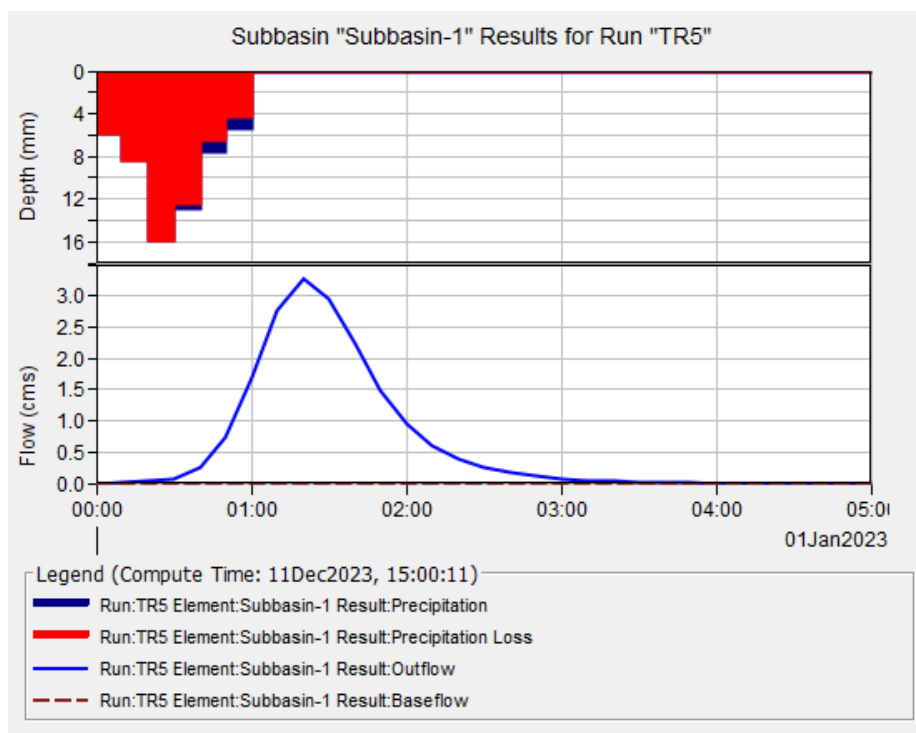


Figura 36 – Hidrograma de projeto da bacia do Córrego São Judas Tadeu para o TR 5

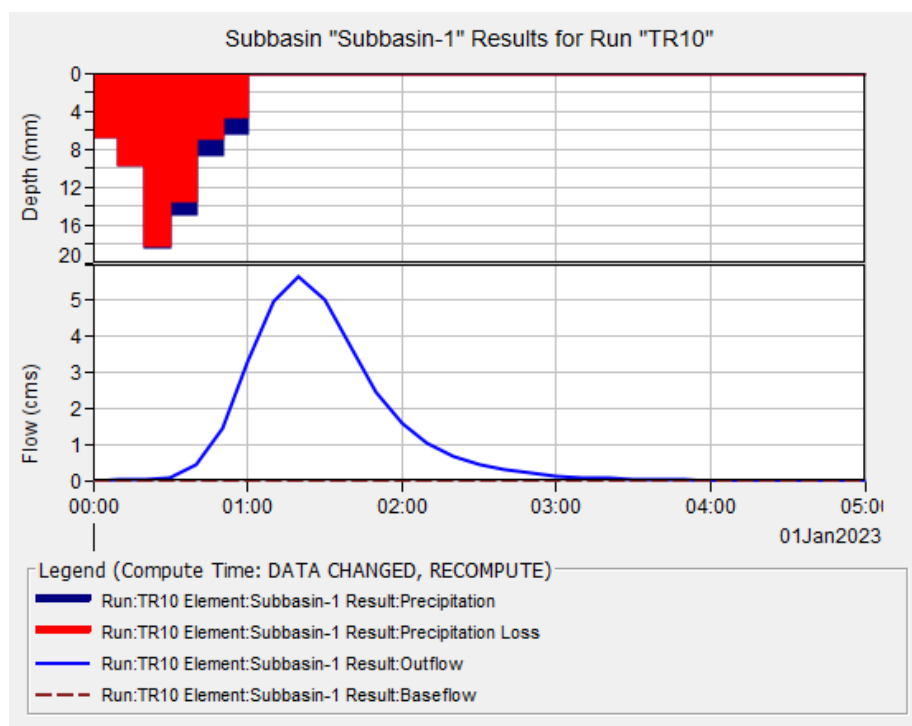


Figura 37 – Hidrograma de projeto da bacia do Córrego São Judas Tadeu para o TR 10

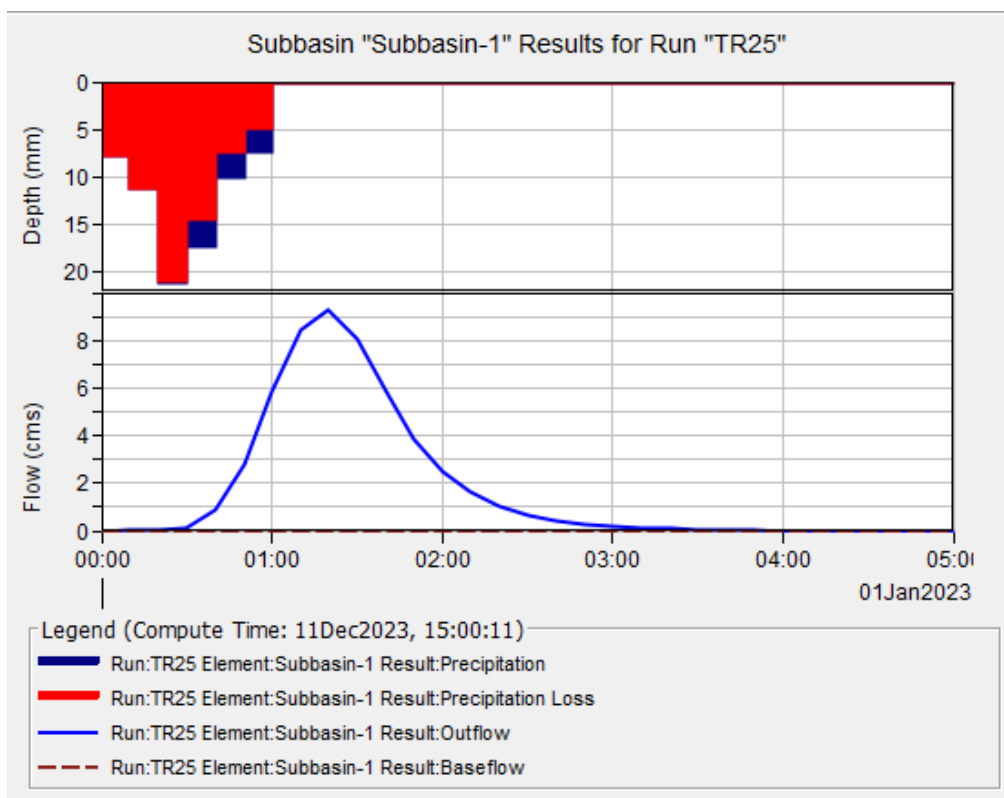


Figura 38 – Hidrograma de projeto da bacia do Córrego São Judas Tadeu para o TR 25

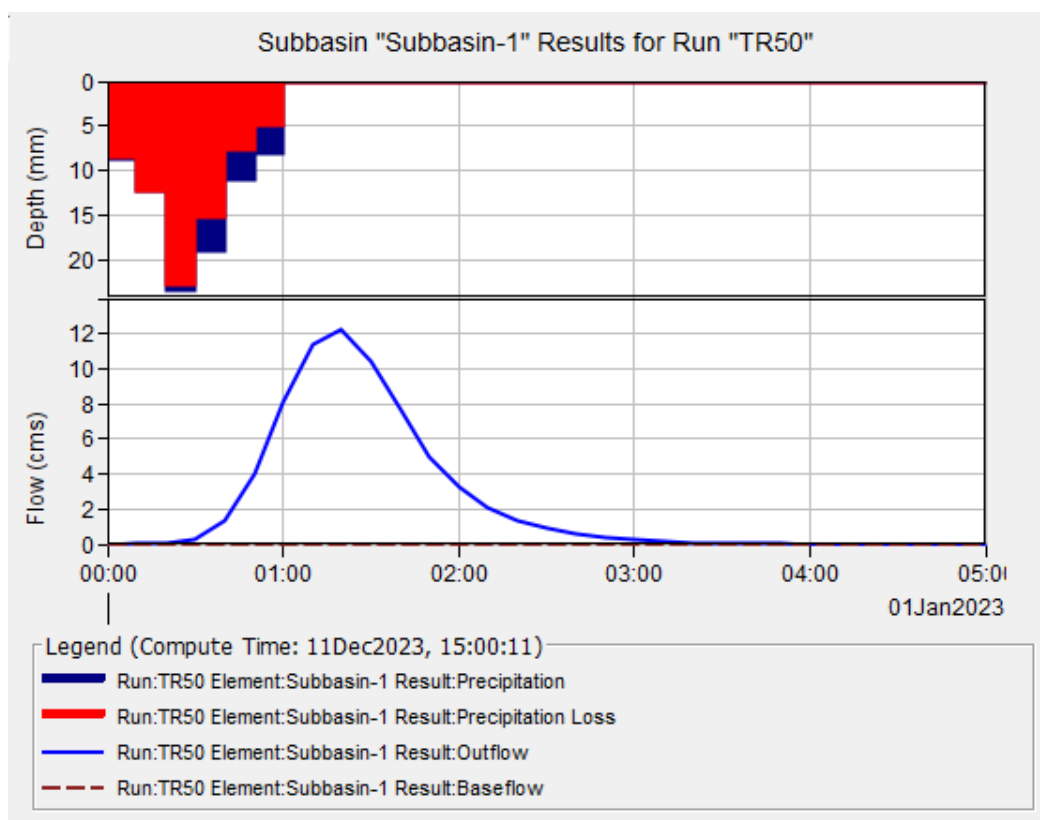


Figura 39 – Hidrograma de projeto da bacia do Córrego São Judas Tadeu para o TR 50

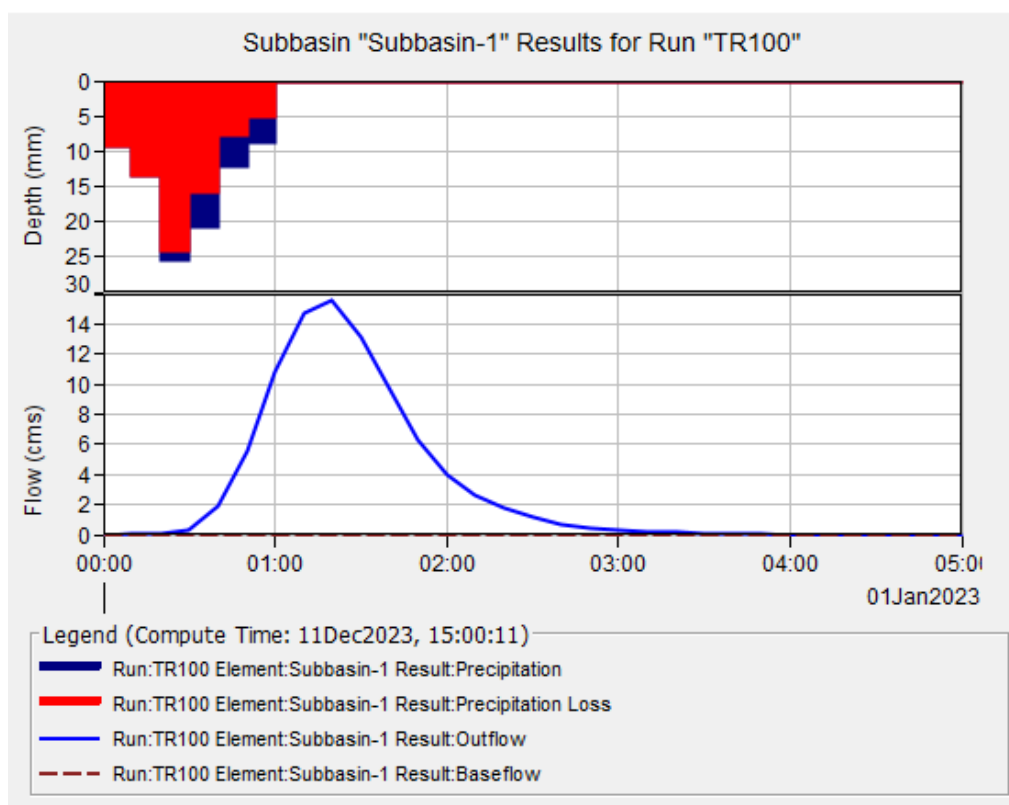


Figura 40 – Hidrograma de projeto da bacia do Córrego São Judas Tadeu para o TR 100

APÊNDICE F HIDROGRAMAS DE CHUVA – RIBEIRÃO DAS MORTES

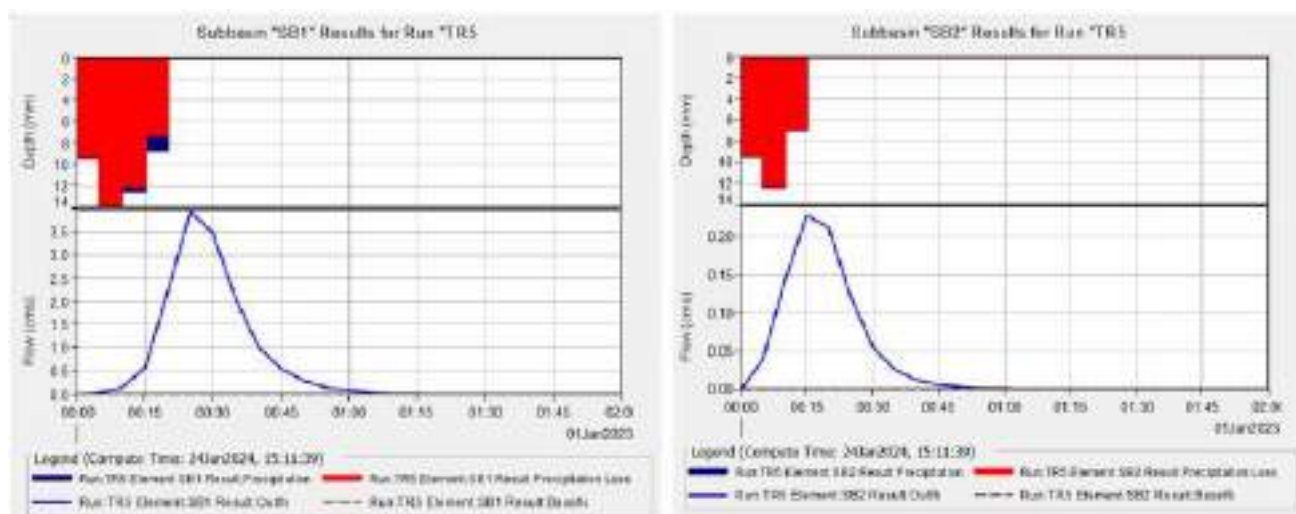


Figura 41 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Ribeirão das Mortes para TR 5

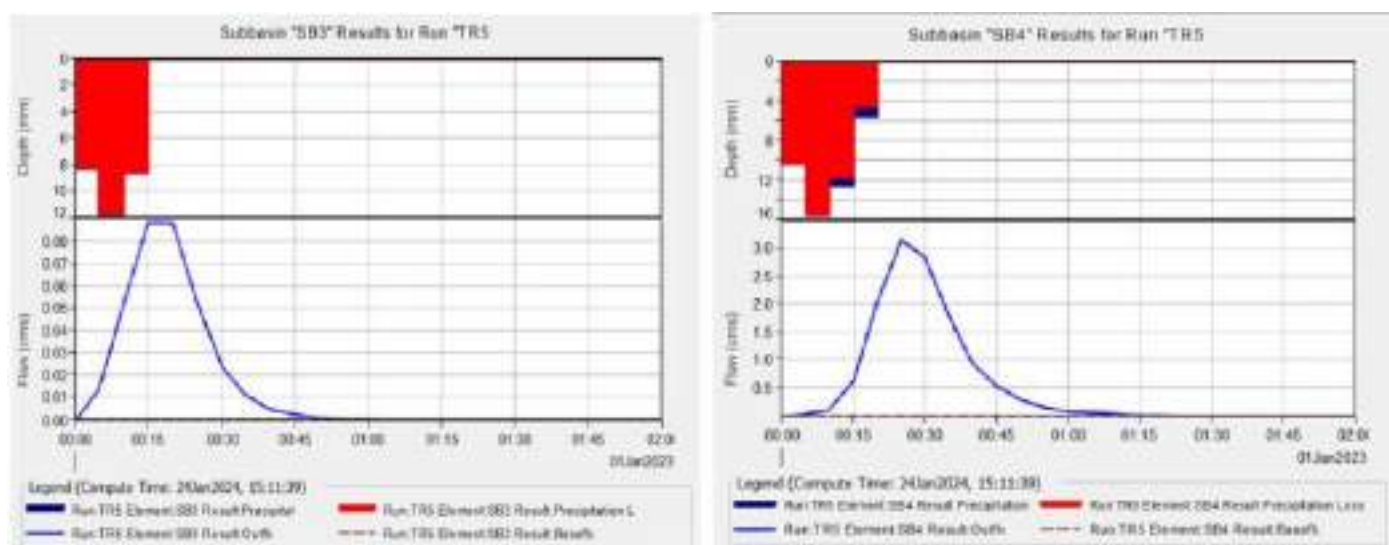


Figura 42 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Ribeirão das Mortes para TR 5

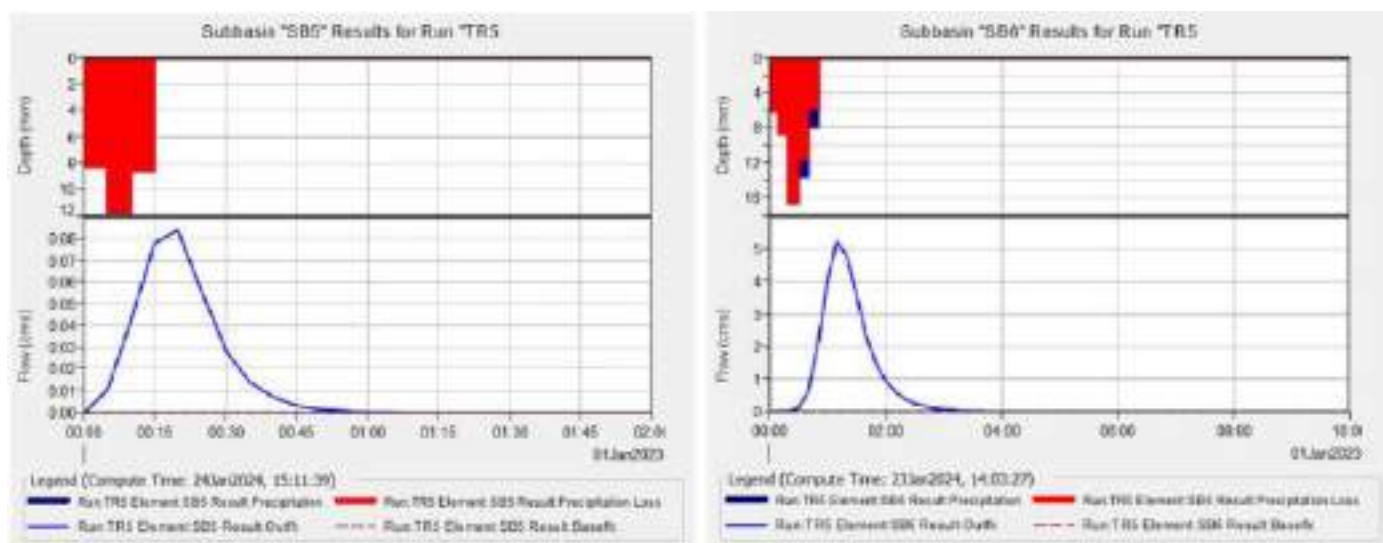


Figura 43 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Ribeirão das Mortes para TR 5

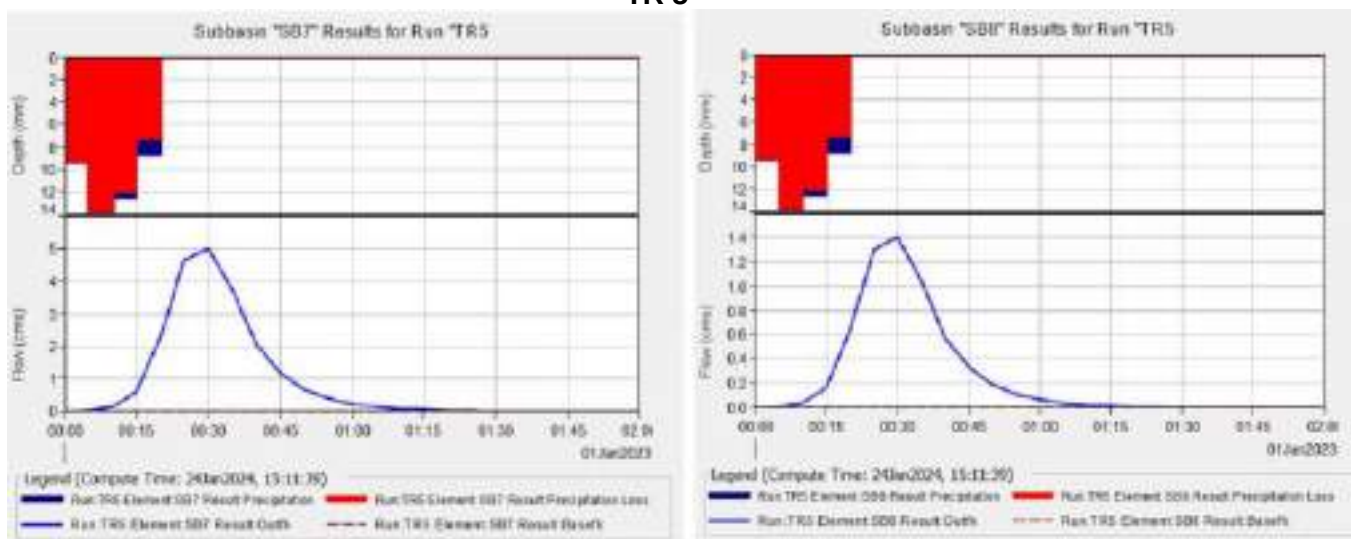


Figura 44 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB7 e SUB8 do Ribeirão das Mortes para TR 5

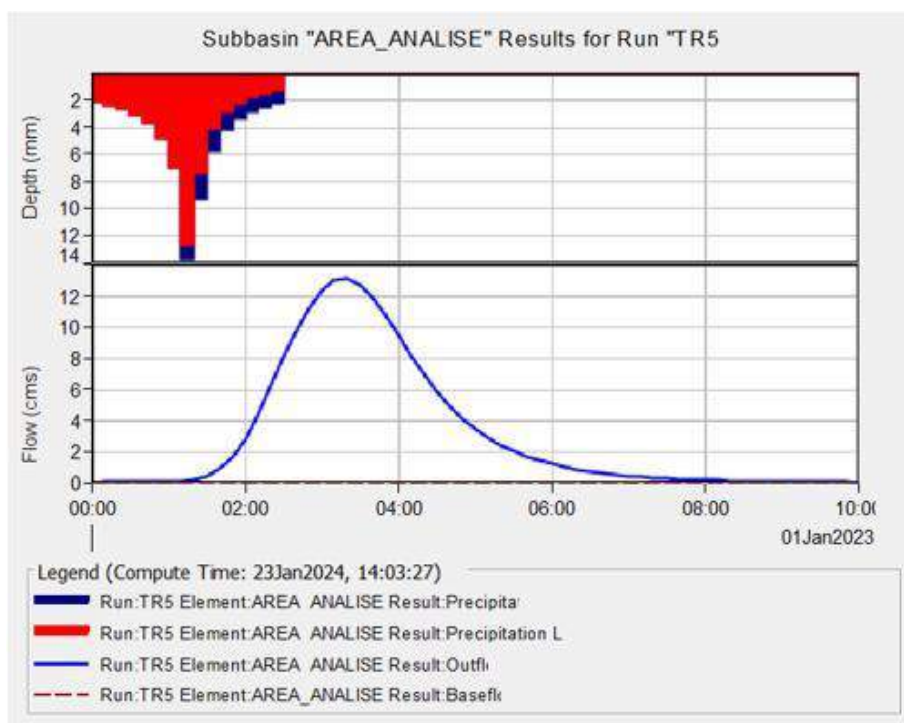


Figura 45 – Hidrograma de projeto para área de interesse do Ribeirão das Mortes para TR 5

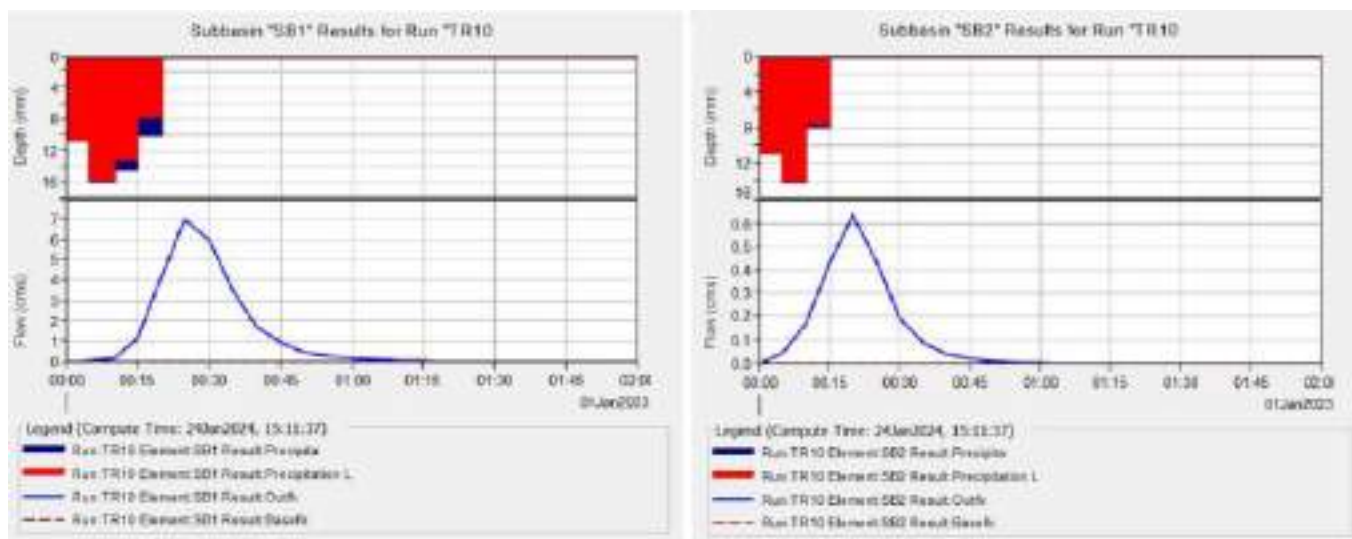


Figura 46 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Ribeirão das Mortes para TR 10

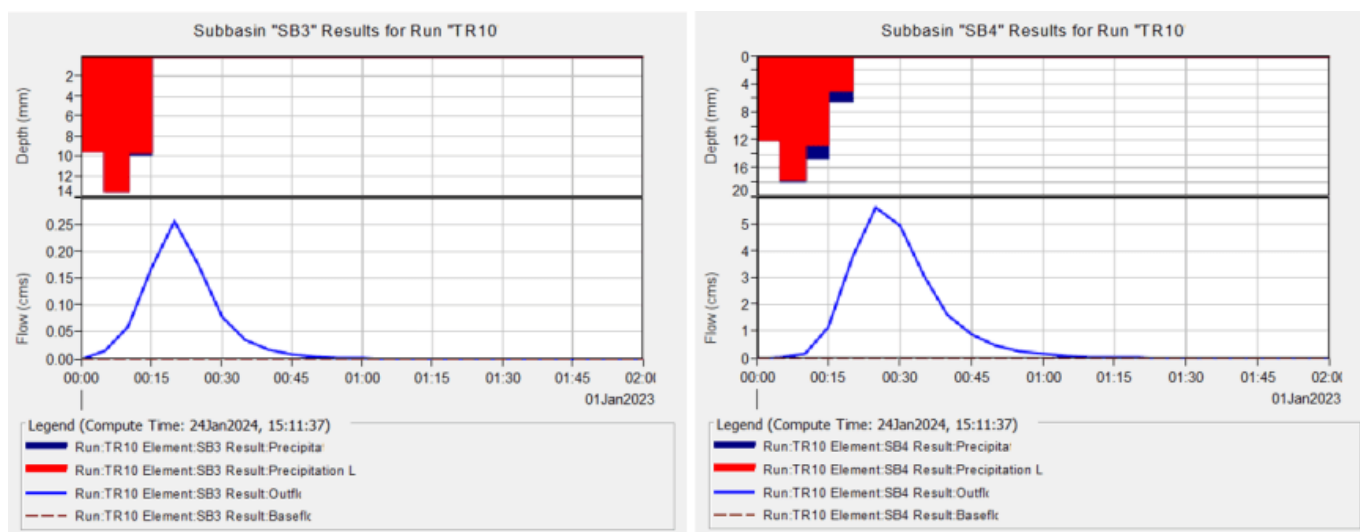


Figura 47 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Ribeirão das Mortes para TR 10

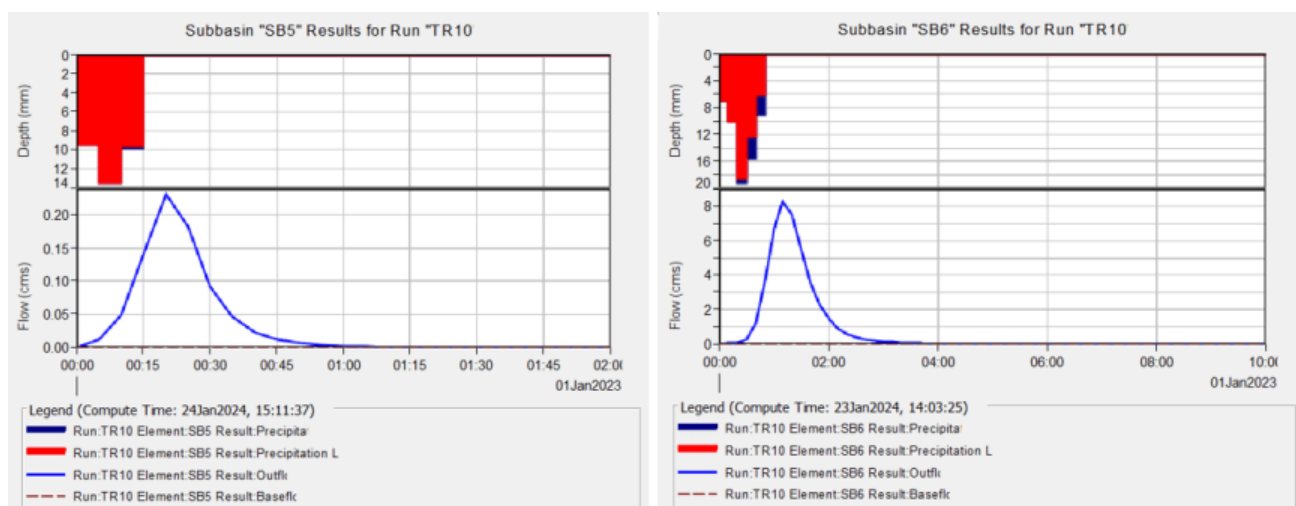


Figura 48 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Ribeirão das Mortes para TR 10

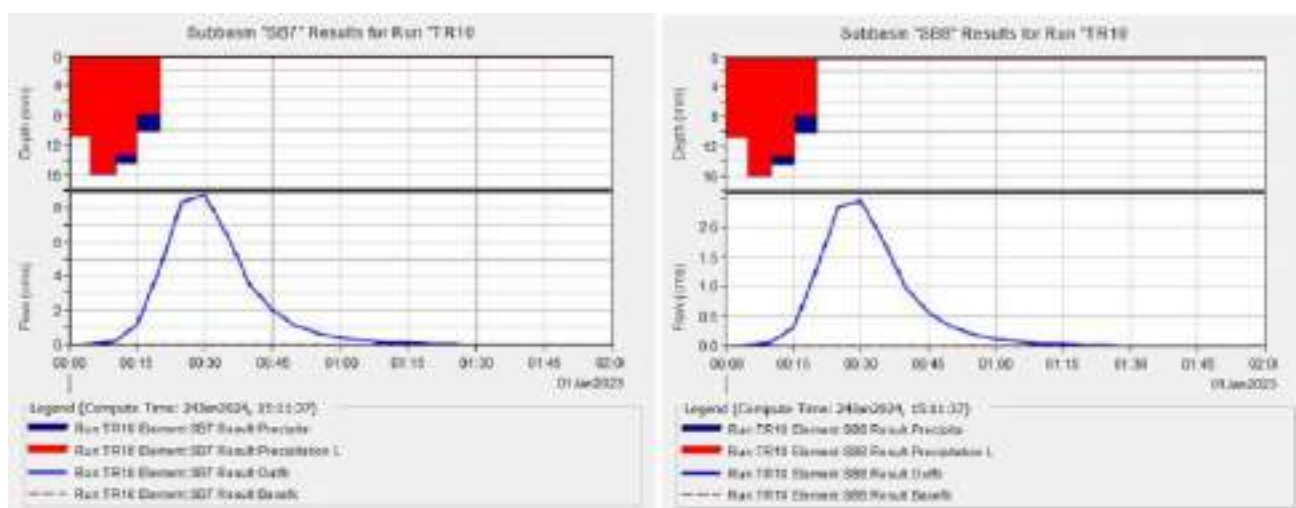


Figura 49 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB7 e SUB8 do Ribeirão das Mortes para TR 10

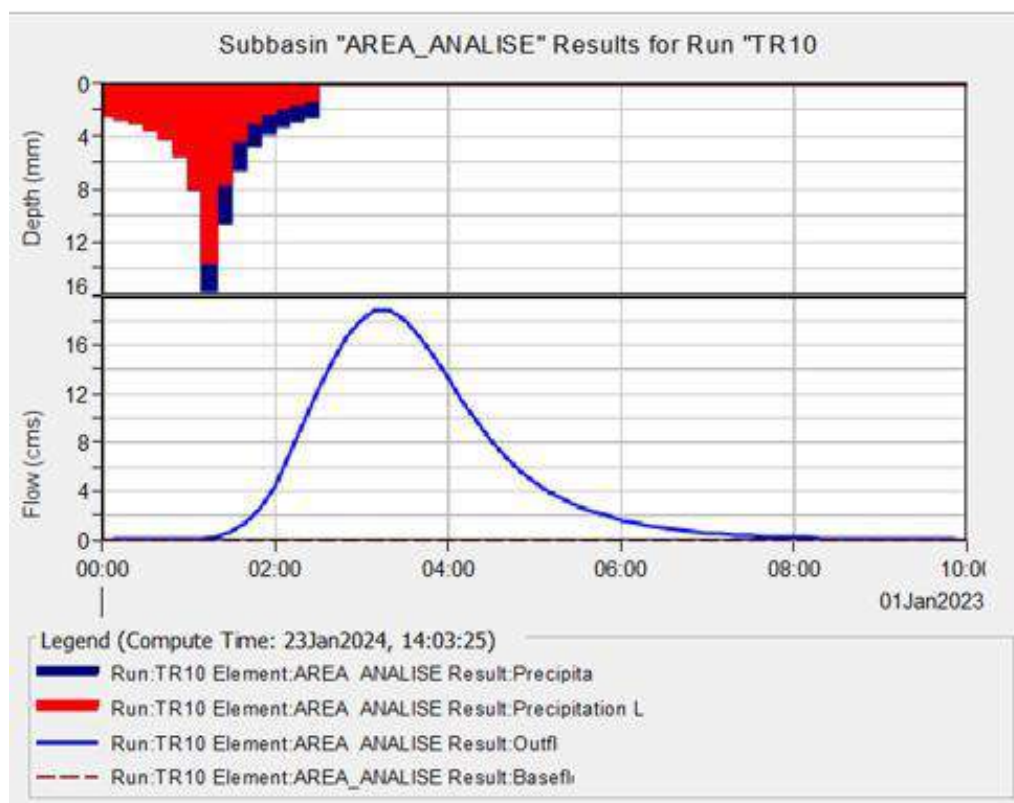


Figura 50 – Hidrograma de projeto para área de interesse do Ribeirão das Mortes para TR 10

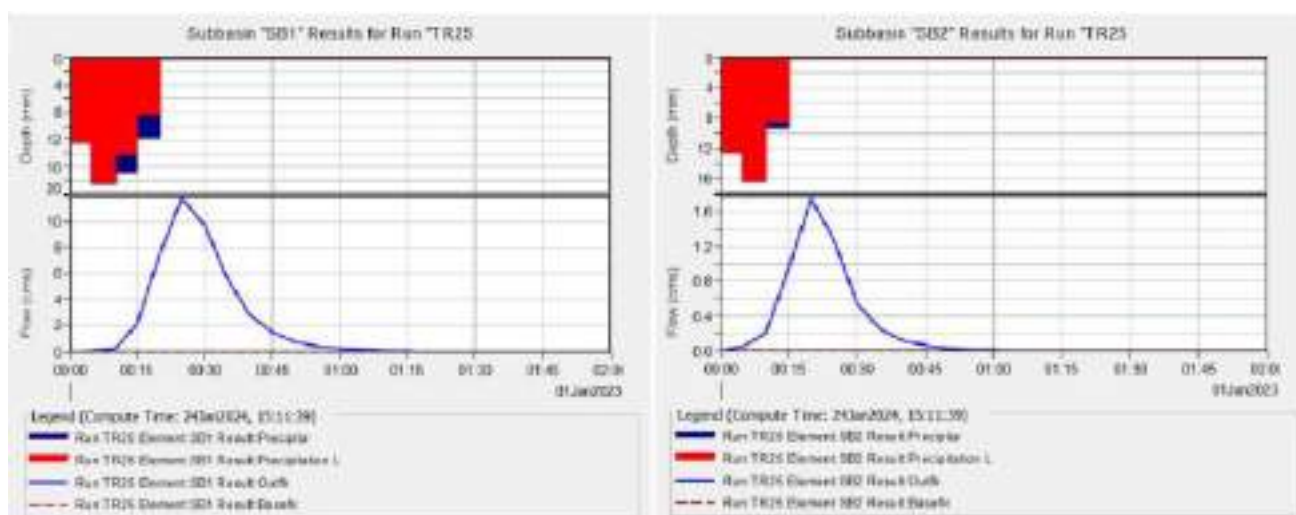


Figura 51 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Ribeirão das Mortes para TR 25

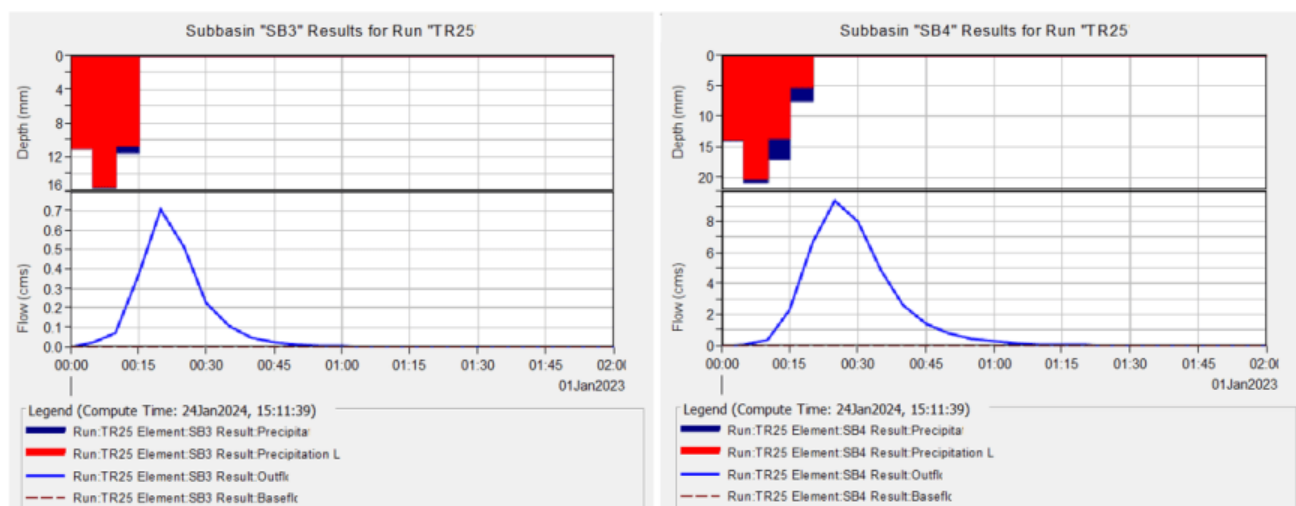


Figura 52 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Ribeirão das Mortes para TR 25

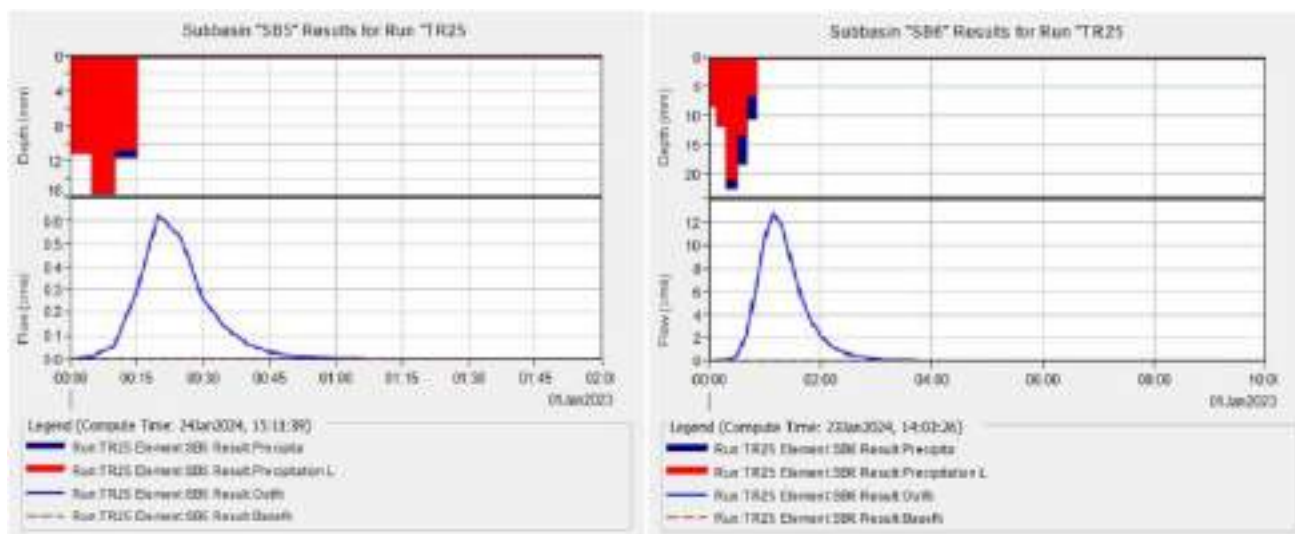


Figura 53 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Ribeirão das Mortes para TR 25

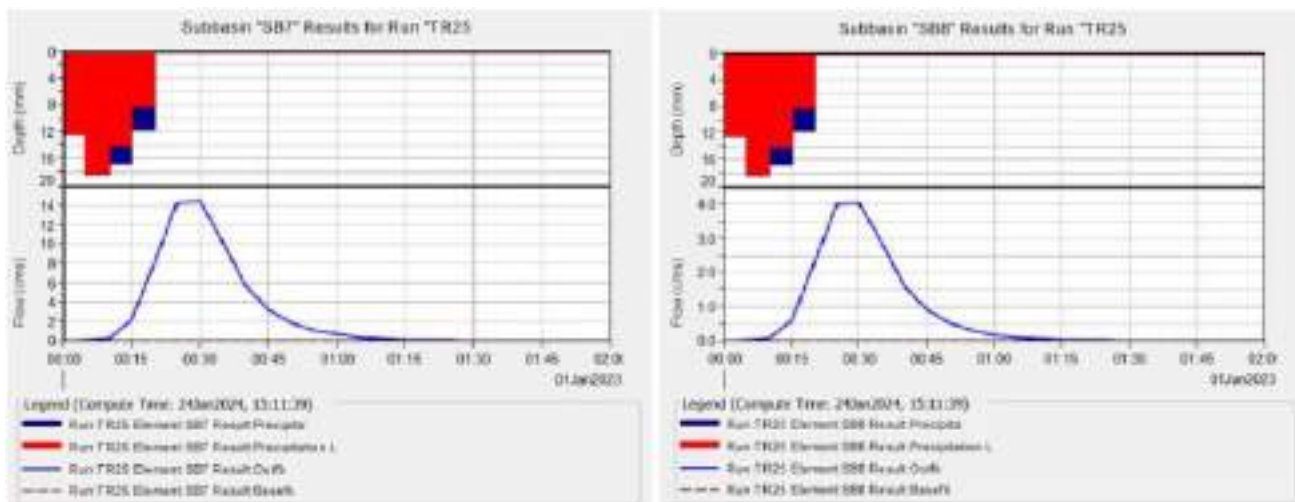


Figura 54 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB7 e SUB8 do Ribeirão das Mortes para TR 25

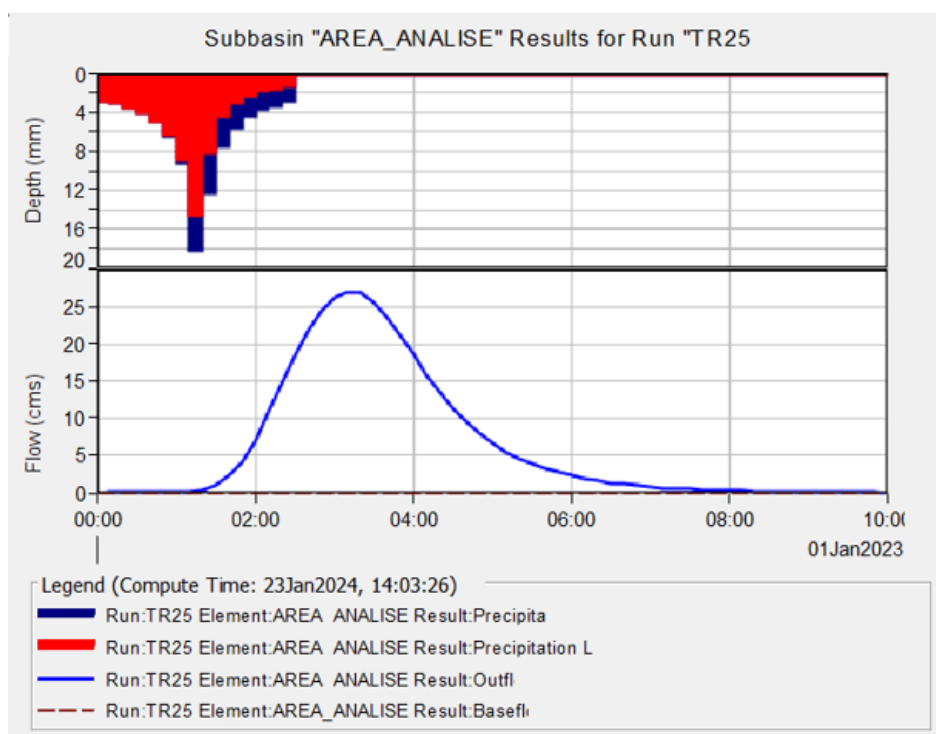


Figura 55 – Hidrograma de projeto para área de interesse do Ribeirão das Mortes para TR 25

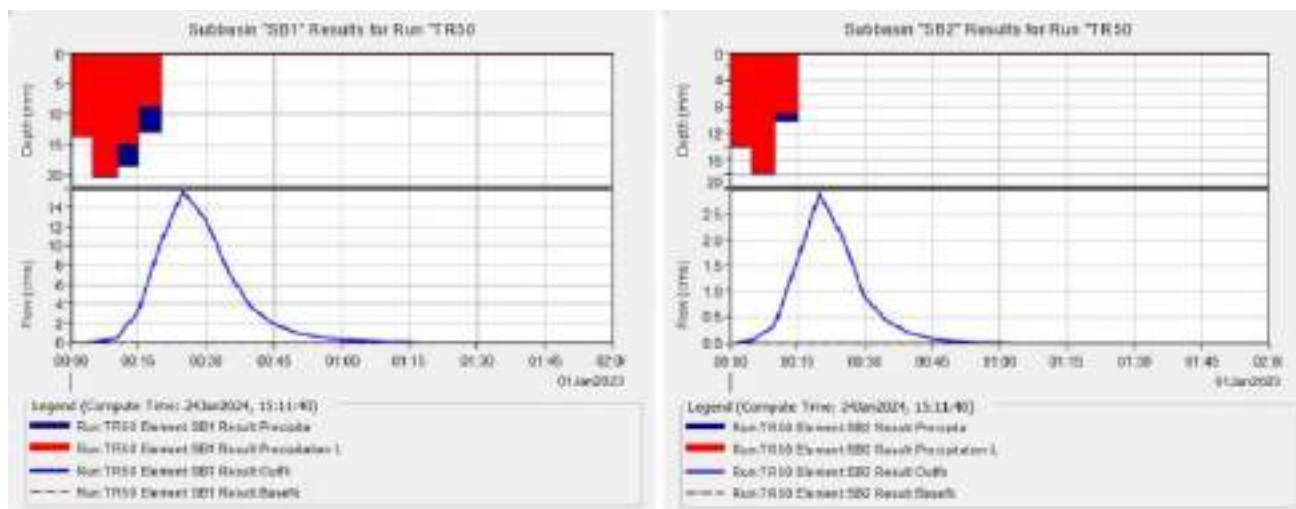


Figura 56 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Ribeirão das Mortes para TR 50

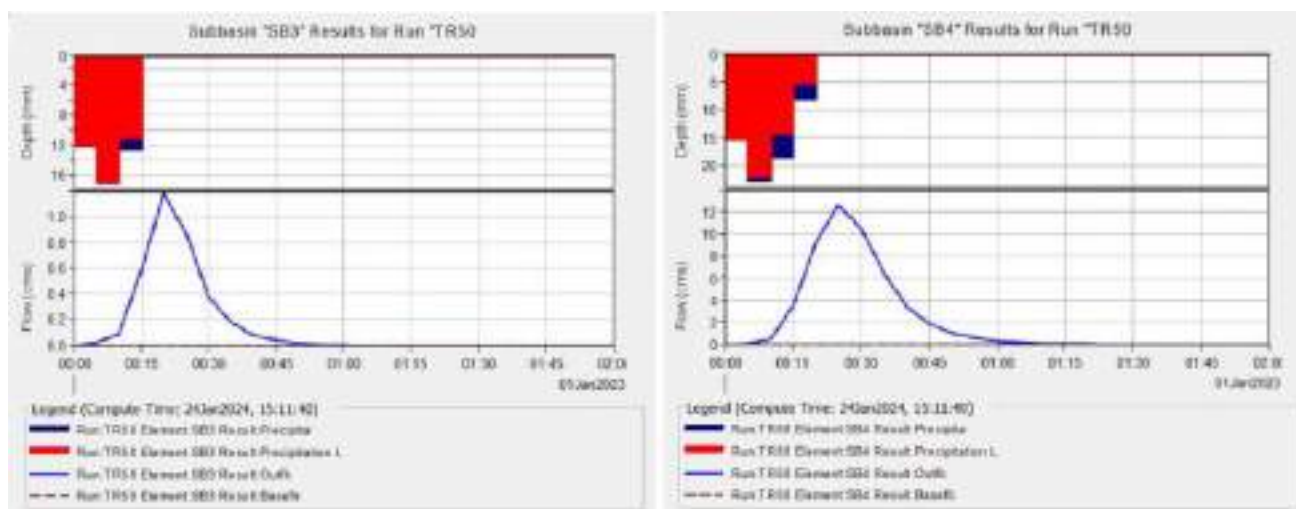


Figura 57 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Ribeirão das Mortes para TR 50

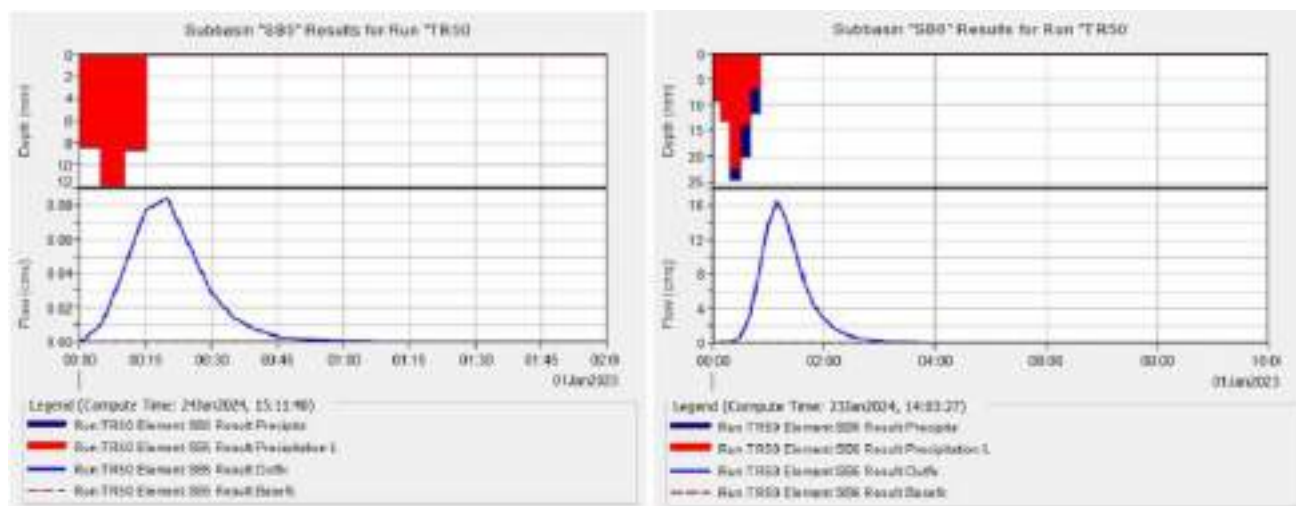


Figura 58 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Ribeirão das Mortes para TR 50

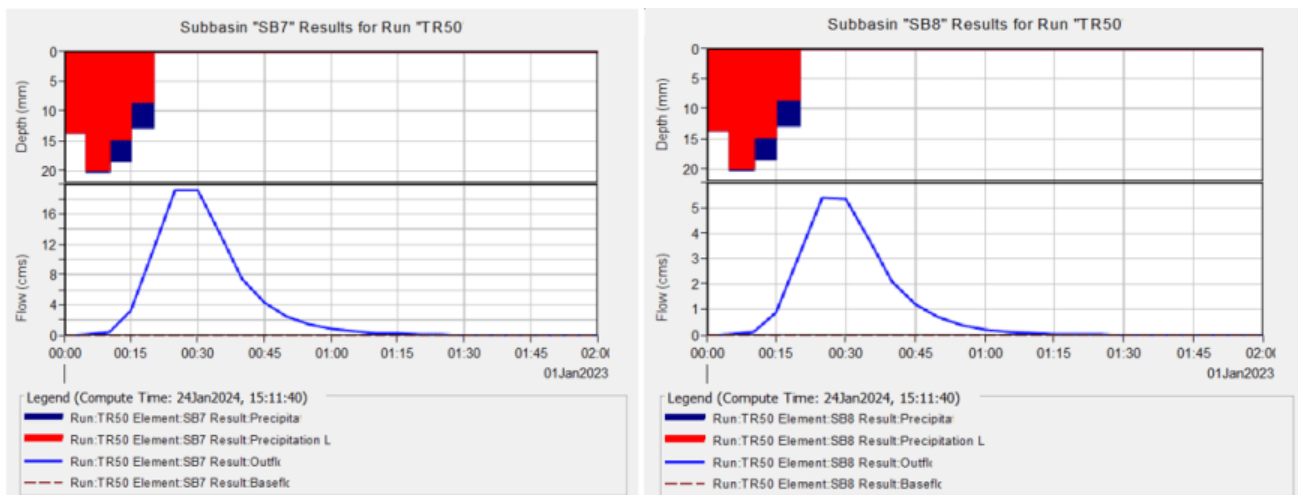


Figura 59 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB7 e SUB8 do Ribeirão das Mortes para TR 50

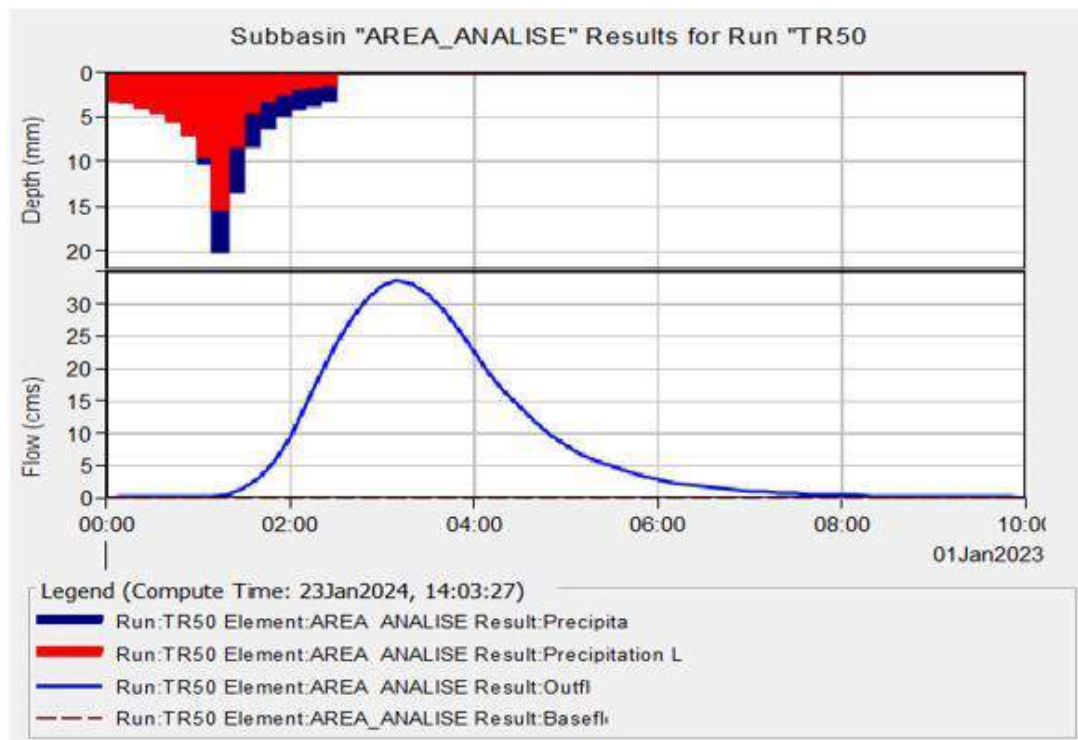


Figura 60 – Hidrograma de projeto para área de interesse do Ribeirão das Mortes para TR 50

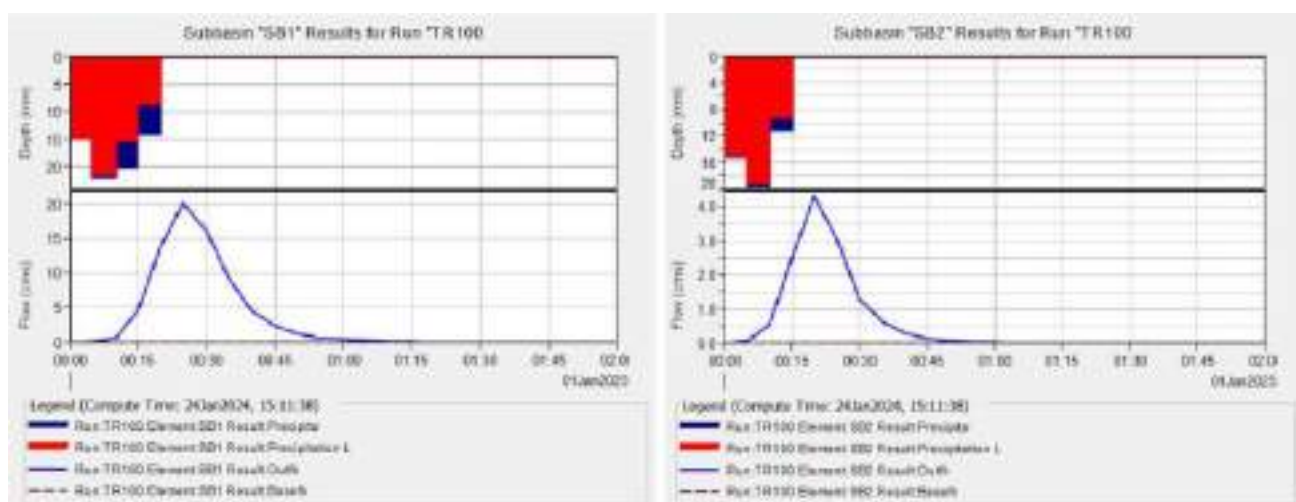


Figura 61 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Ribeirão das Mortes para TR 100

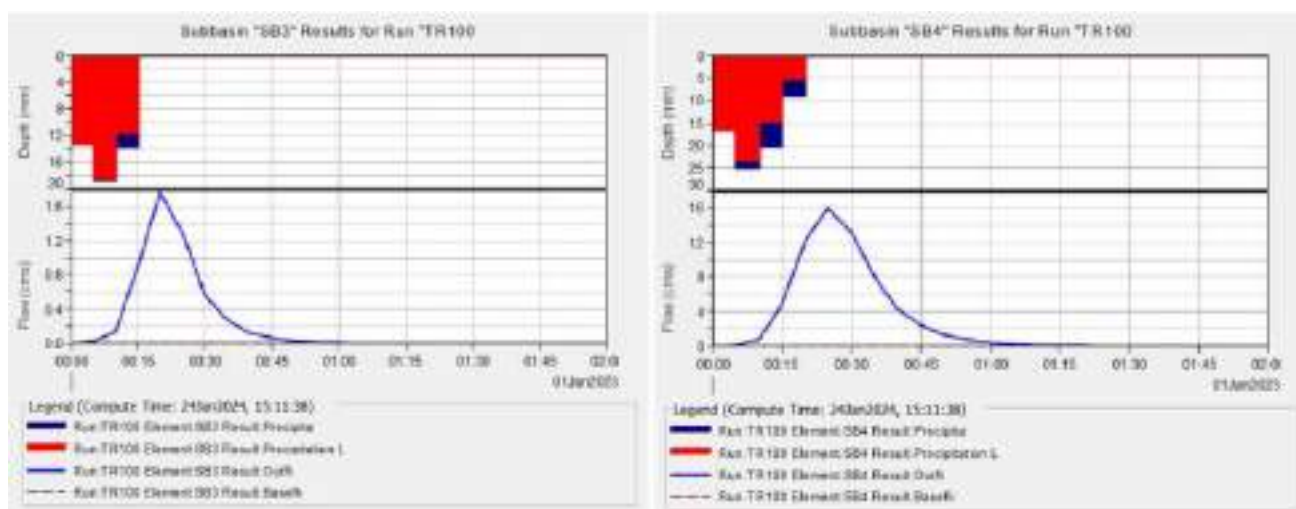


Figura 62 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Ribeirão das Mortes para TR 100

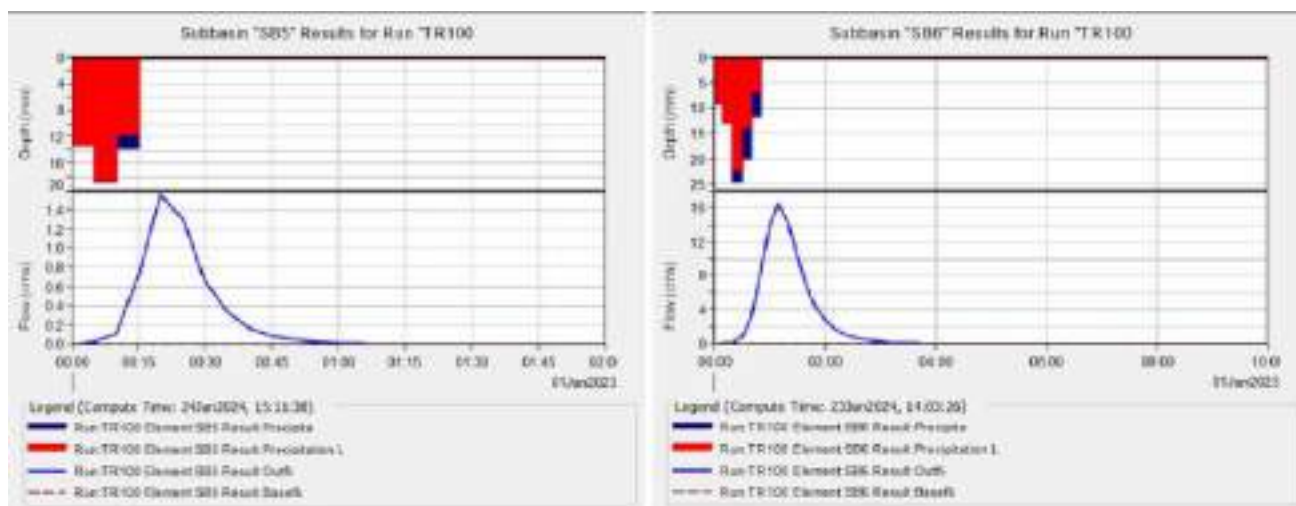


Figura 63 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Ribeirão das Mortes para TR 100

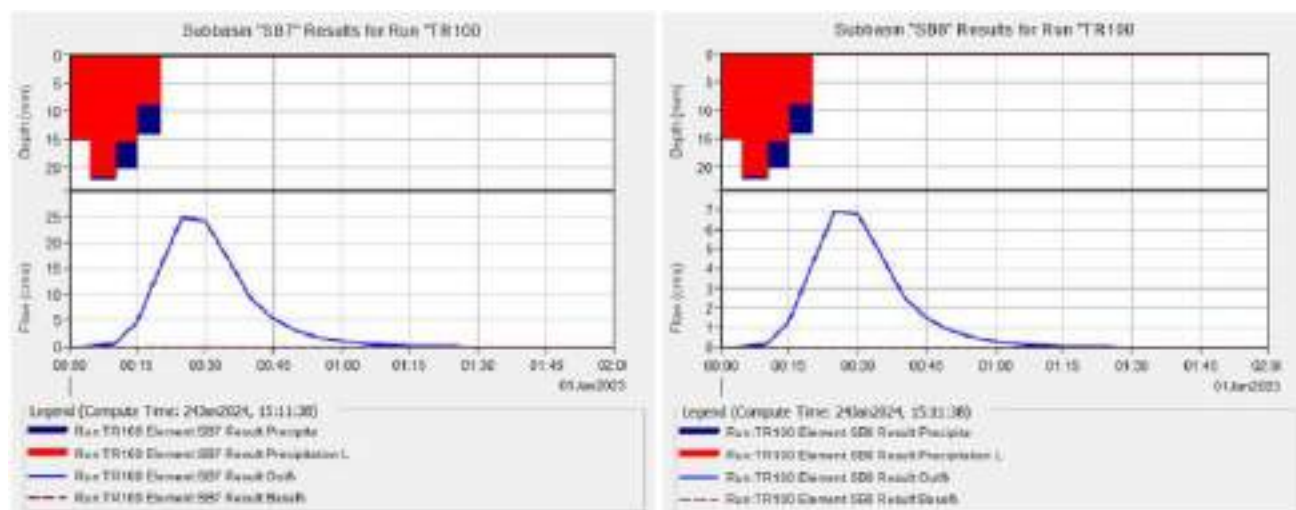


Figura 64 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB7 e SUB8 do Ribeirão das Mortes para TR 100

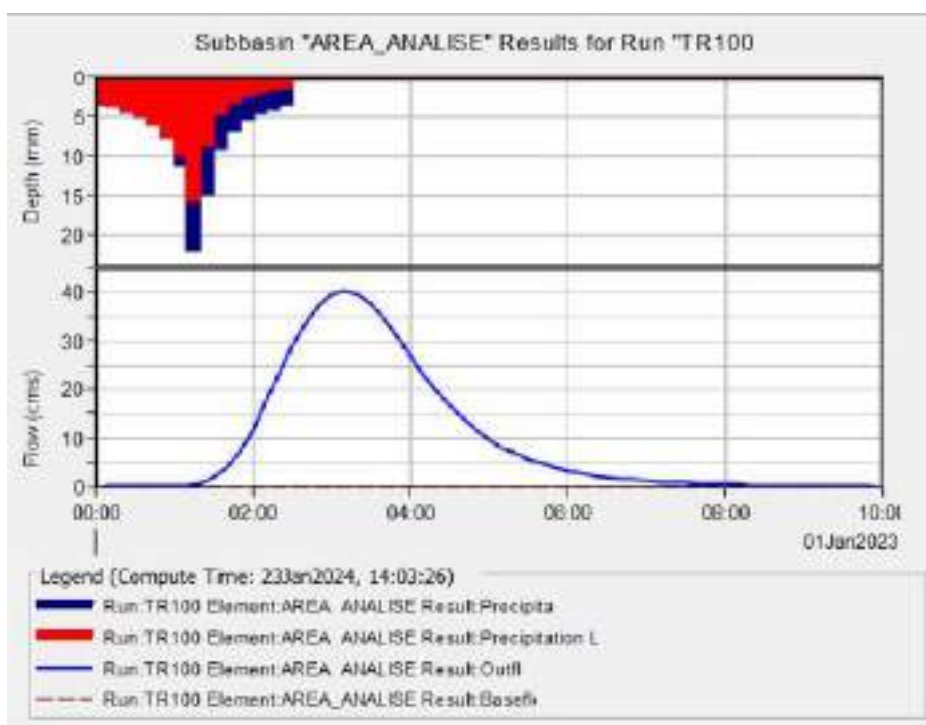


Figura 65 – Hidrograma de projeto para área de interesse do Ribeirão das Mortes para TR 100

APÊNDICE G

HIDROGRAMAS DE CHUVA – RIBEIRÃO PANTANO

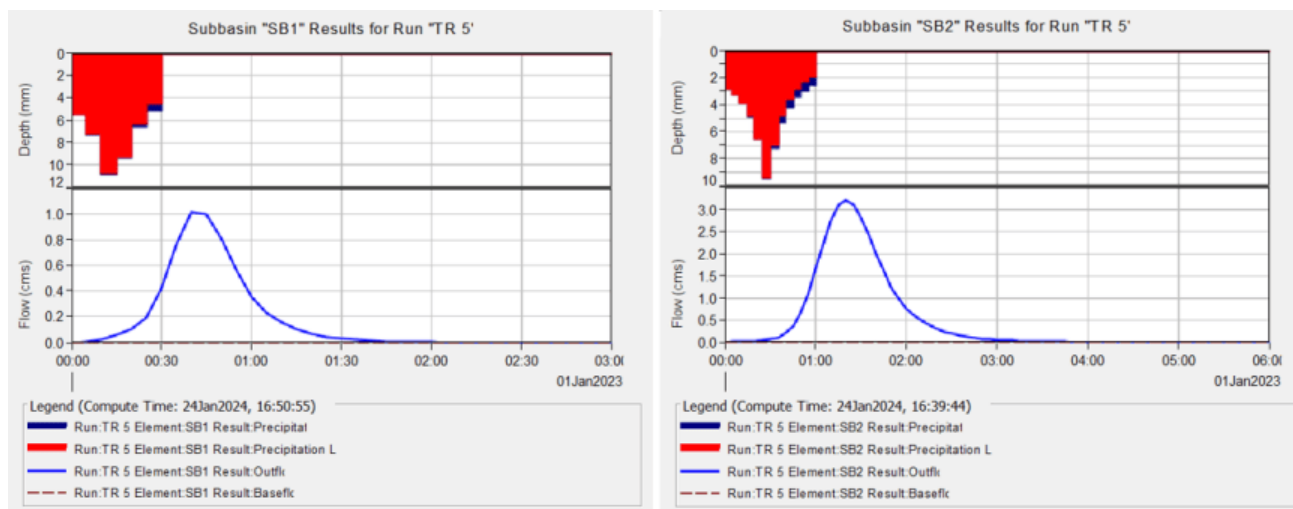


Figura 66 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Ribeirão Pantano para TR 5

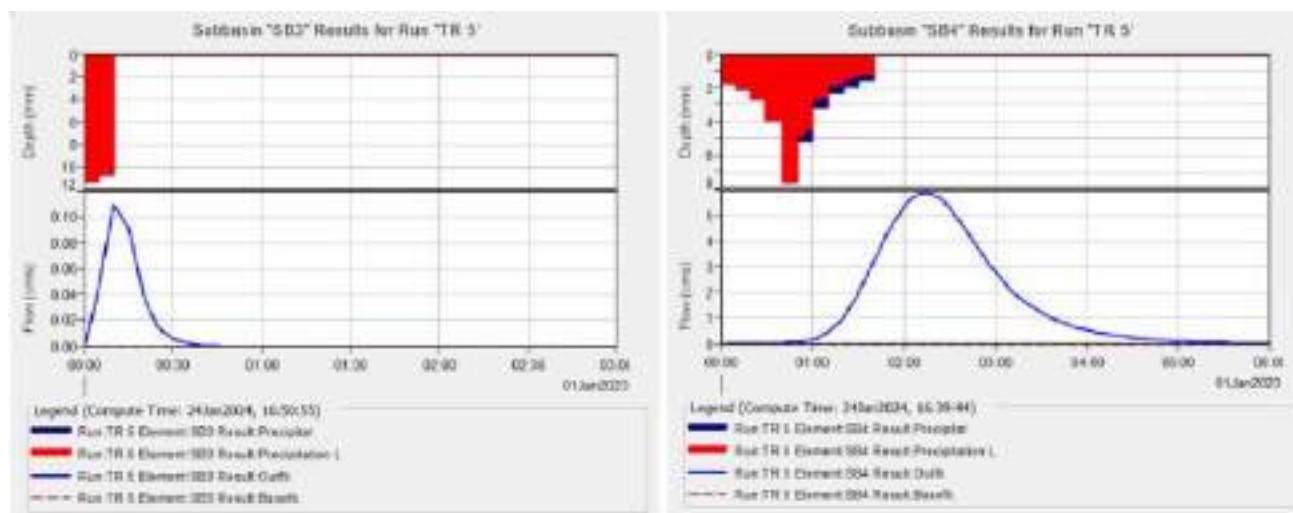


Figura 67 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Ribeirão Pantano para TR 5

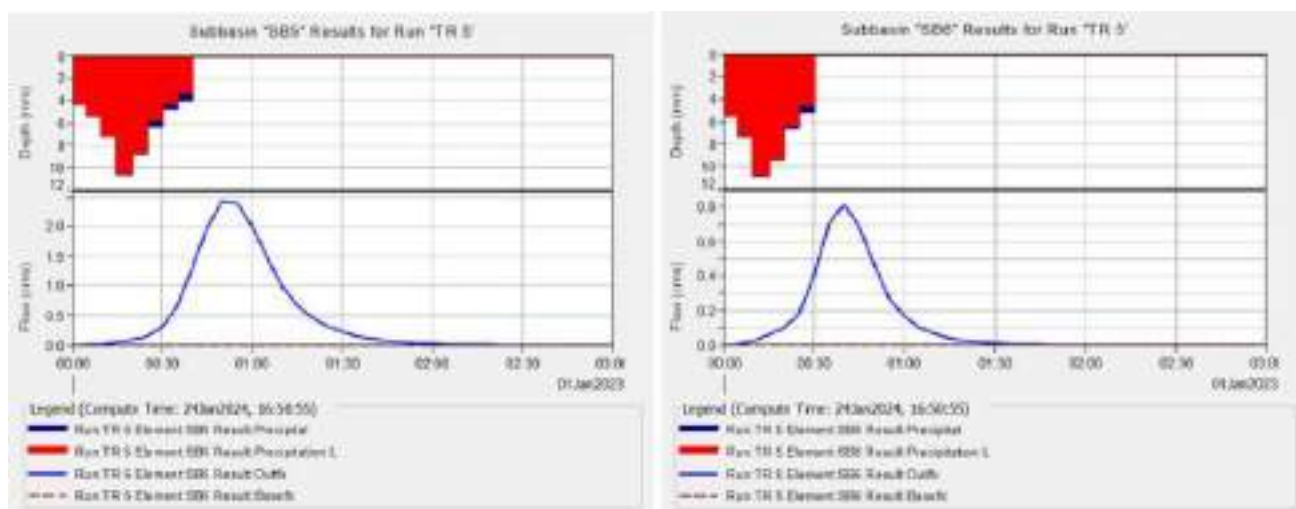


Figura 68 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Ribeirão Pantano para TR 5

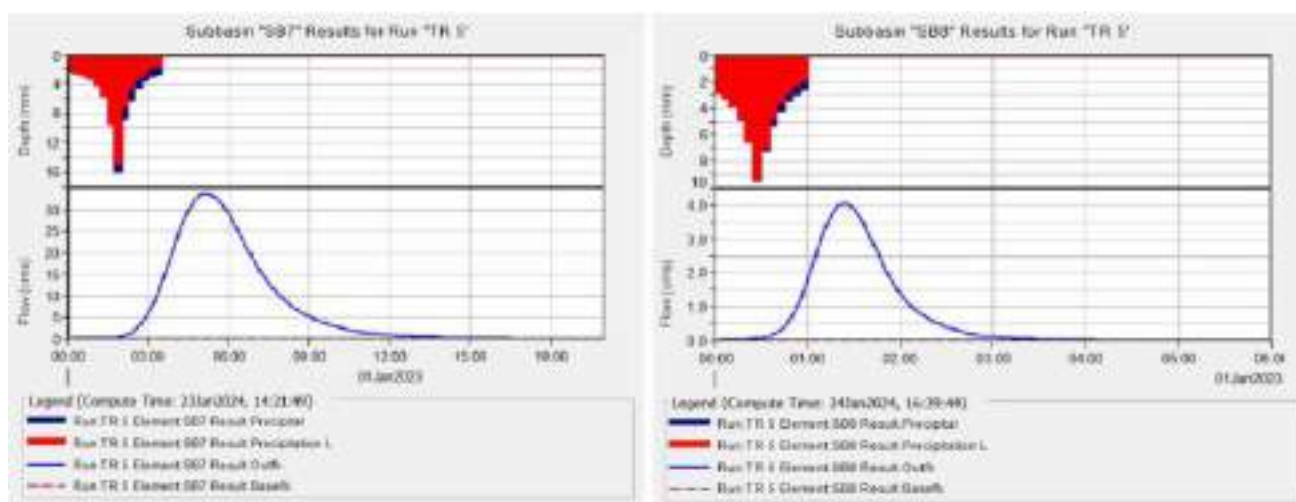


Figura 69 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB7 e SUB8 do Ribeirão Pantano para TR 5

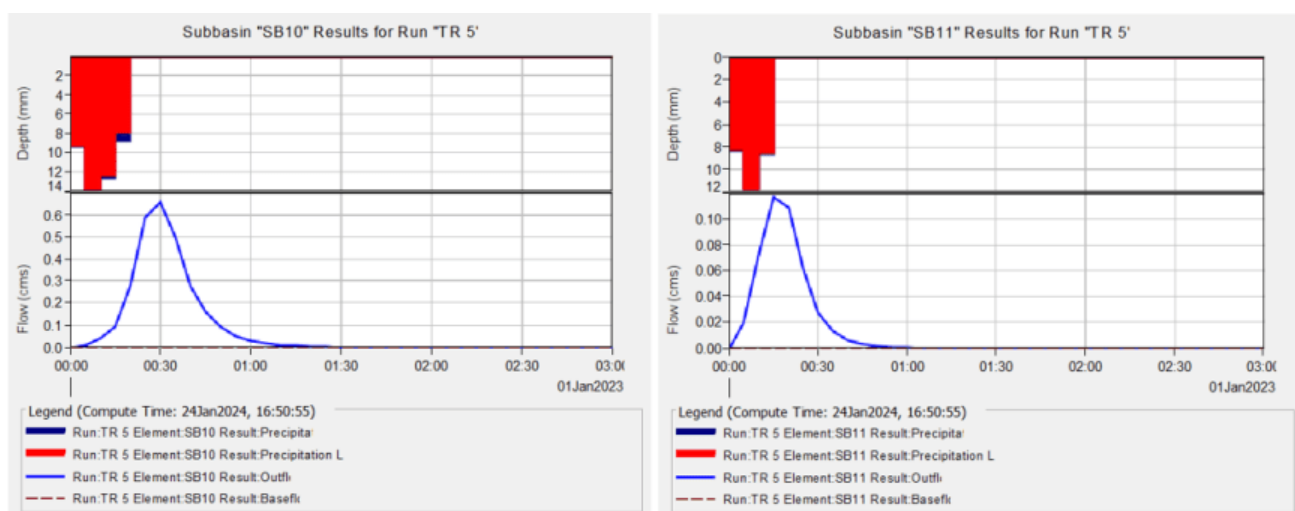


Figura 70 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB10 e SUB11 do Ribeirão Pantano para TR 5

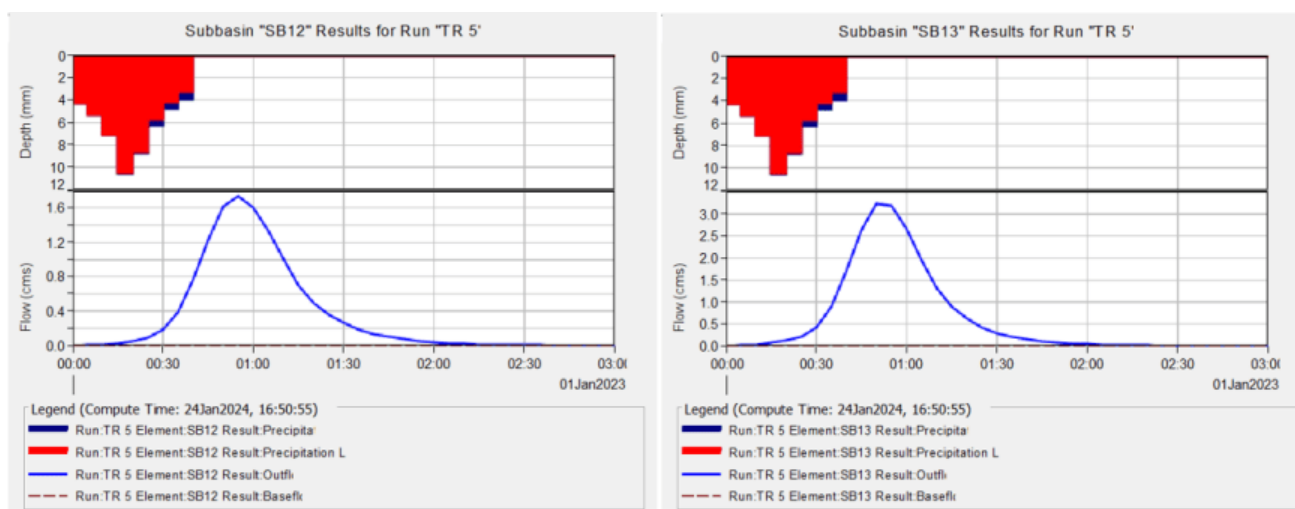


Figura 71 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB12 e SUB13 do Ribeirão Pantano para TR 5

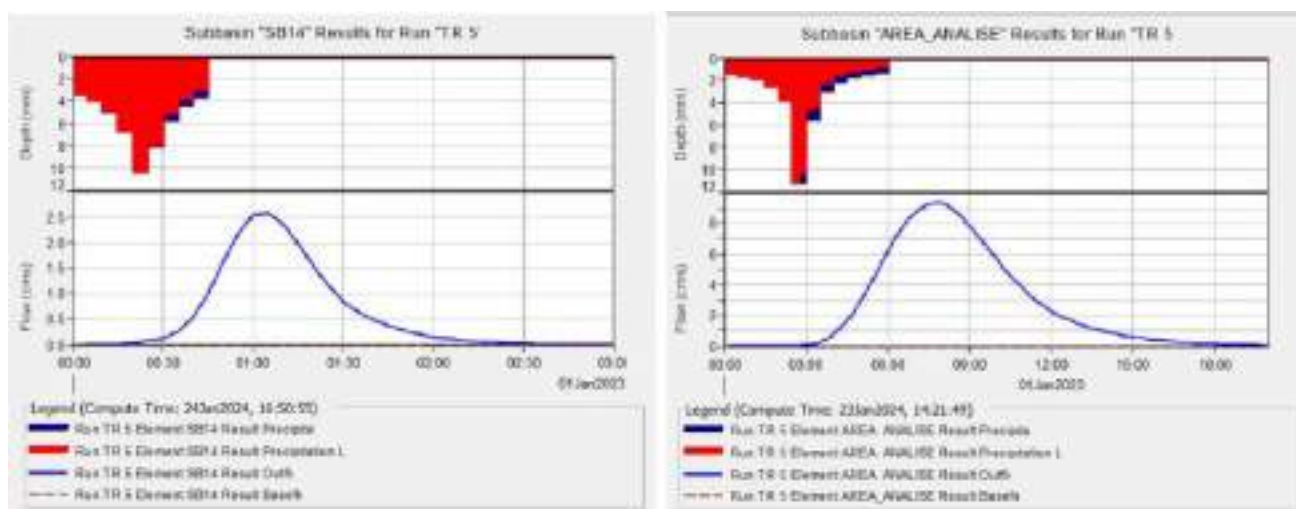


Figura 72 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB14 e Área de Interesse do Ribeirão Pantano para TR 5

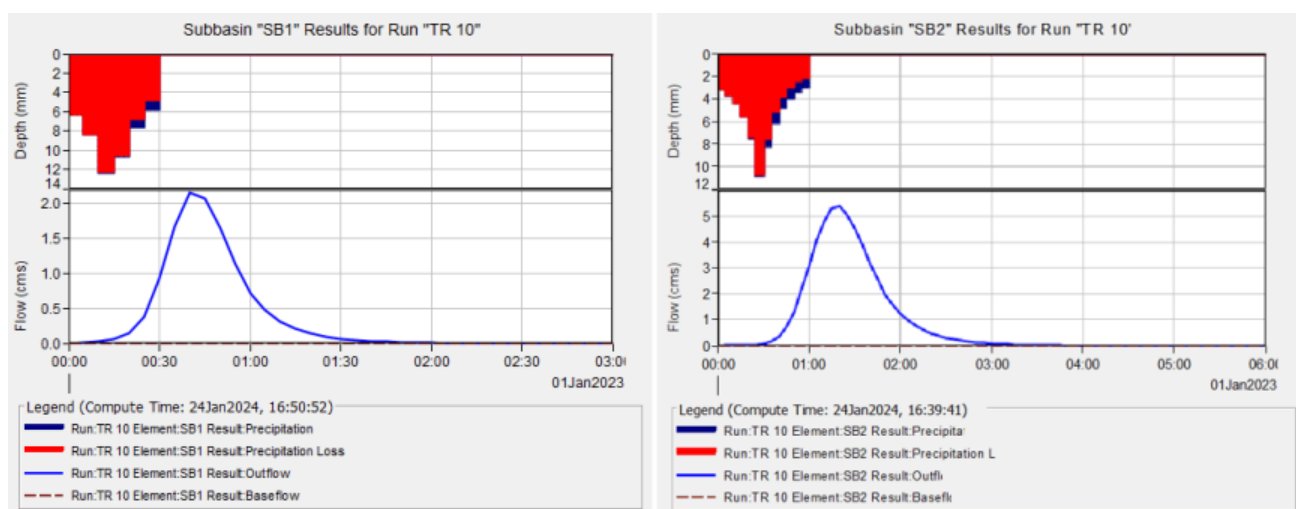


Figura 73 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Ribeirão Pantano para TR 10

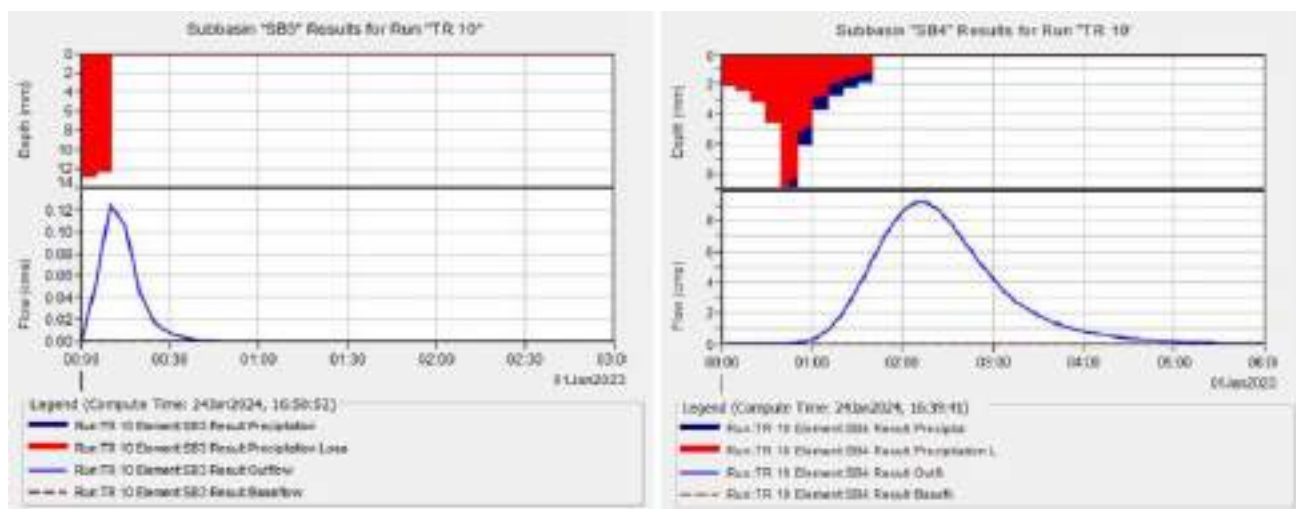


Figura 74 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Ribeirão Pantano para TR 10

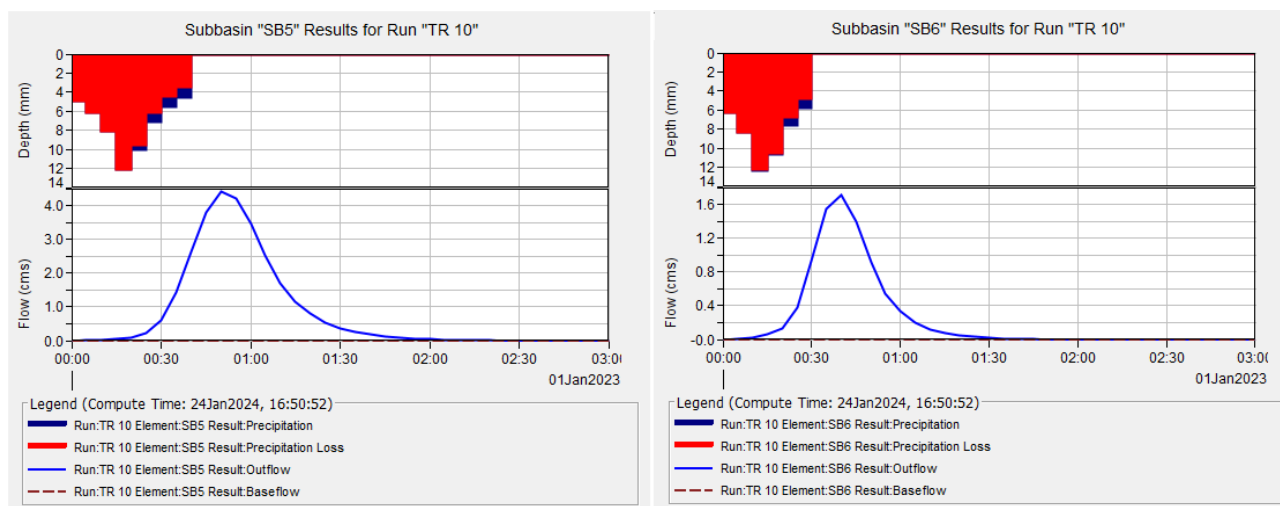


Figura 75 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Ribeirão Pantano para TR 10

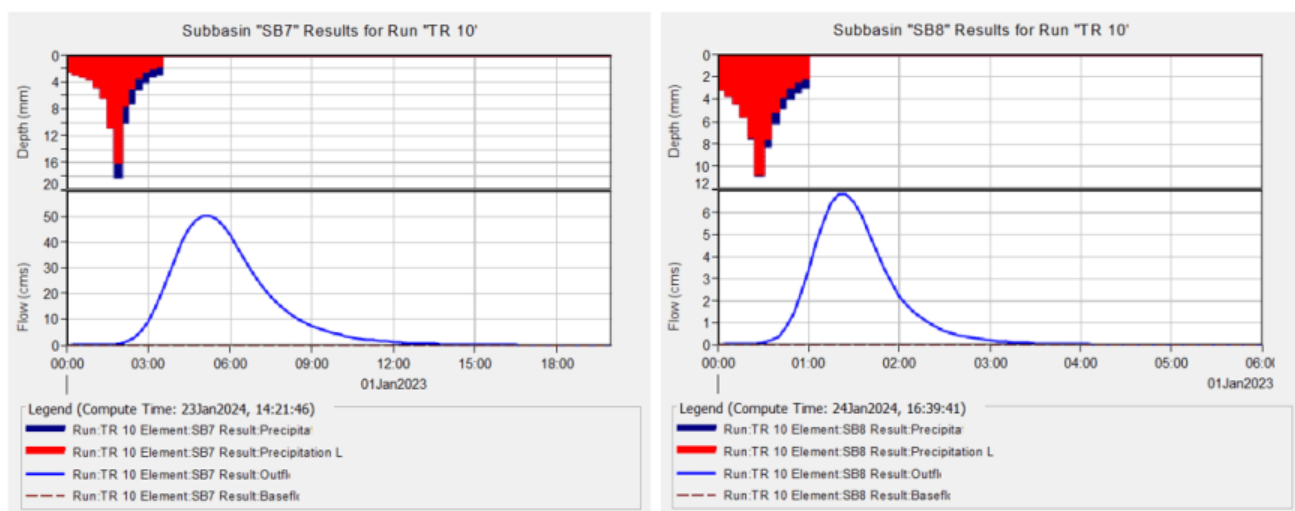


Figura 76 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB7 e SUB8 do Ribeirão Pantano para TR 10

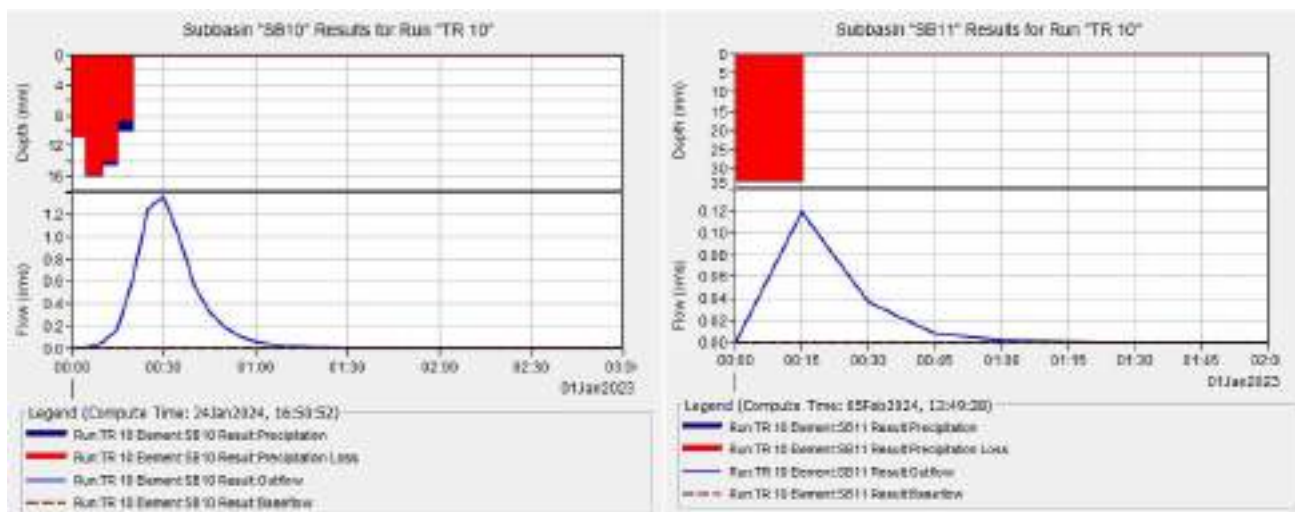


Figura 77 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB10 e SUB11 do Ribeirão Pantano para TR 10

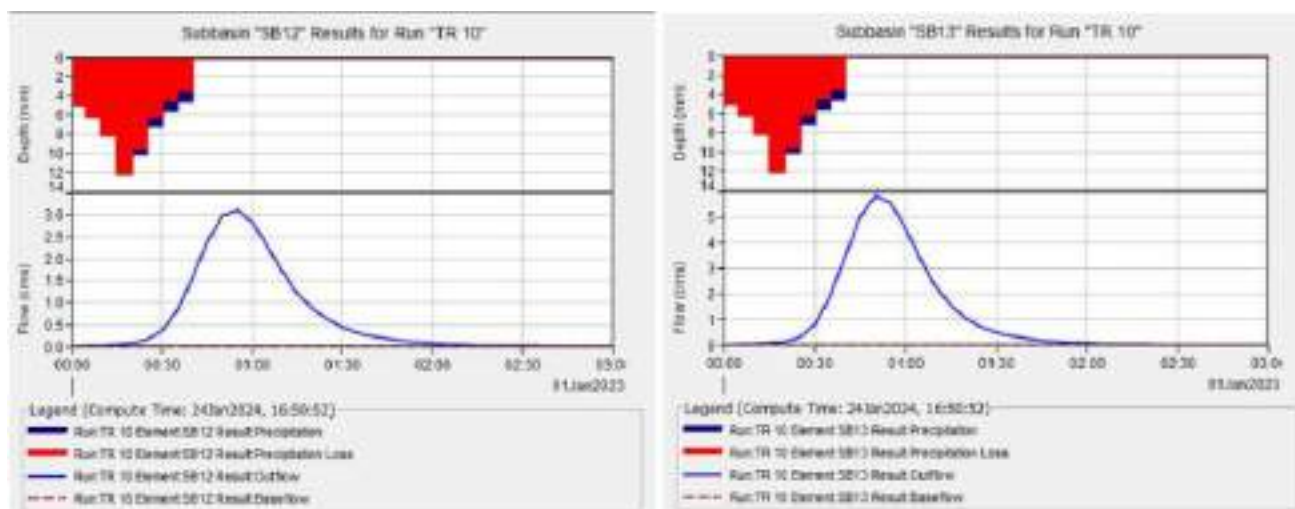


Figura 78 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB12 e SUB13 do Ribeirão Pantano para TR 10

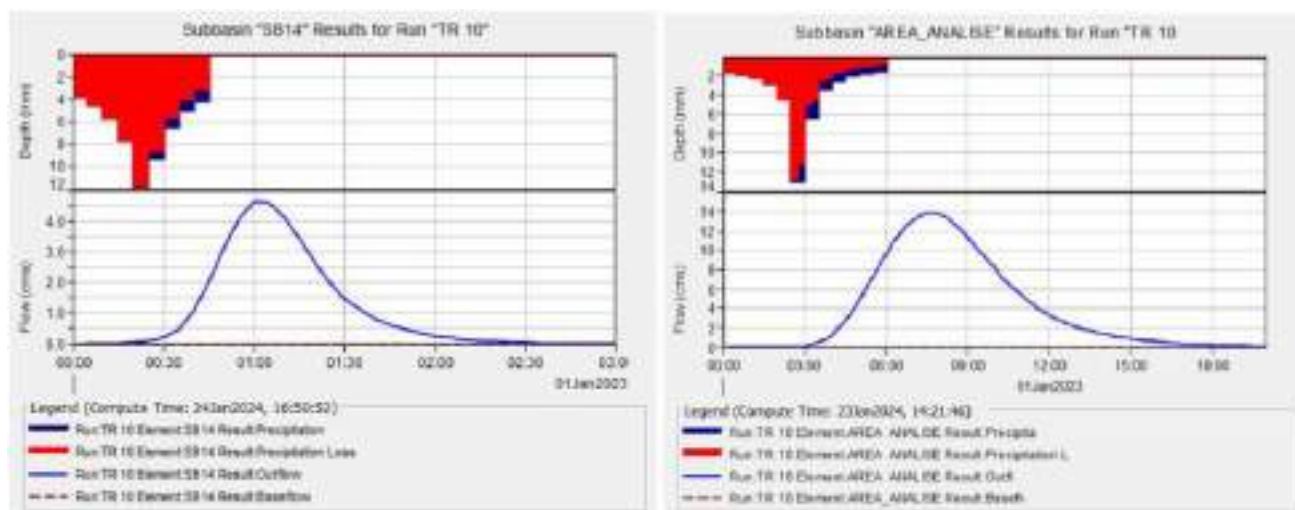


Figura 79 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB14 e Área de interesse do Ribeirão Pantano para TR 10

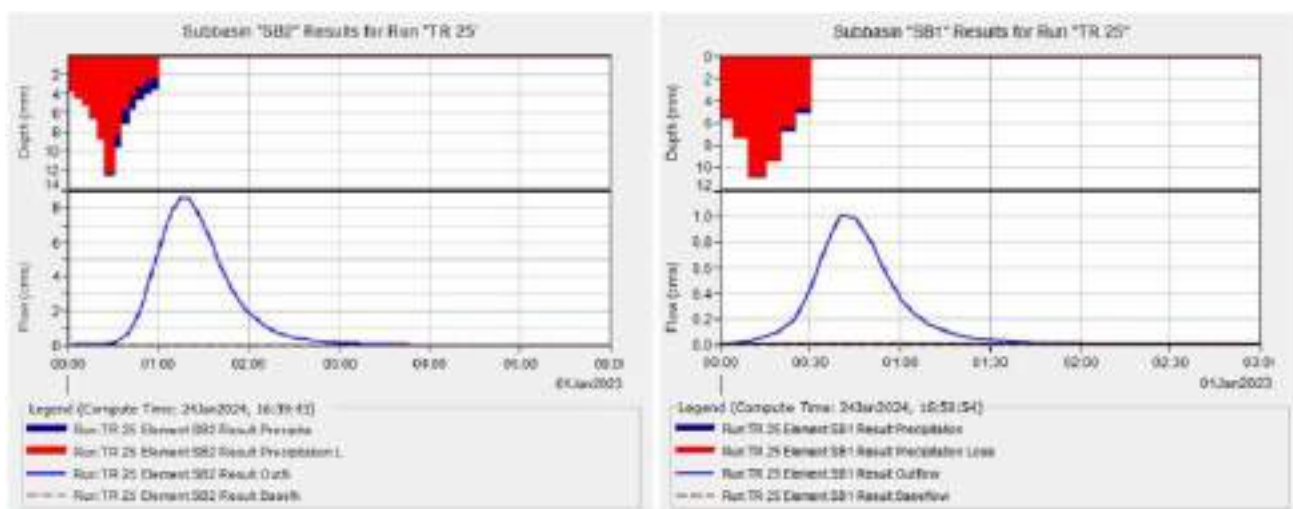


Figura 80 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Ribeirão Pantano para TR 25

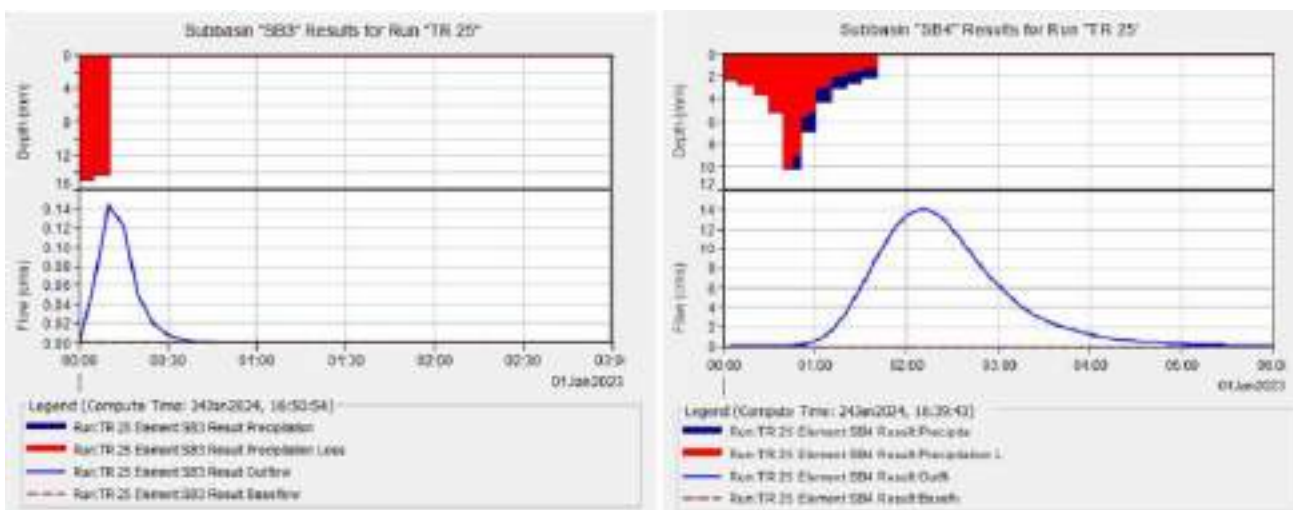


Figura 81 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Ribeirão Pantano para TR 25

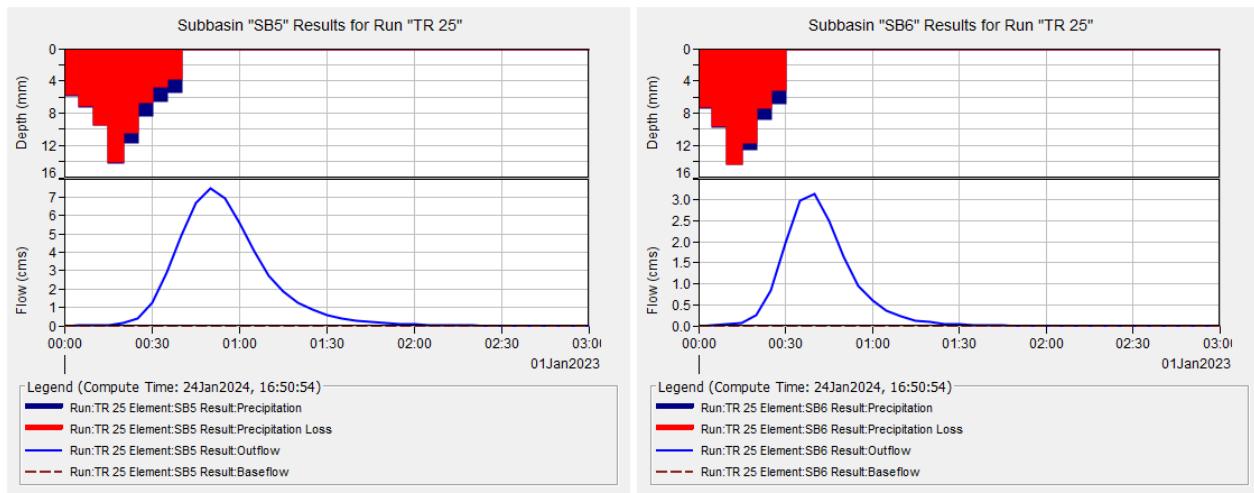


Figura 82 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Ribeirão Pantano para TR 25

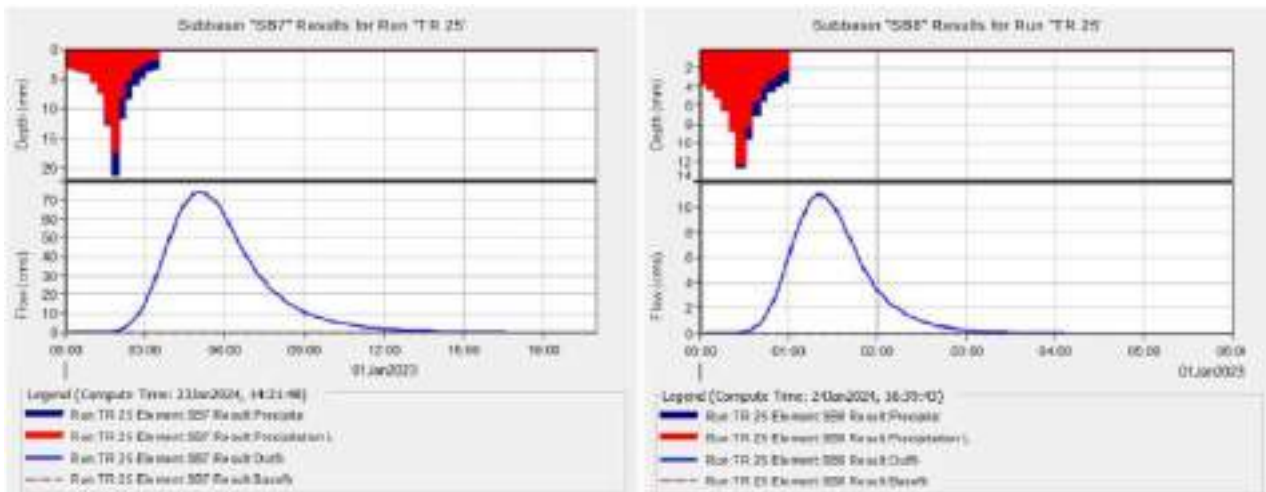


Figura 83 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB7 e SUB8 do Ribeirão Pantano para TR 25

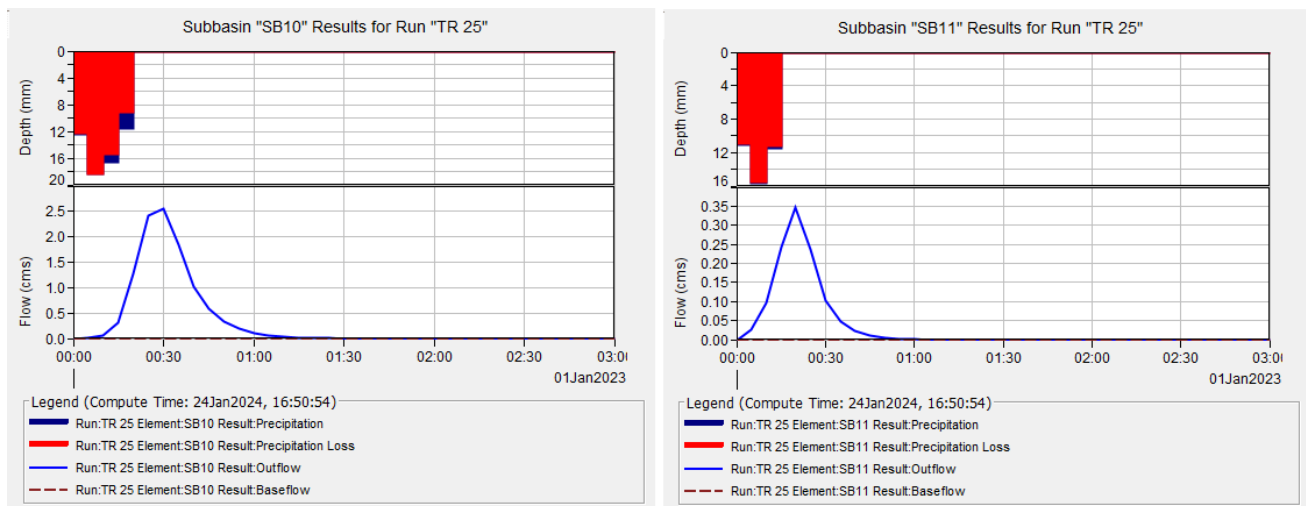


Figura 84 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB10 e SUB11 do Ribeirão Pantano para TR 25

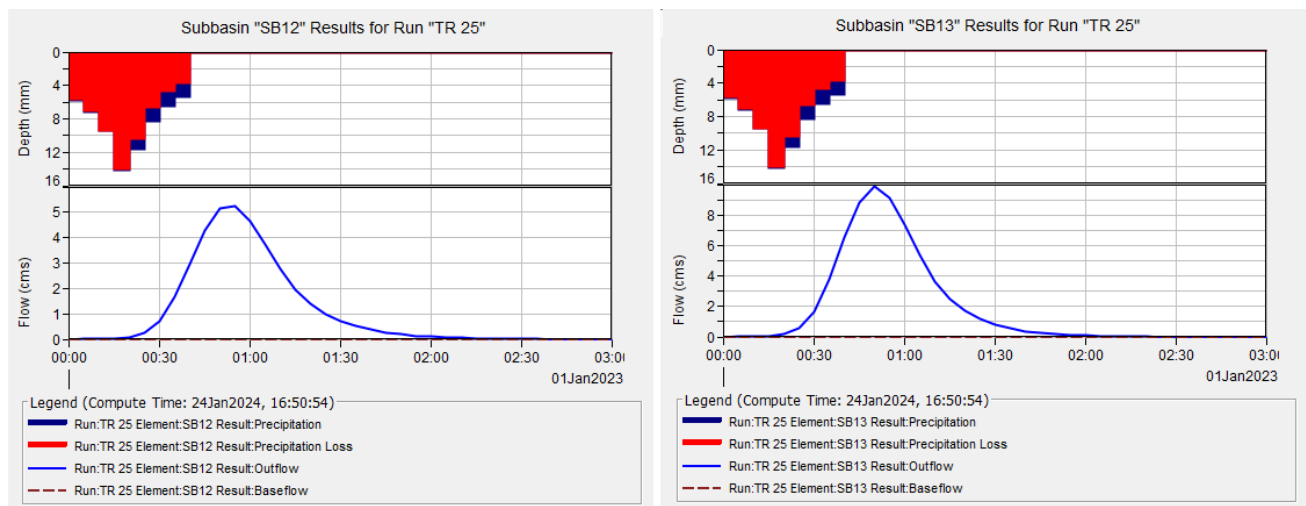


Figura 85 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB12 e SUB13 do Ribeirão Pantano para TR 25

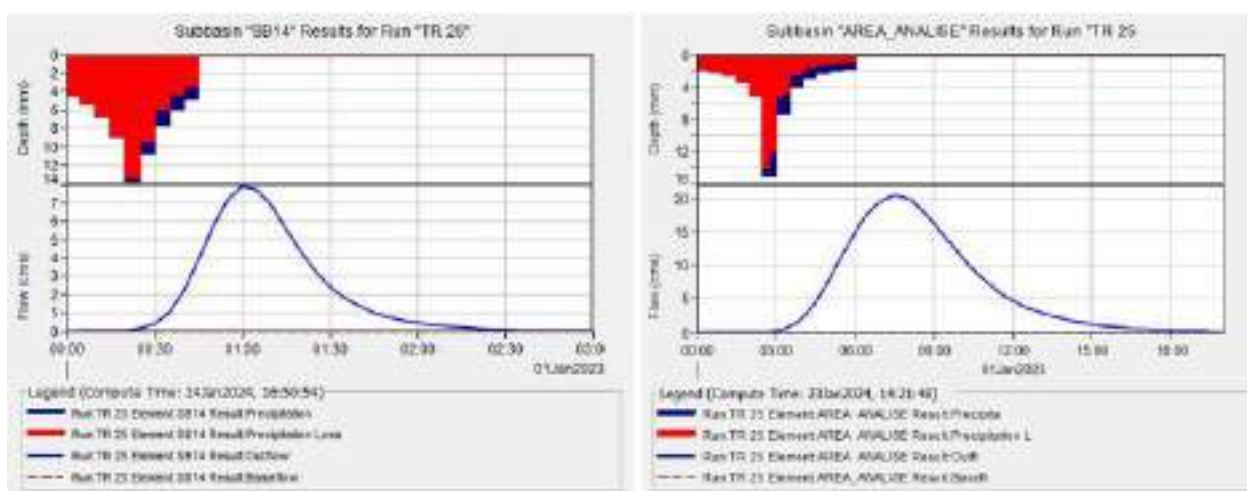


Figura 86 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB14 e Área de interesse do Ribeirão Pantano para TR 25

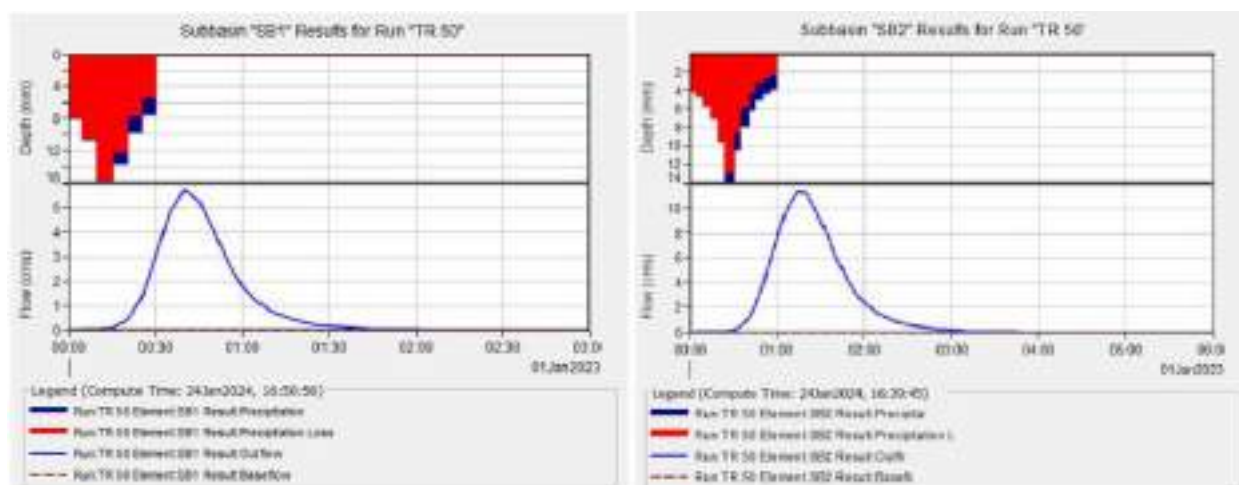


Figura 87 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Ribeirão Pantano para TR 50

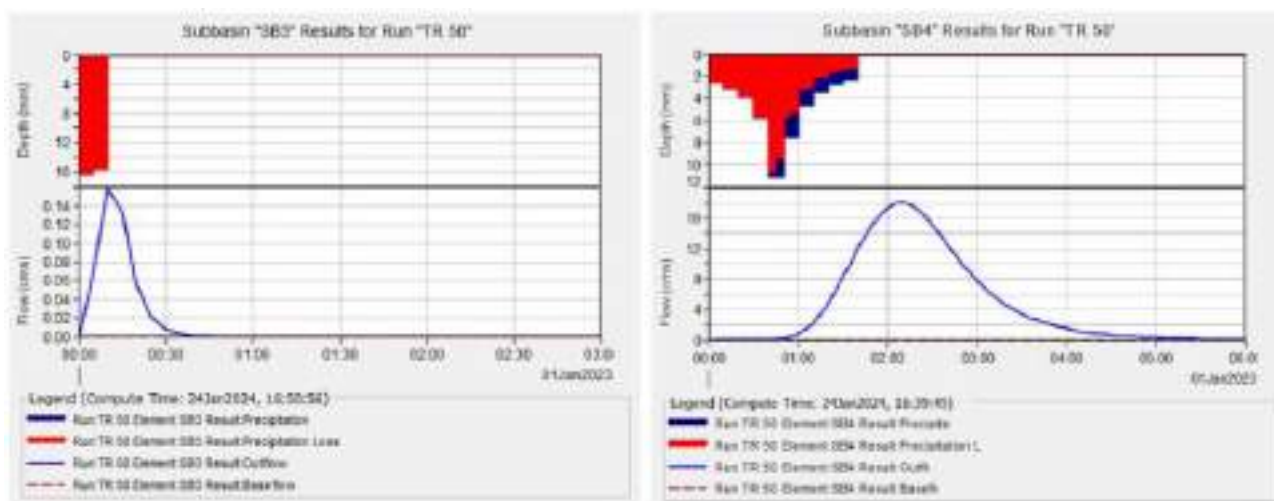


Figura 88 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Ribeirão Pantano para TR 50

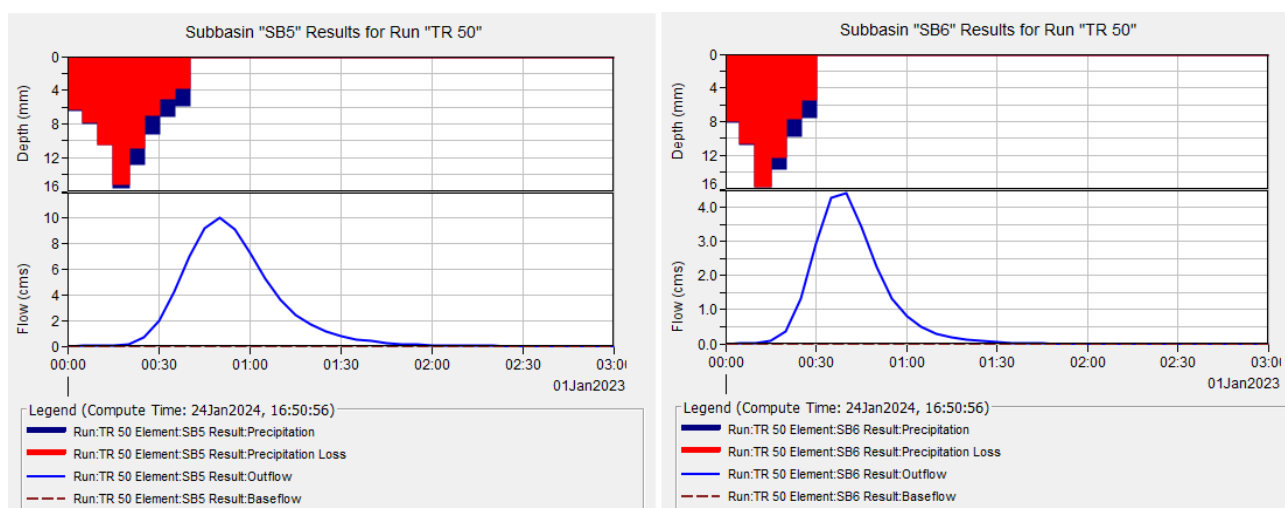


Figura 89 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Ribeirão Pantano para TR 50

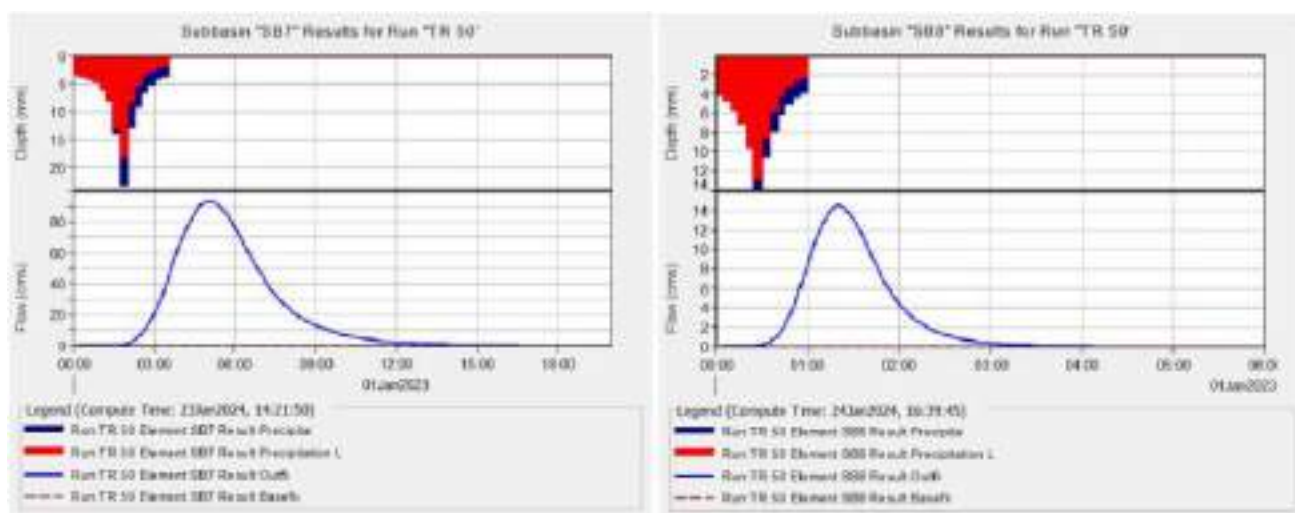


Figura 90 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB7 e SUB8 do Ribeirão Pantano para TR 50

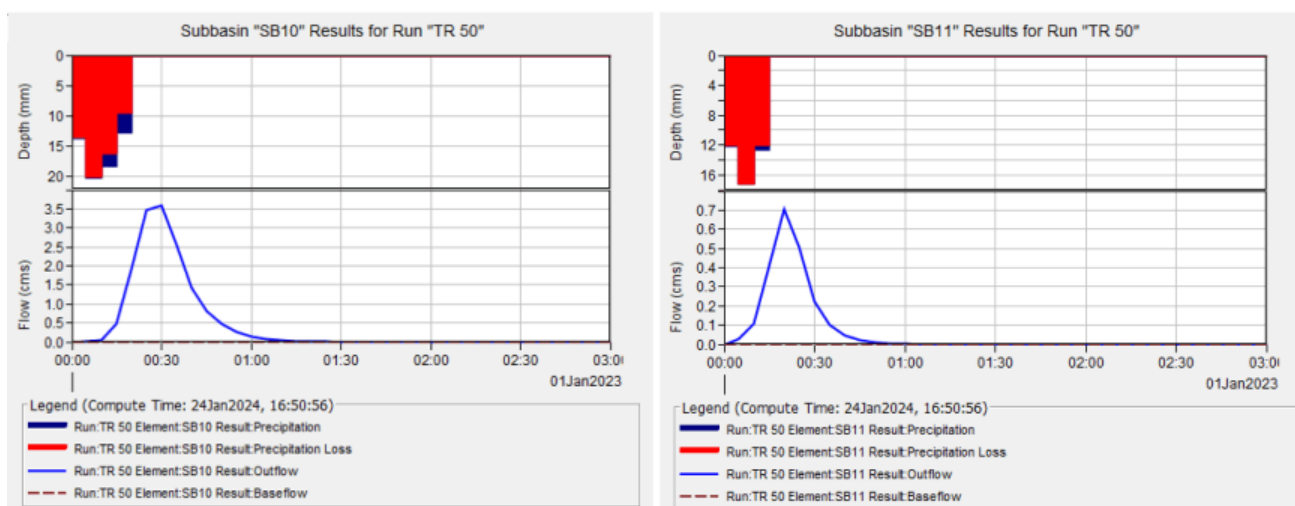


Figura 91 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB10 e SUB11 do Ribeirão Pantano para TR 50

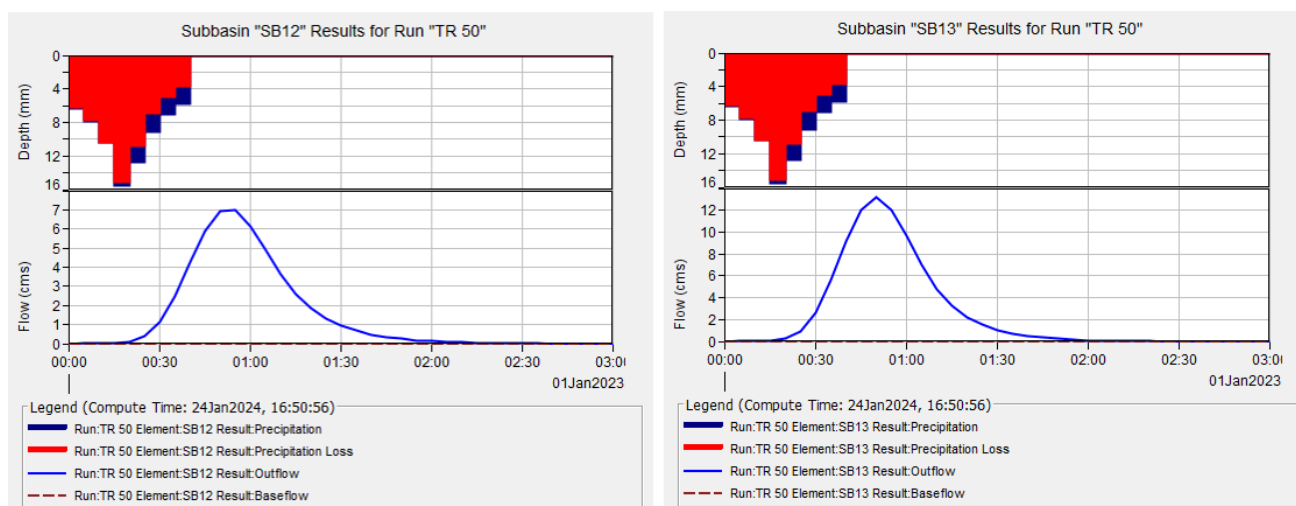


Figura 92 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB12 e SUB13 do Ribeirão Pantano para TR 50

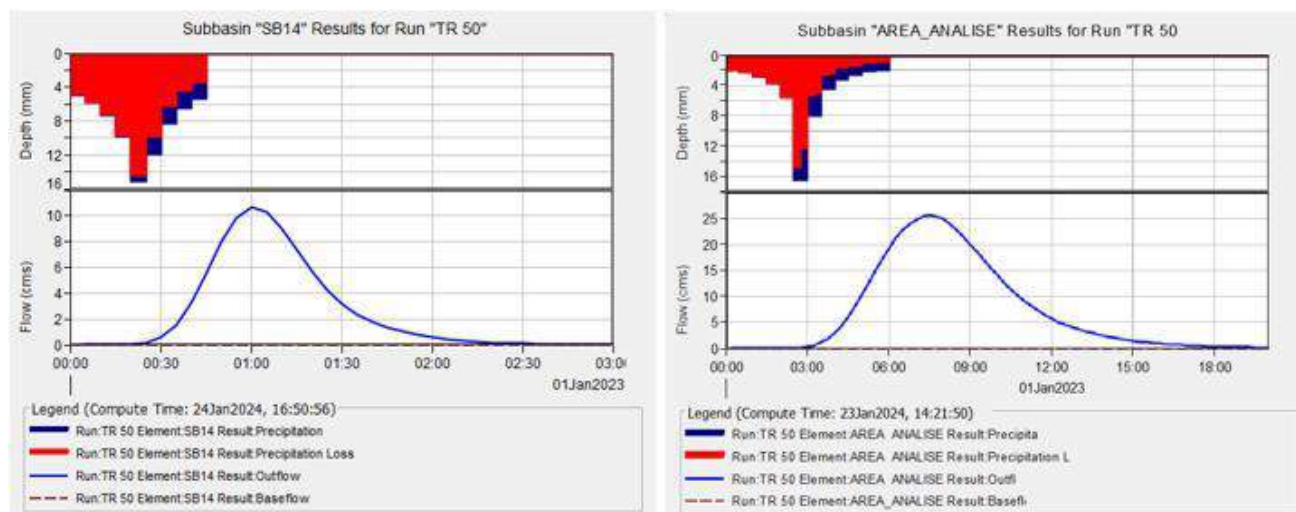


Figura 93 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB14 e Área de Interesse do Ribeirão Pantano para TR 50

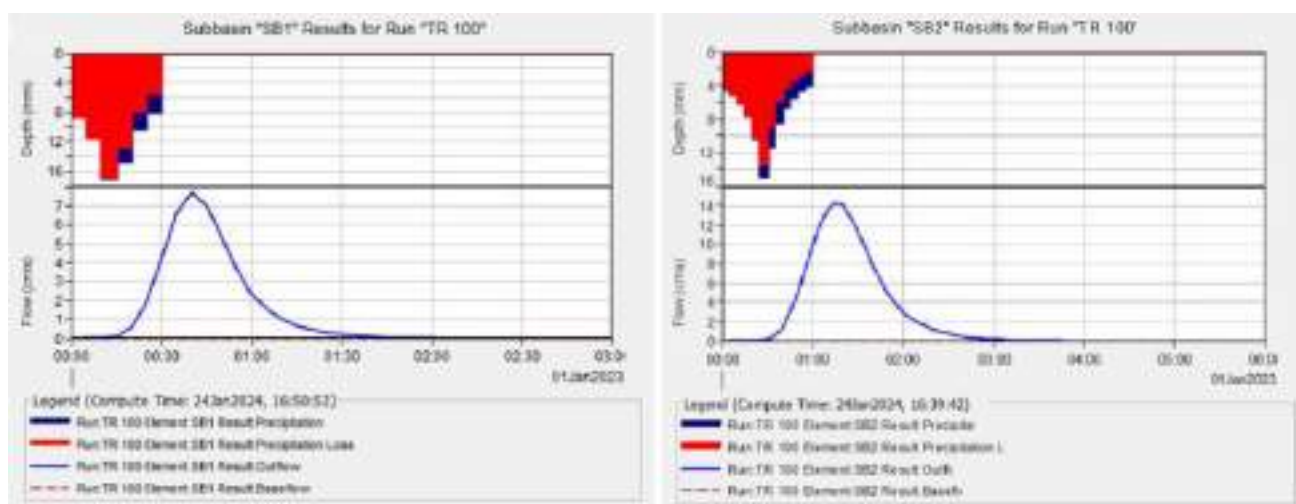


Figura 94 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Ribeirão Pantano para TR 100

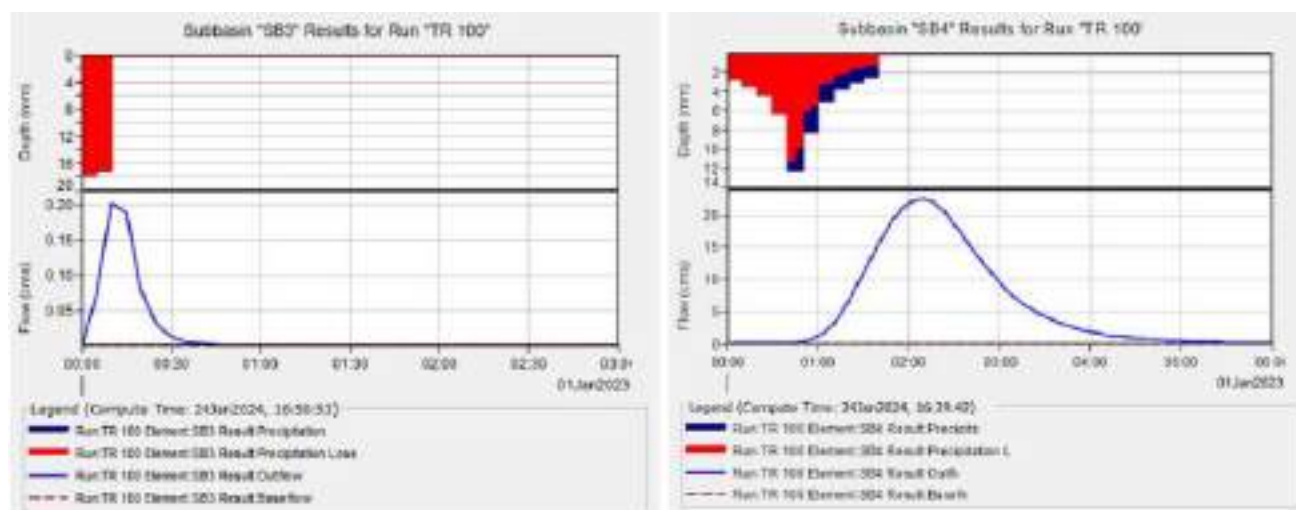


Figura 95 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Ribeirão Pantano para TR 100

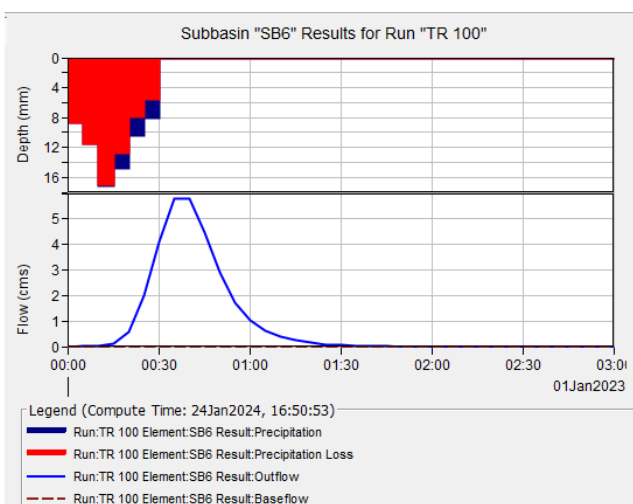
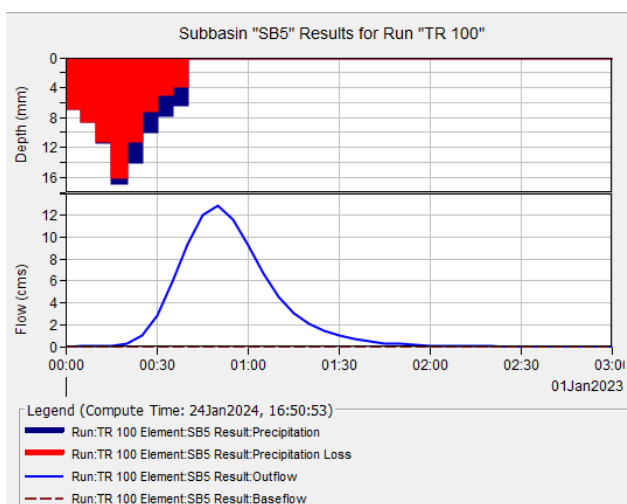


Figura 96 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Ribeirão Pantano para TR 100

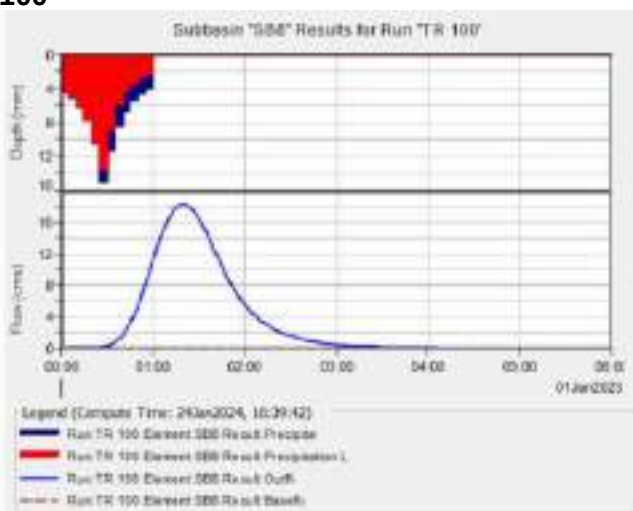
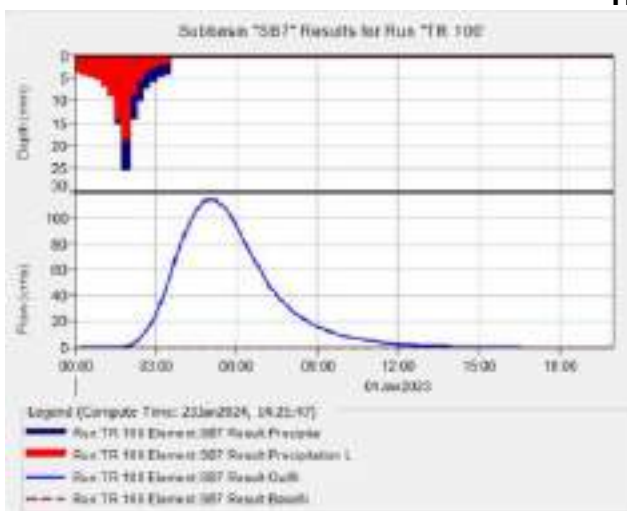


Figura 97 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB7 e SUB8 do Ribeirão Pantano para TR 100

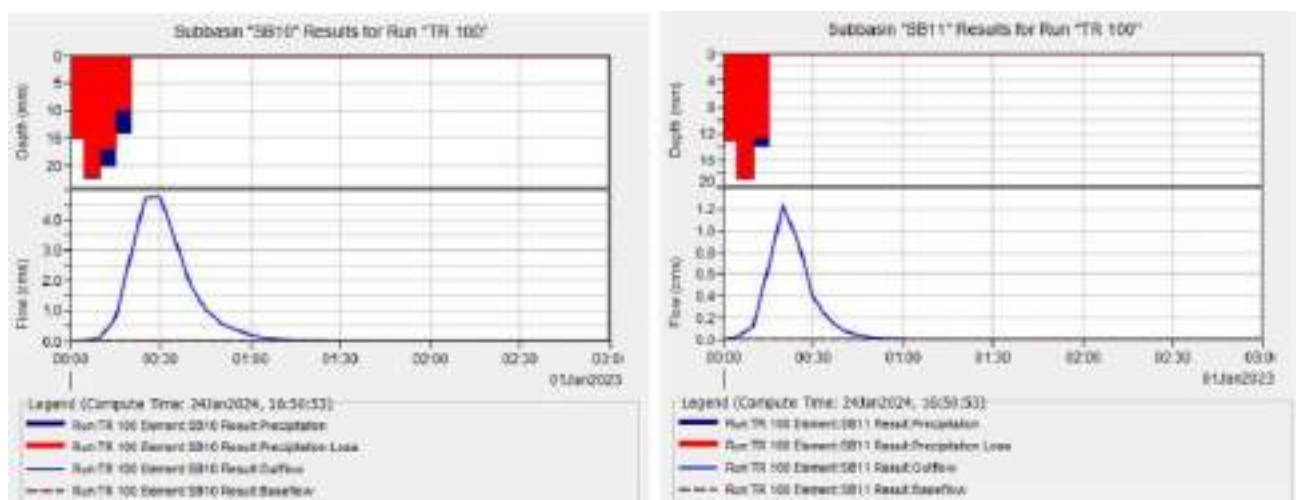


Figura 98 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB10 e SUB11 do Ribeirão Pantano para TR 100

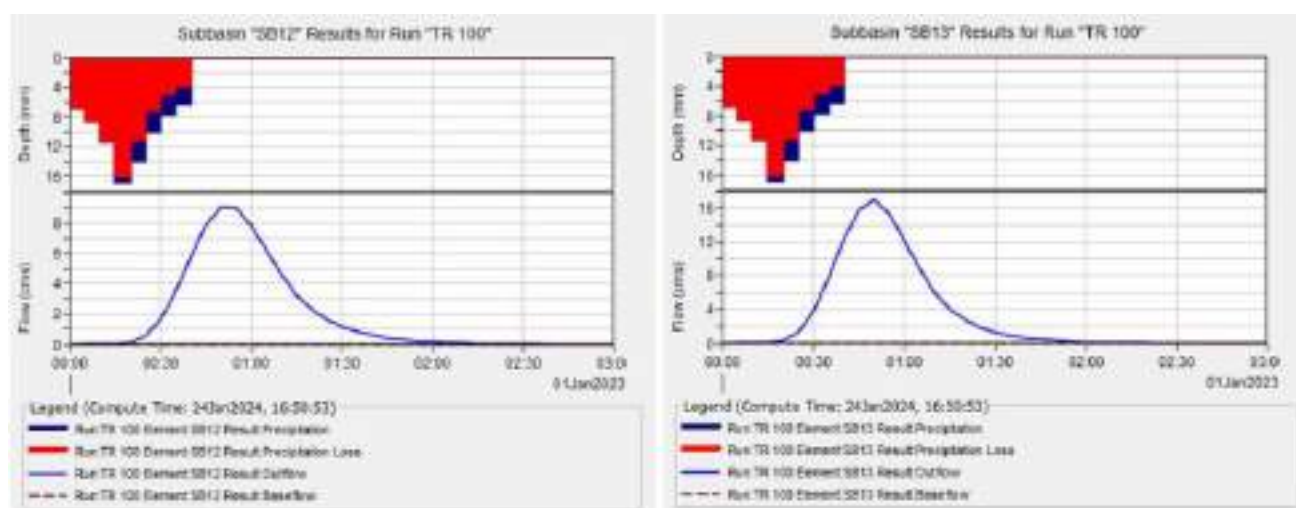


Figura 99 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB12 e SUB13 do Ribeirão Pantano para TR 100

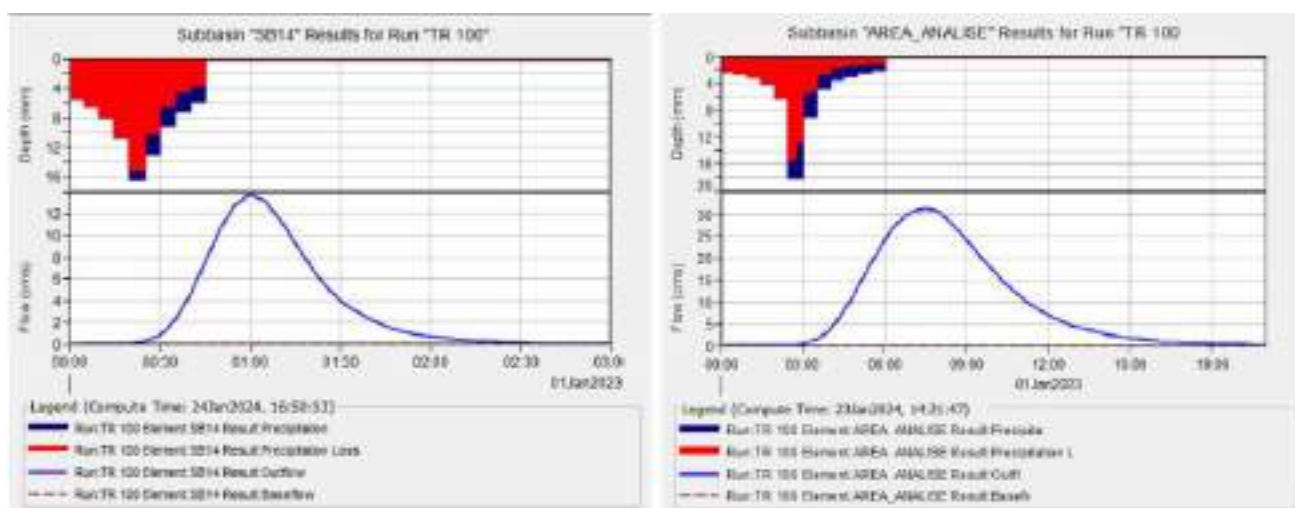


Figura 100 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB14 e Área de Interesse do Ribeirão Pantano para TR 100

APÊNDICE H HIDROGRAMAS DE CHUVA – RIO MANDU

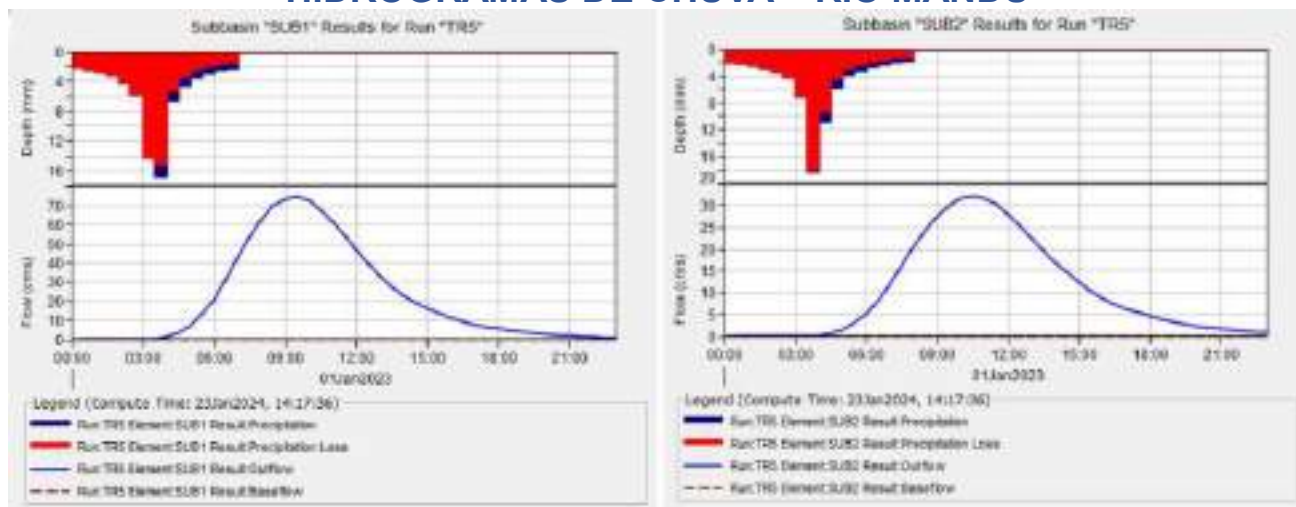


Figura 101 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Rio Mandu para TR 5

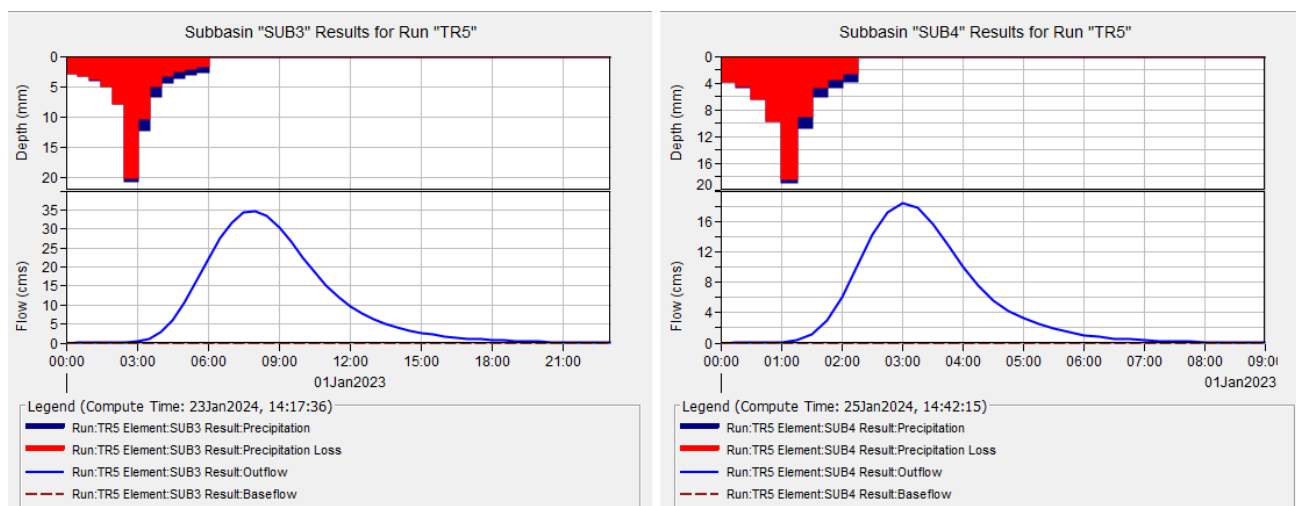


Figura 102 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Rio Mandu para TR 5

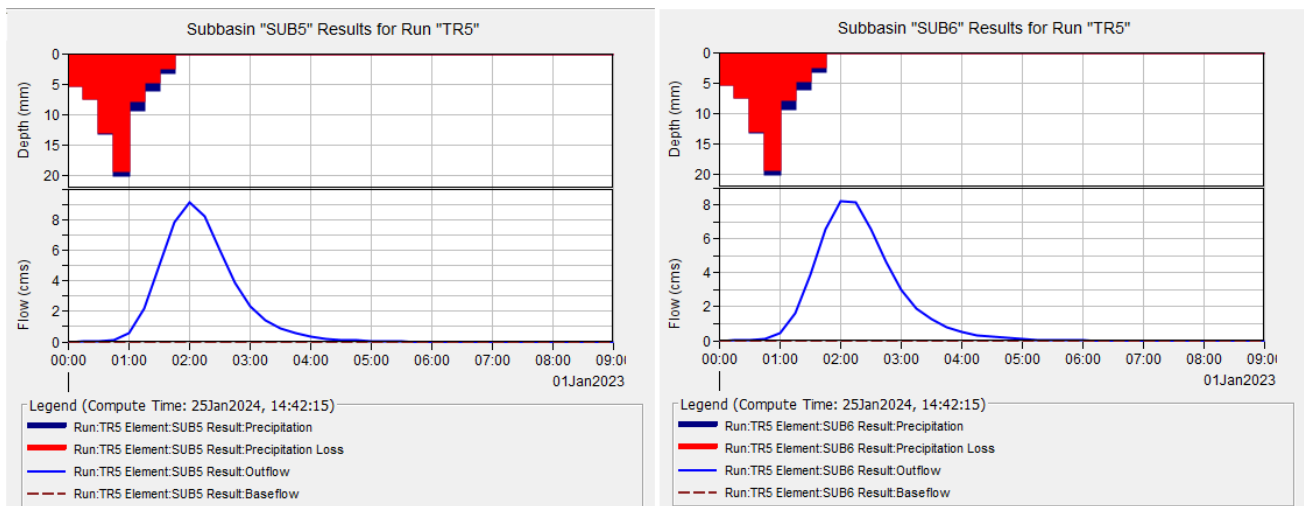


Figura 103 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Rio Mandu para TR 5

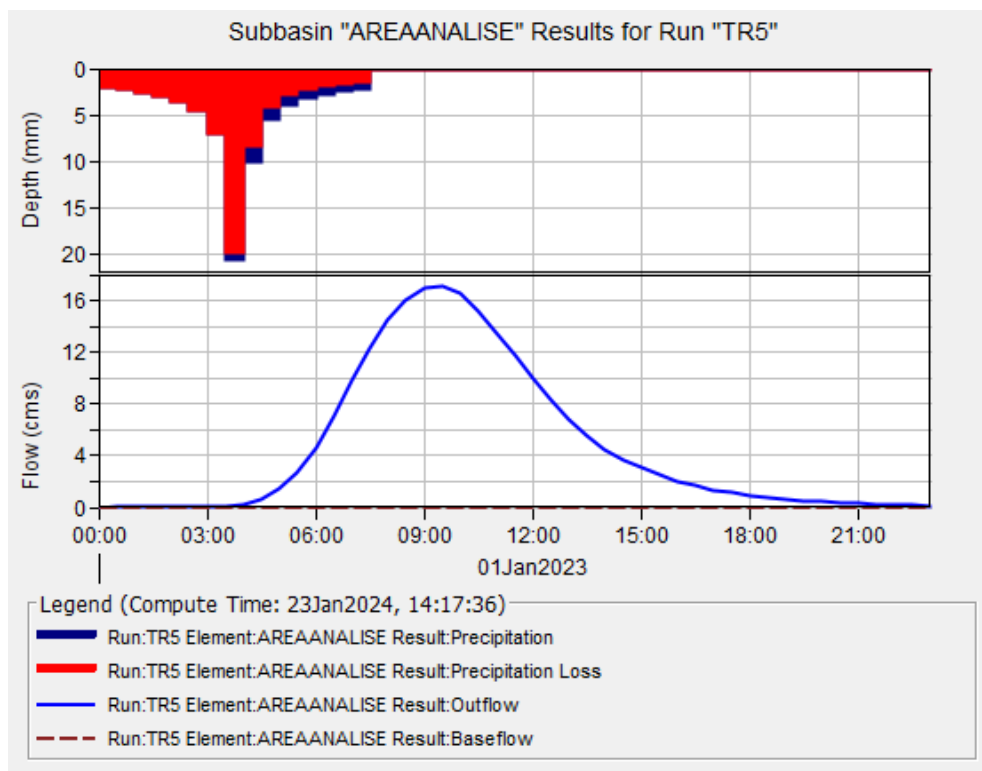


Figura 104 – Hidrograma de projeto para área de interesse do Rio Mandu para TR 5

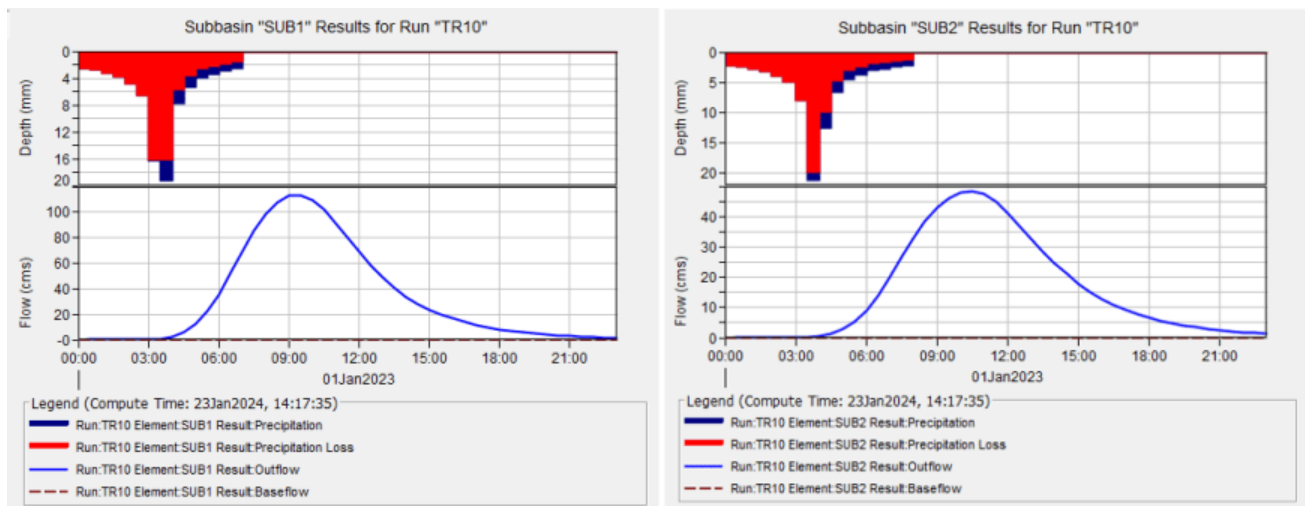


Figura 105 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Rio Mandu para TR 10

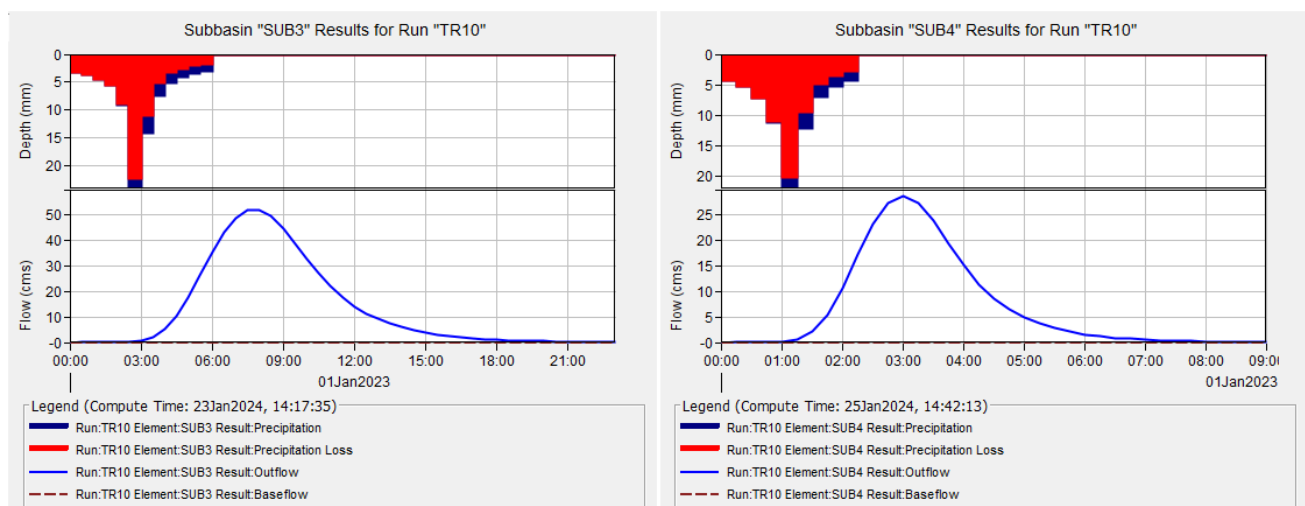


Figura 106 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Rio Mandu para TR 10

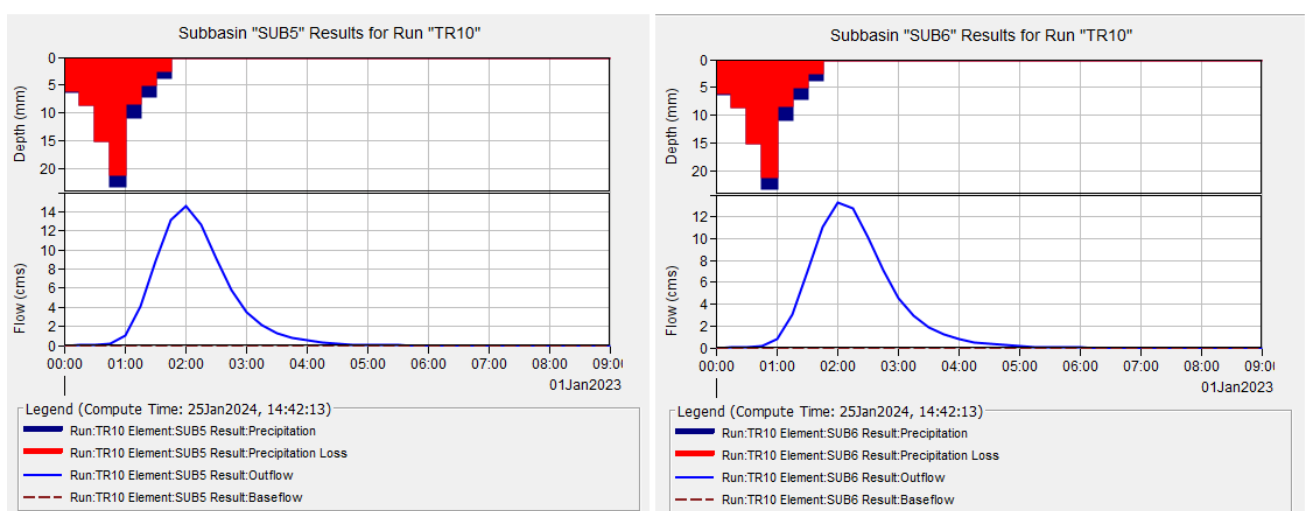


Figura 107 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Rio Mandu para TR 10

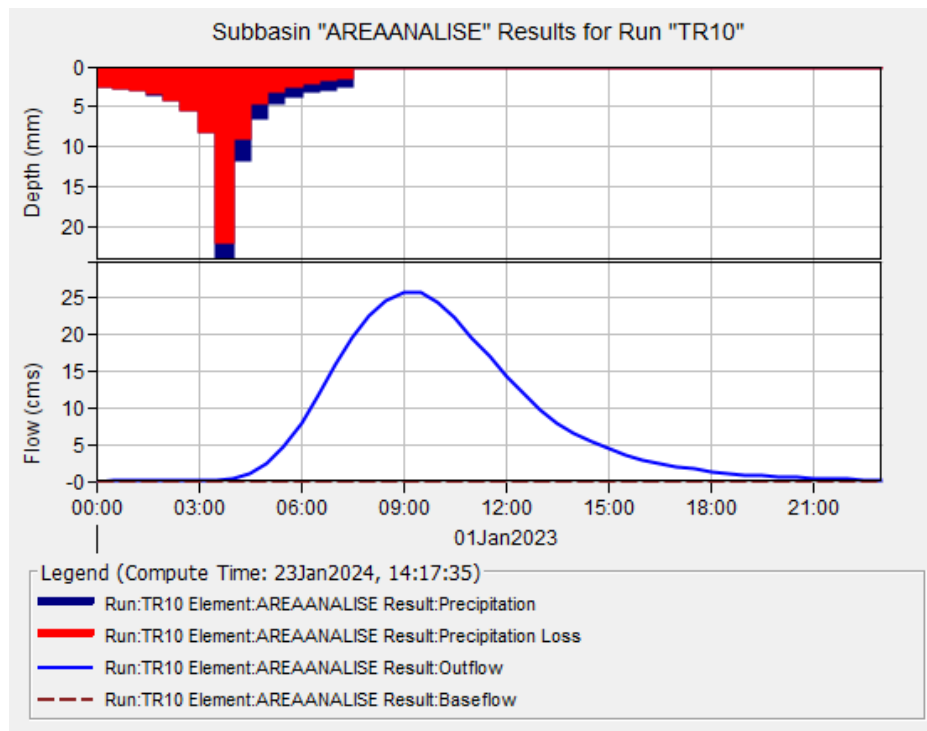


Figura 108 – Hidrograma de projeto para área de interesse do Rio Mandu para TR 10

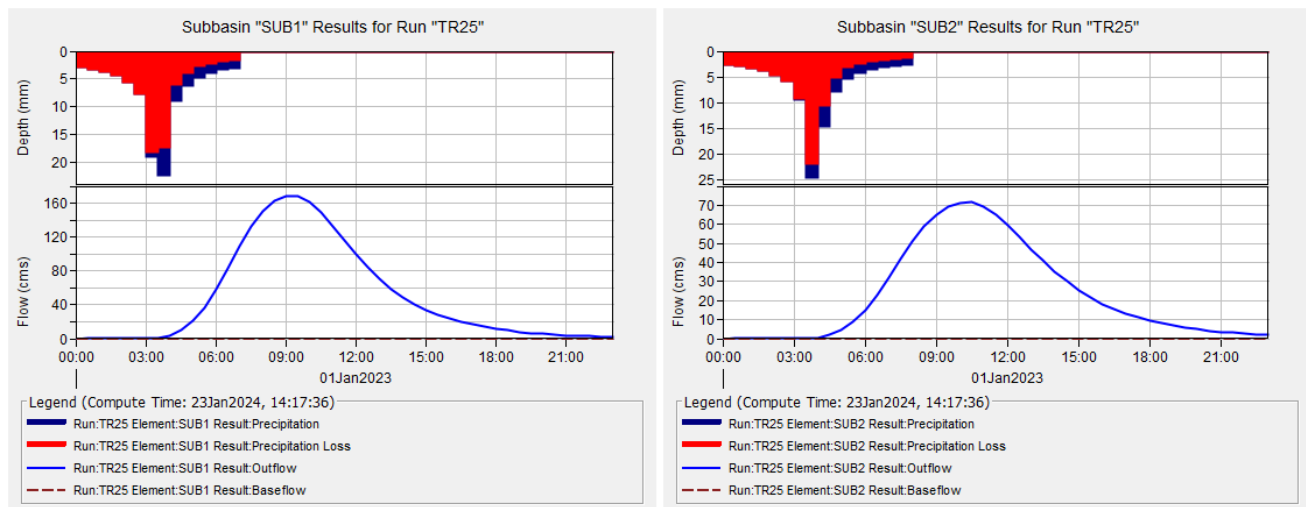


Figura 109 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Rio Mandu para TR 25

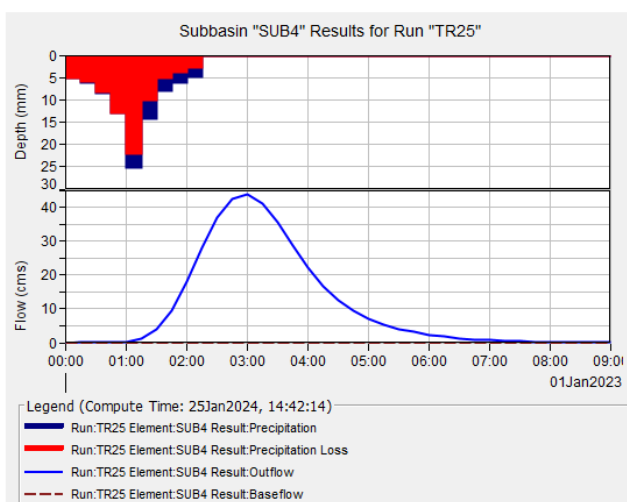
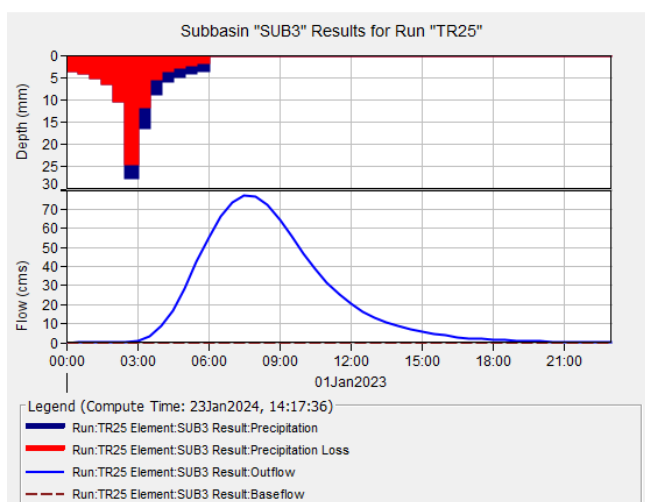


Figura 110 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Rio Mandu para TR 25

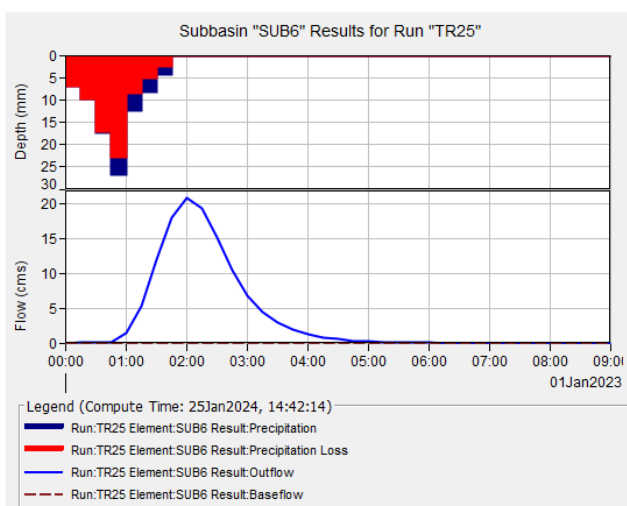
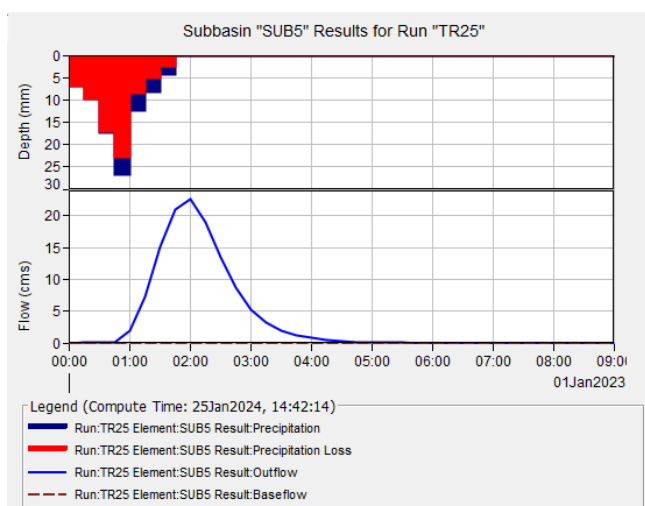


Figura 111 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Rio Mandu para TR 25

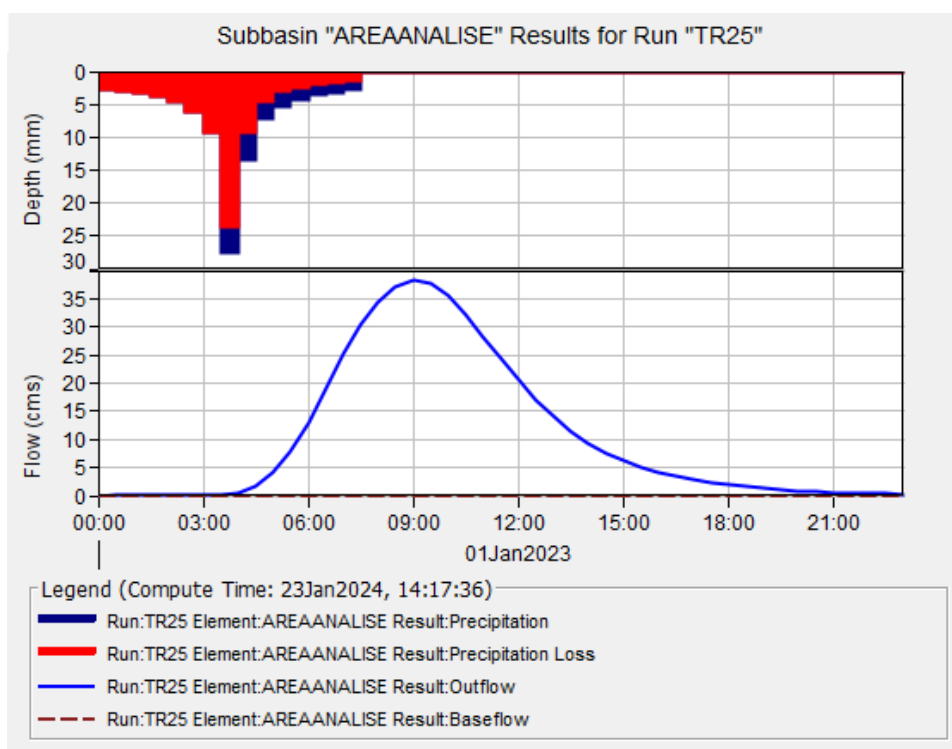


Figura 112 – Hidrograma de projeto para área de interesse do Rio Mandu para TR 25

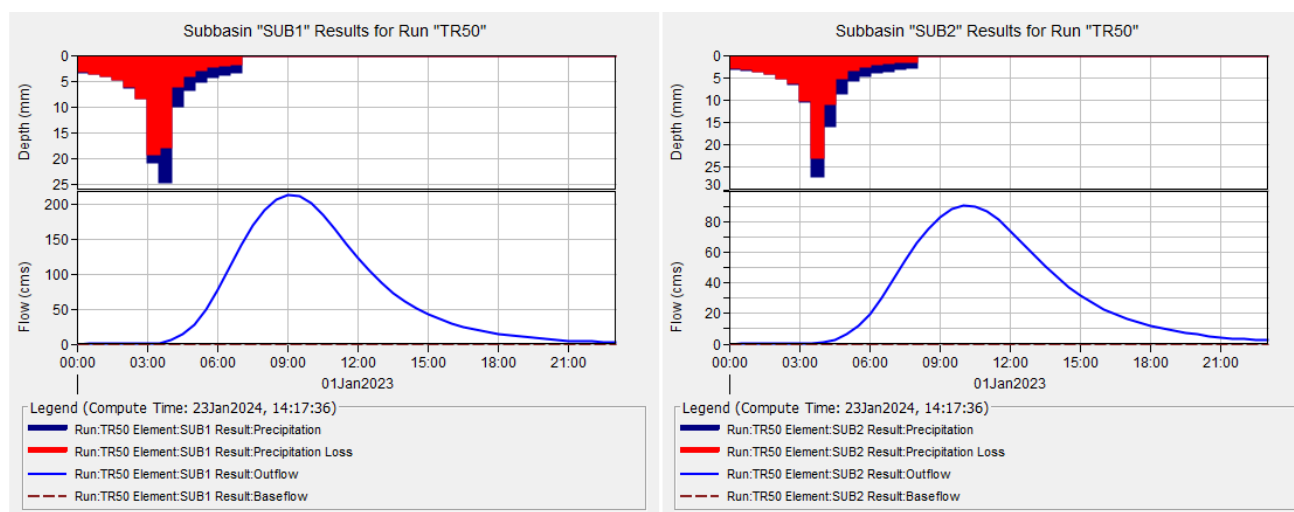


Figura 113 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Rio Mandu para TR 50

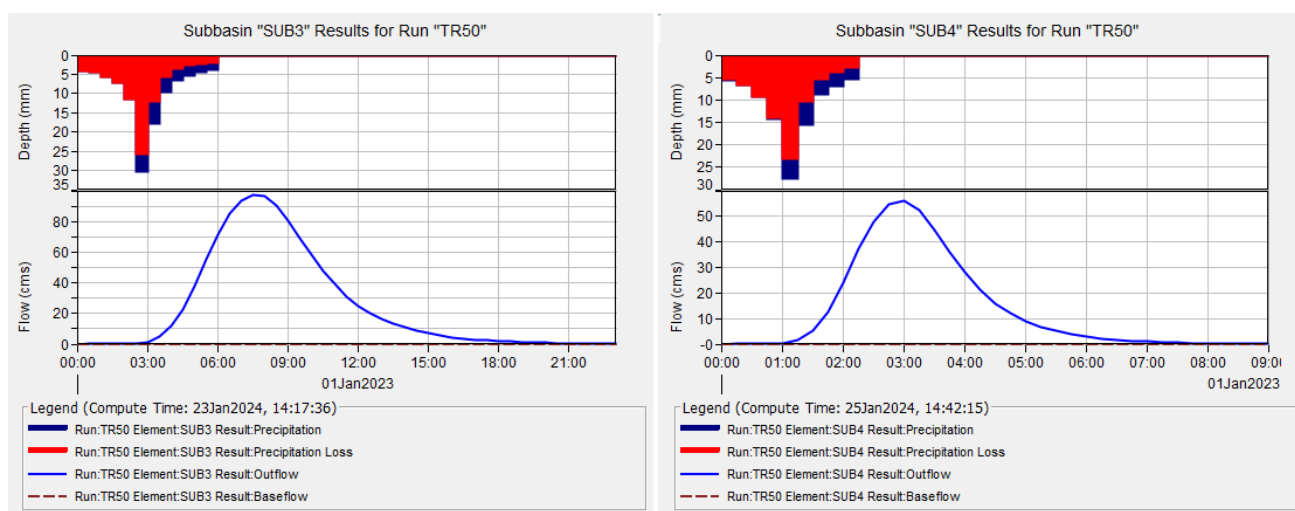


Figura 114 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Rio Mandu para TR 50

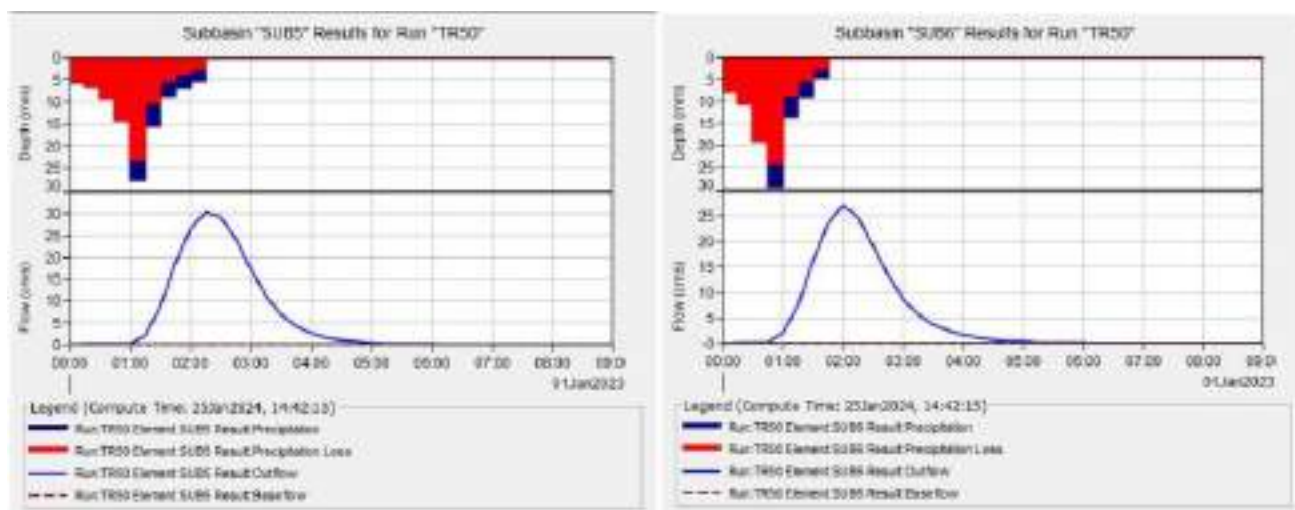


Figura 115 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Rio Mandu para TR 50

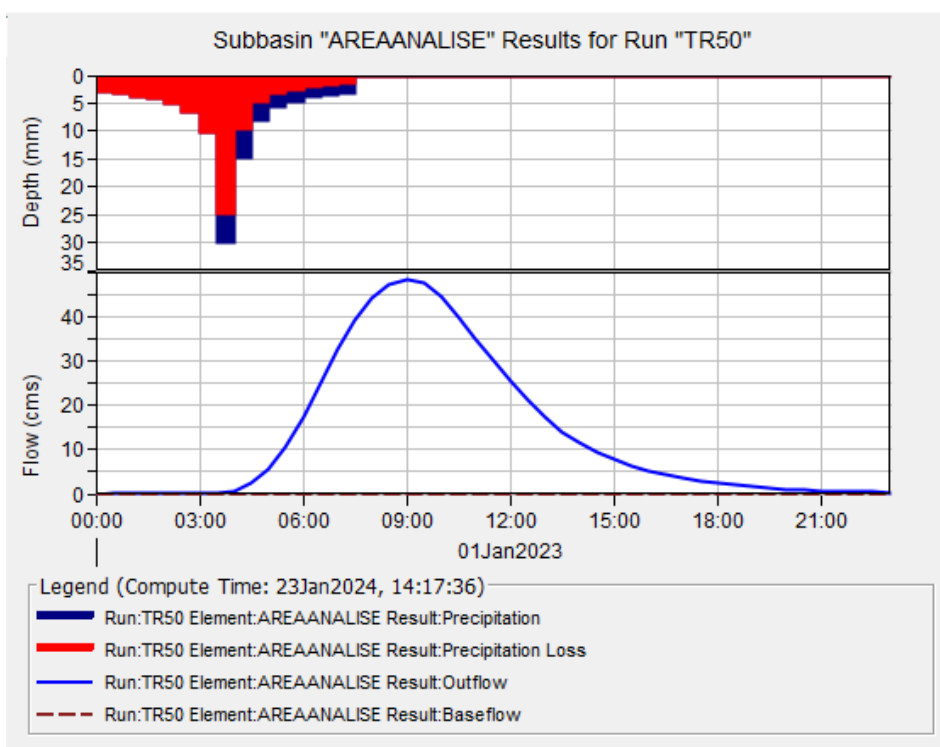


Figura 116 – Hidrograma de projeto para área de interesse do Rio Mandu para TR 50

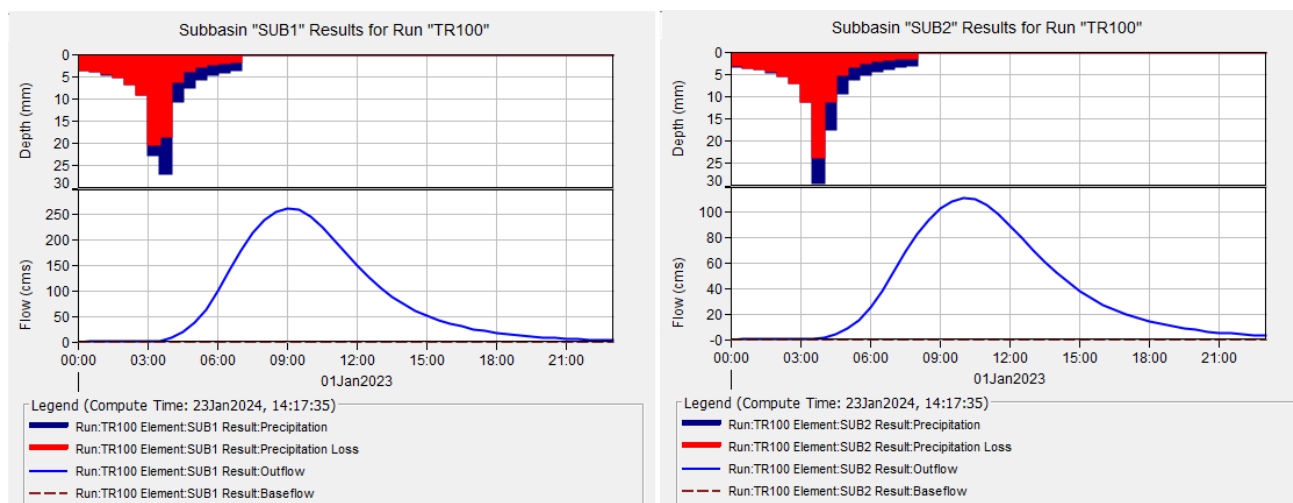


Figura 117 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Rio Mandu para TR 100

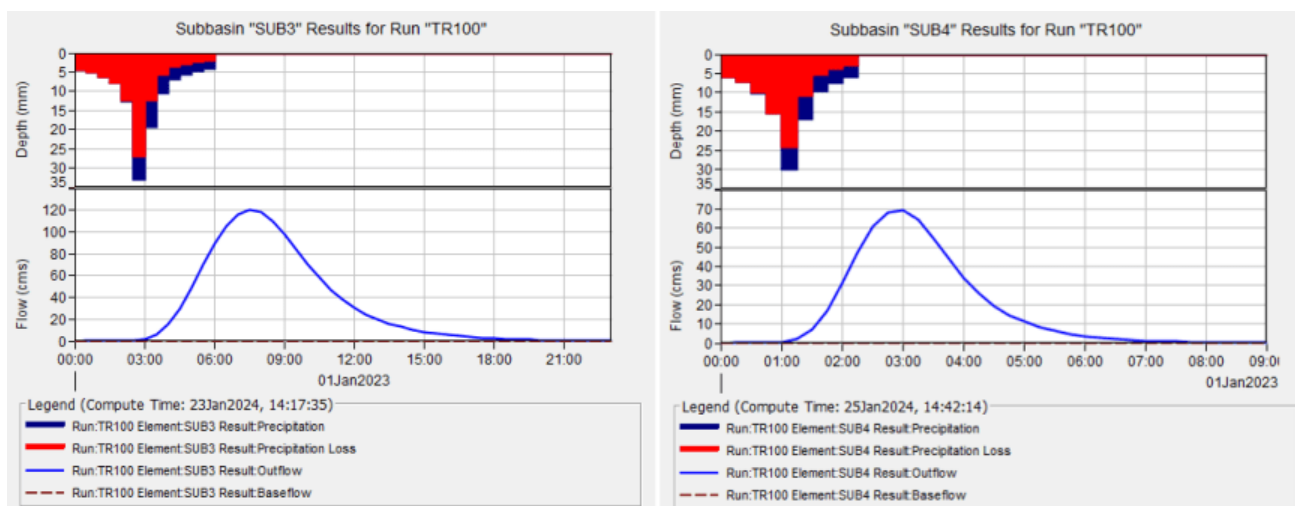


Figura 118 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Rio Mandu para TR 100

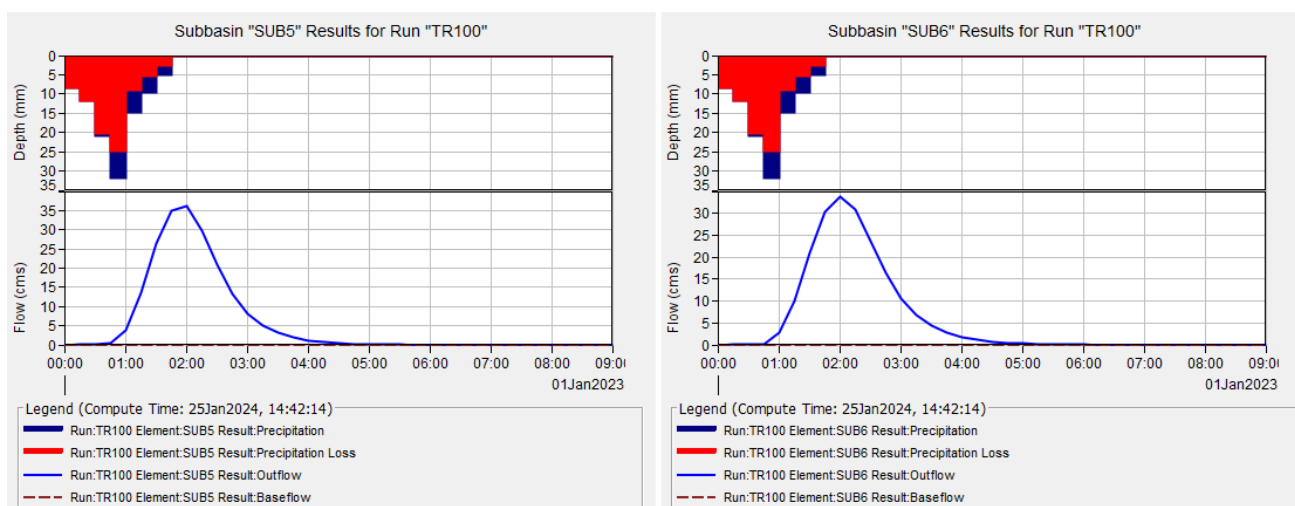


Figura 119 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Rio Mandu para TR 100

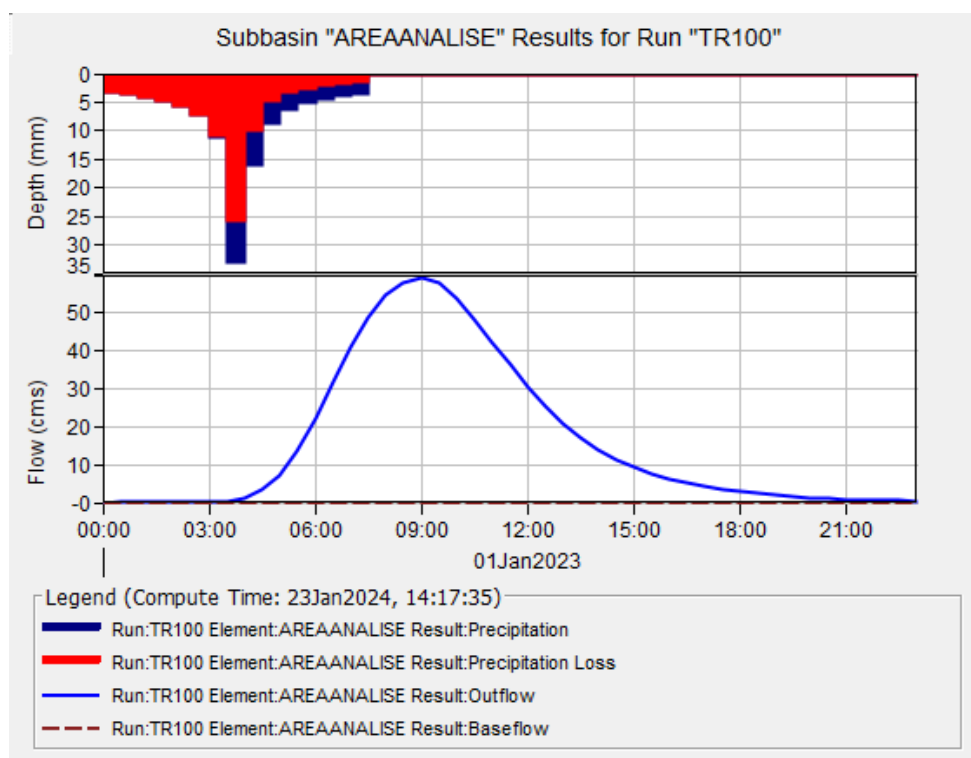


Figura 120 – Hidrograma de projeto para área de interesse do Rio Mandu para TR 100

APÊNDICE I

HIDROGRAMAS DE CHUVA – RIO SAPUCAÍ-MIRIM

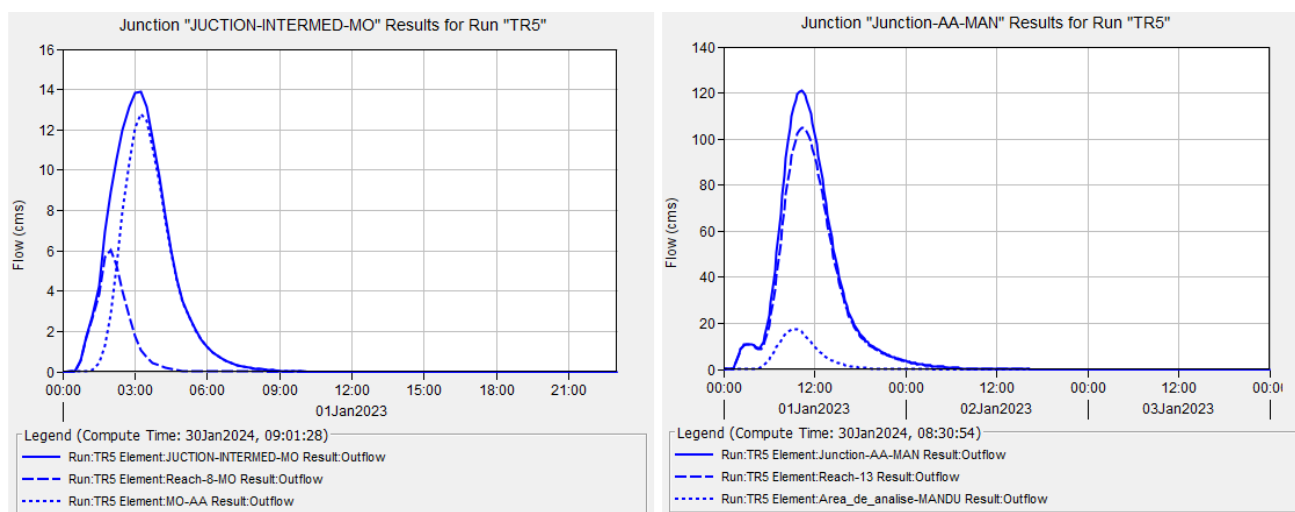


Figura 121 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Rio Sapucaí-Mirim para TR 5

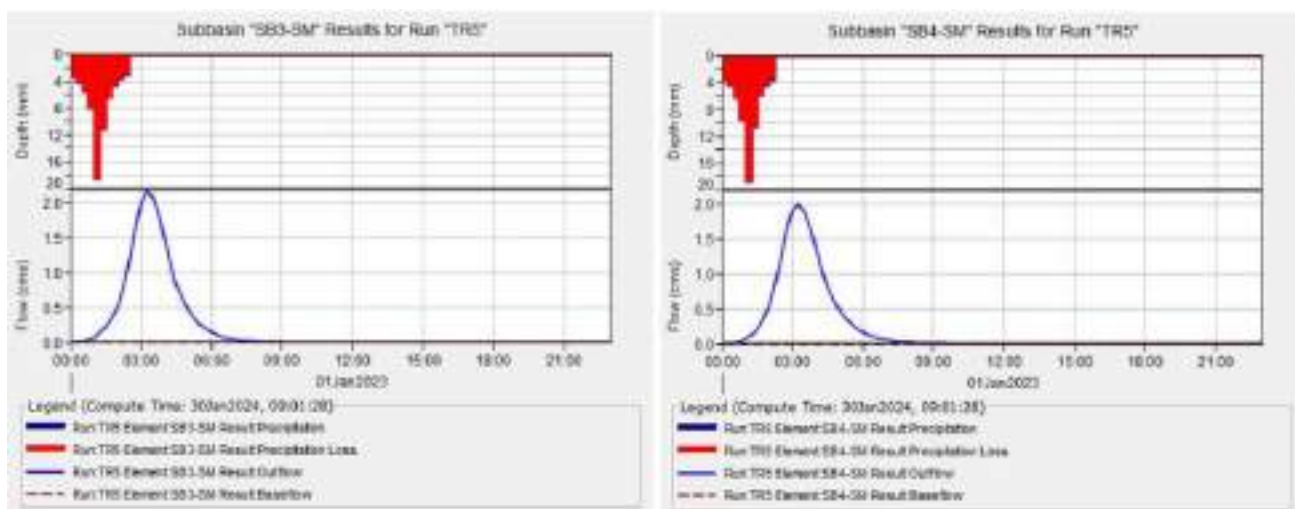


Figura 122 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Rio Sapucaí-Mirim para TR 5

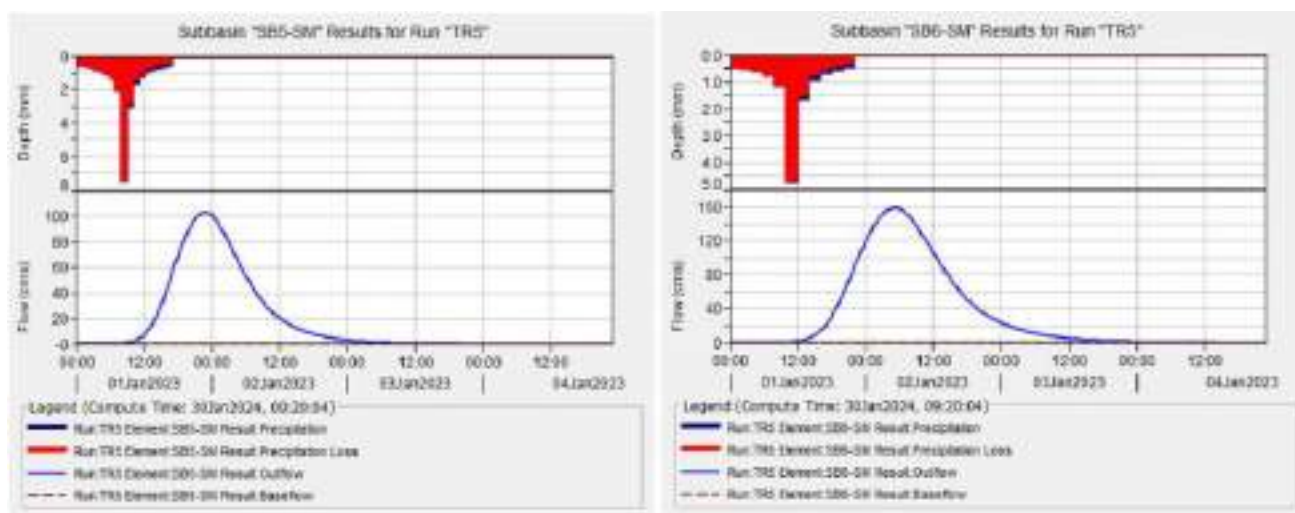


Figura 123 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Rio Sapucaí-Mirim para TR 5

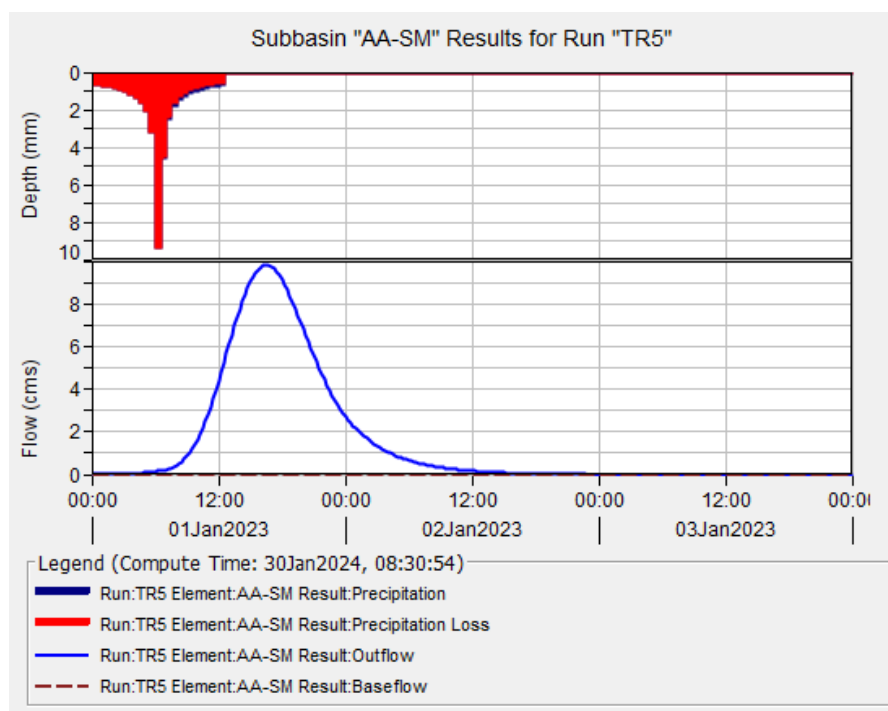


Figura 124 – Hidrograma de projeto para sub-bacia área de interesse do Rio Sapucaí-Mirim para TR 5

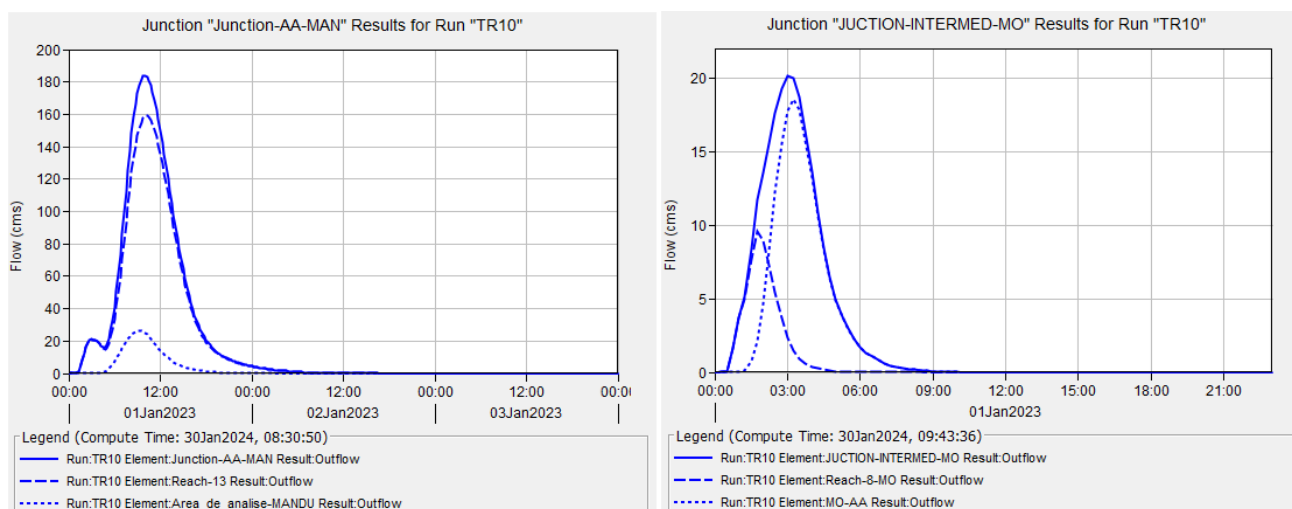


Figura 125 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Rio Sapucaí-Mirim para TR 10

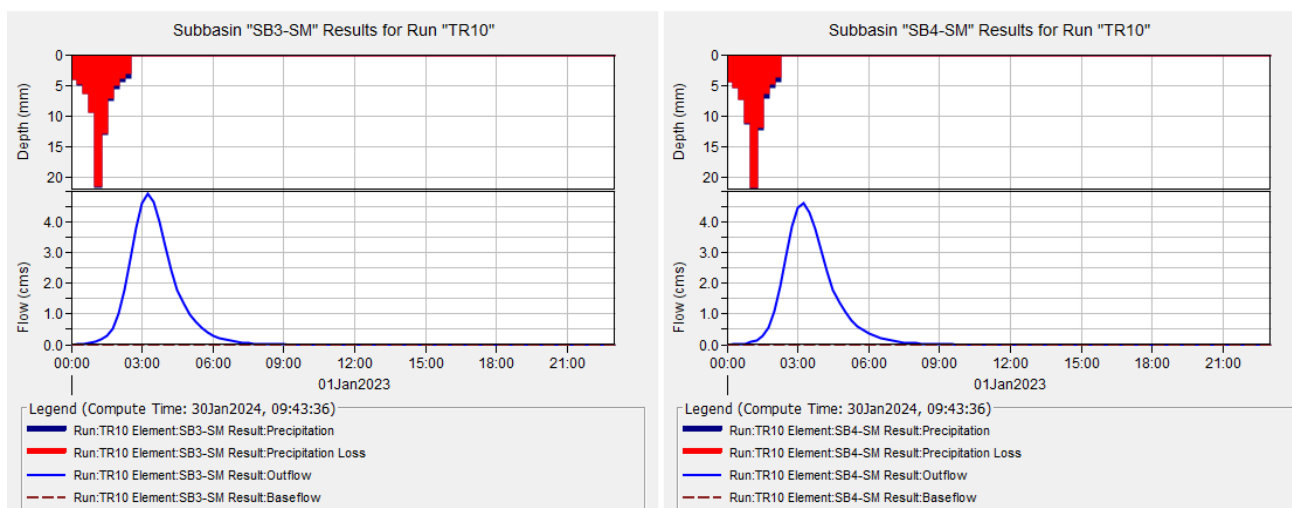


Figura 126 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Rio Sapucaí-Mirim para TR 10

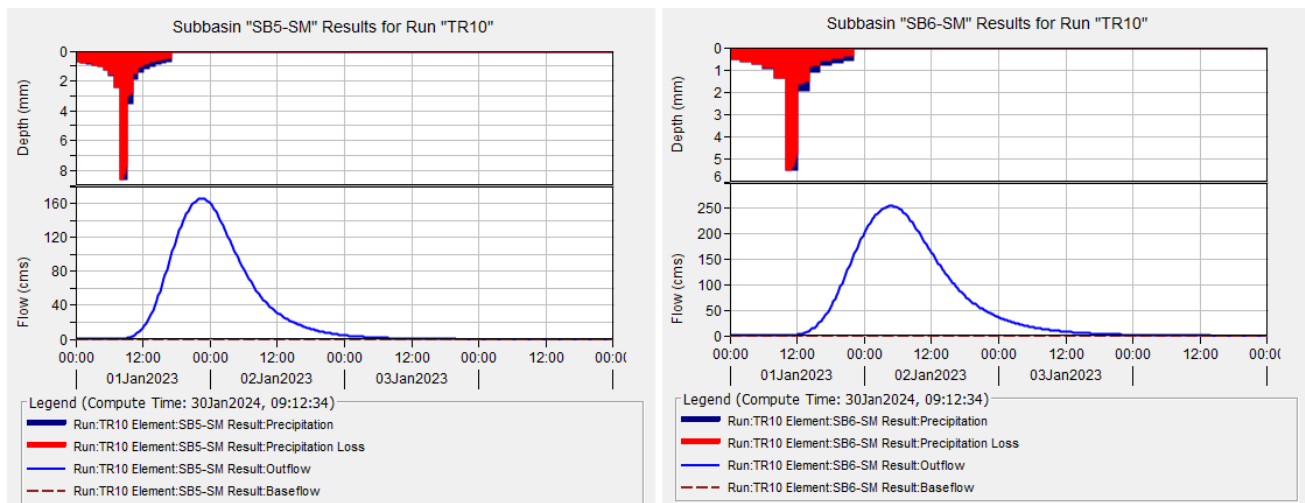


Figura 127 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Rio Sapucaí-Mirim para TR 10

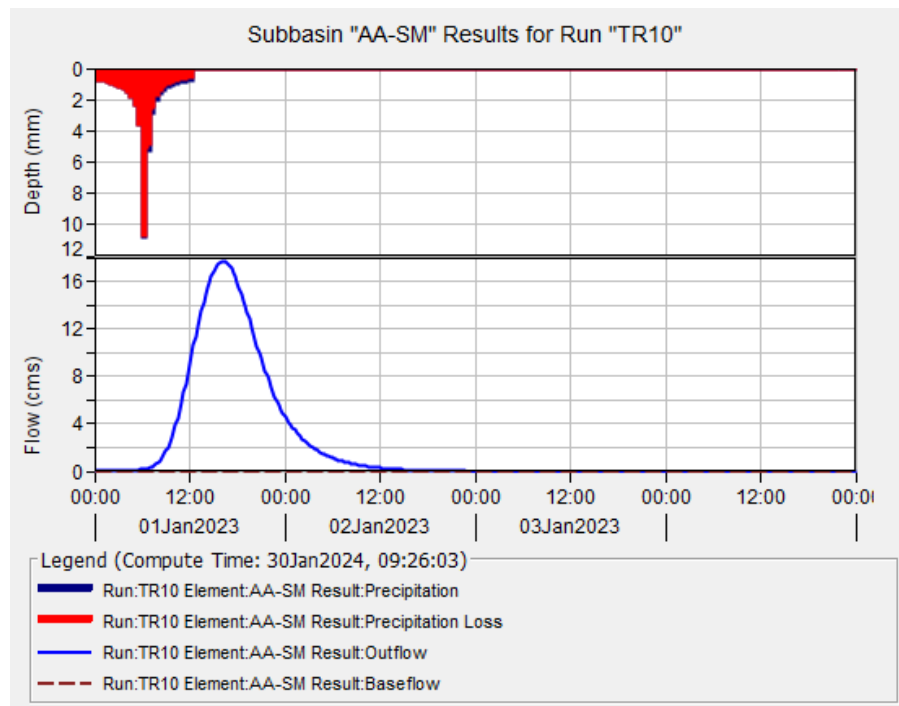


Figura 128 – Hidrograma de projeto para sub-bacia área de interesse do Rio Sapucaí-Mirim para TR 10

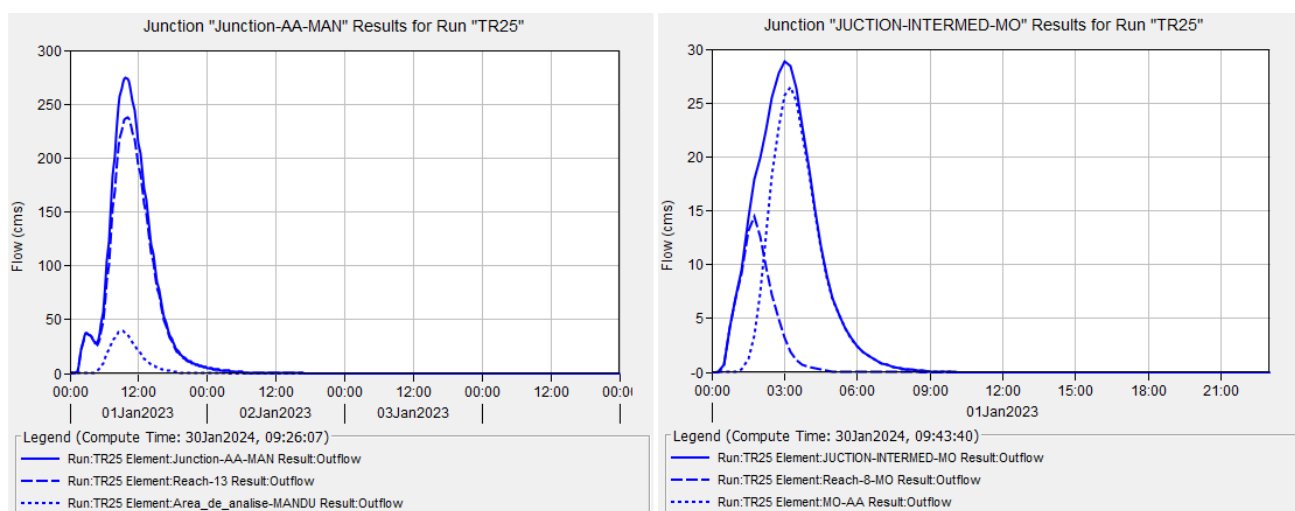


Figura 129 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Rio Sapucaí-Mirim para TR 25

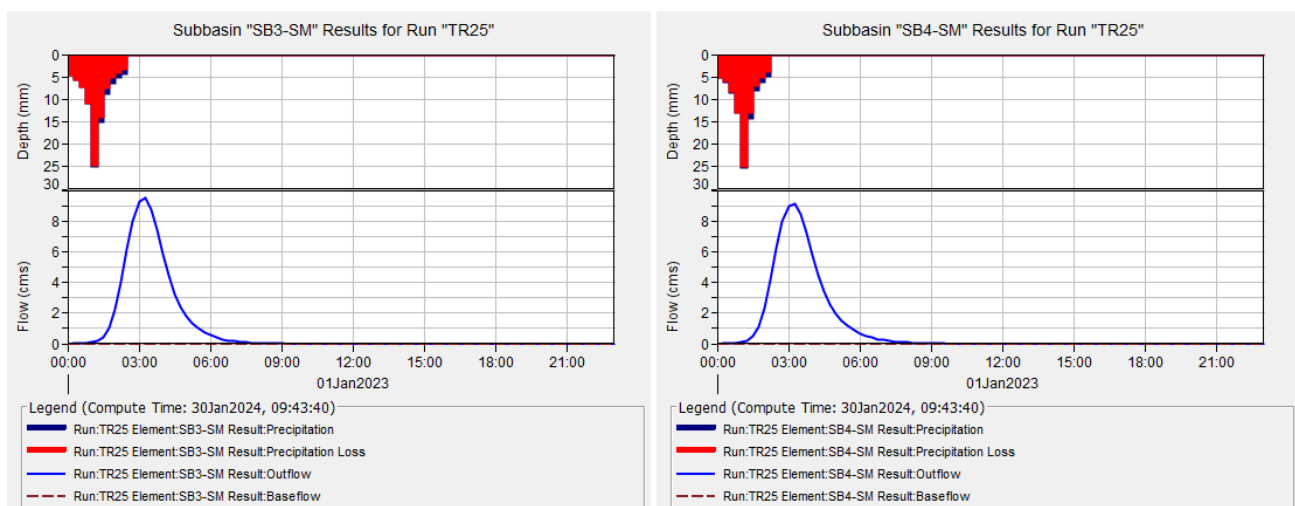


Figura 130 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Rio Sapucaí-Mirim para TR 25

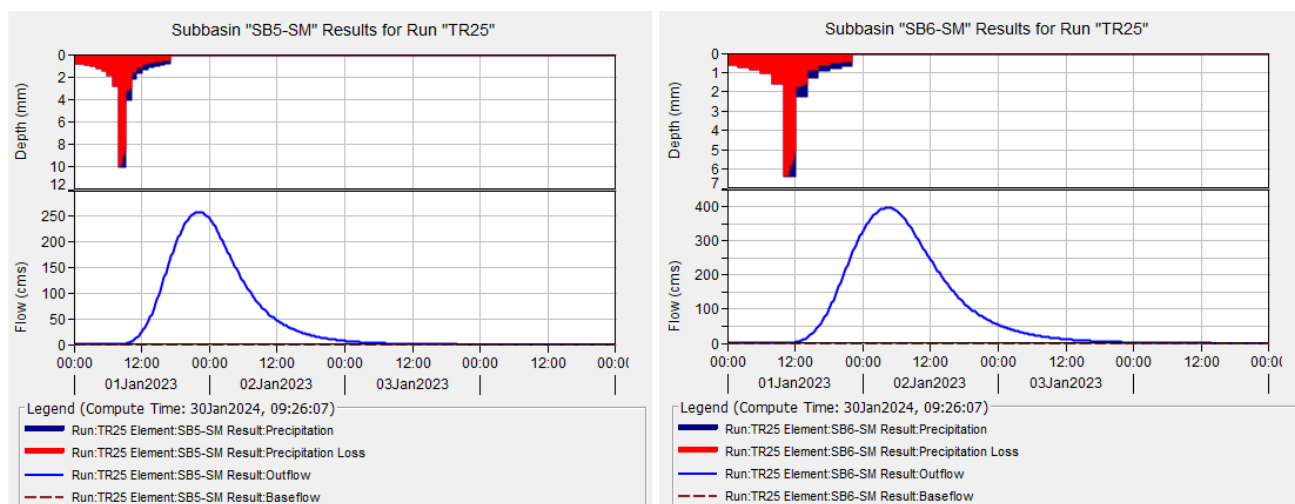


Figura 131 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Rio Sapucaí-Mirim para TR 25

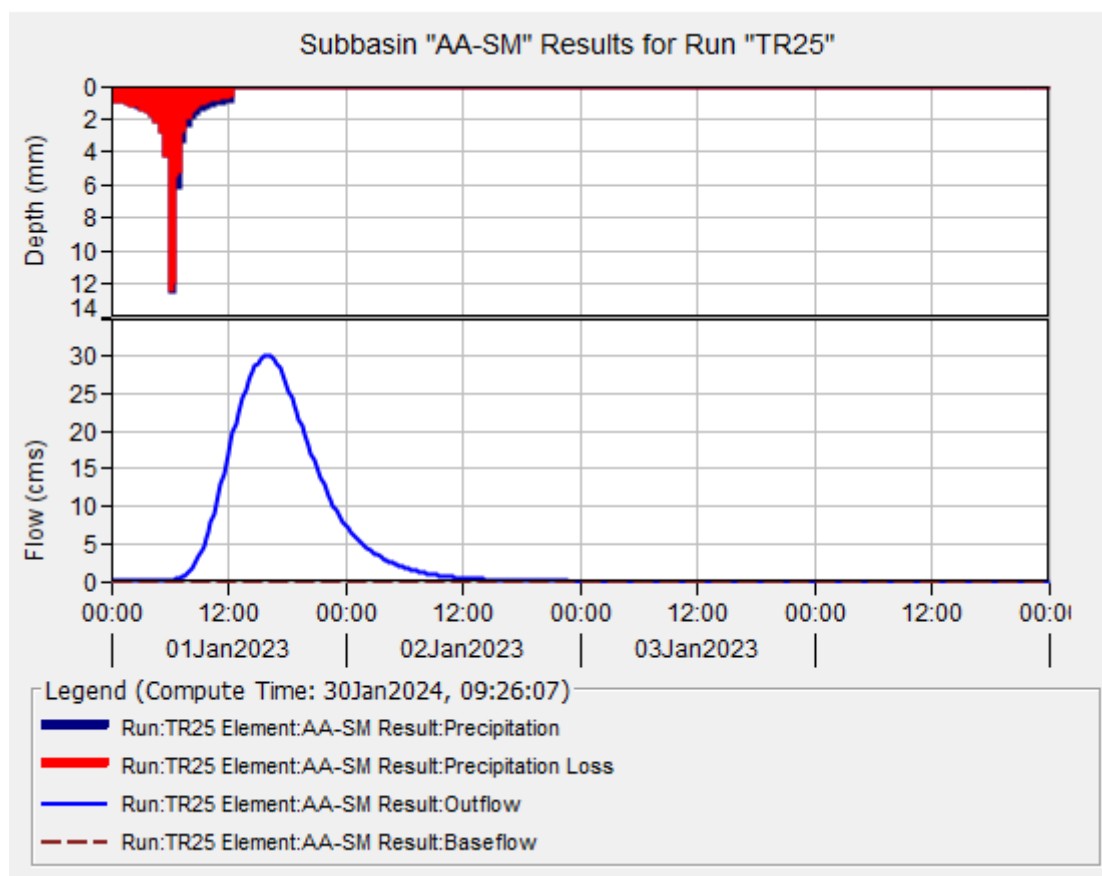


Figura 132 – Hidrograma de projeto para sub-bacia área de interesse do Rio Sapucaí-Mirim para TR 25

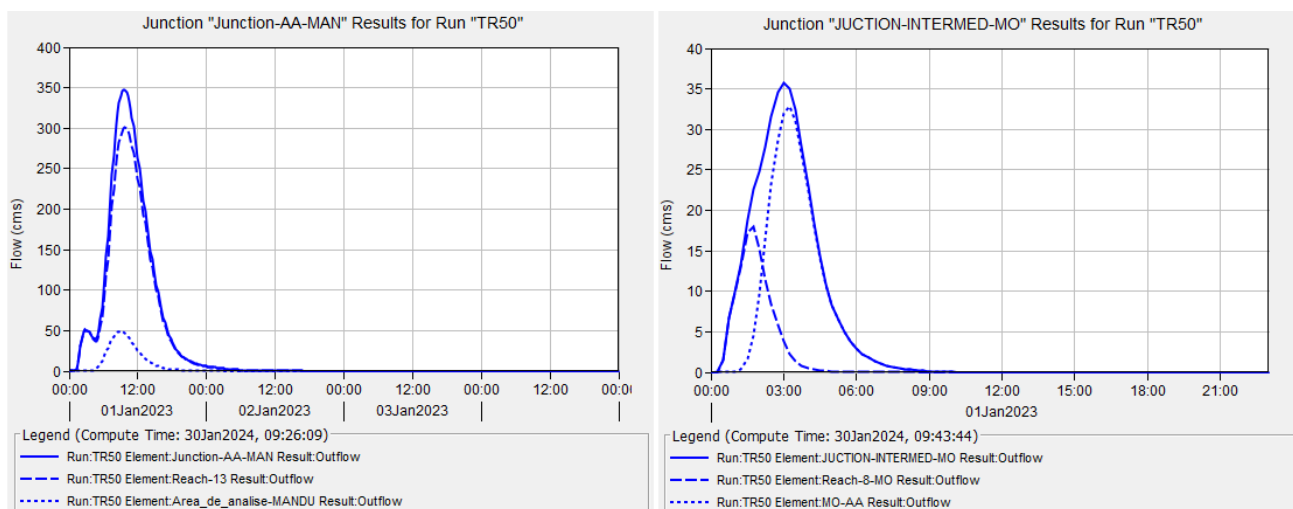


Figura 133 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Rio Sapucaí-Mirim para TR 50

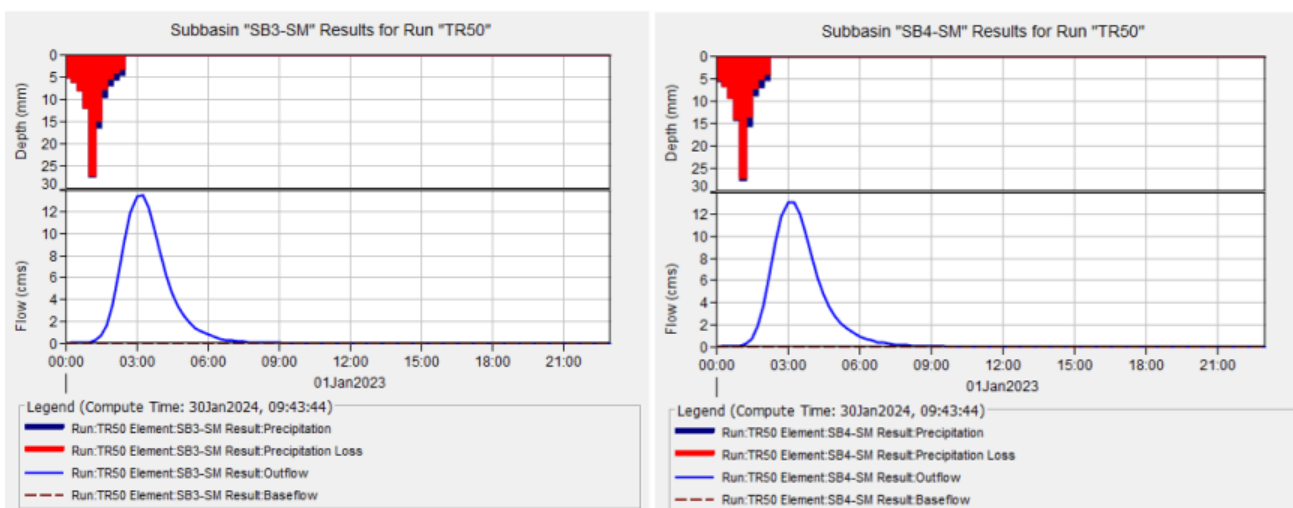


Figura 134 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Rio Sapucaí-Mirim para TR 50

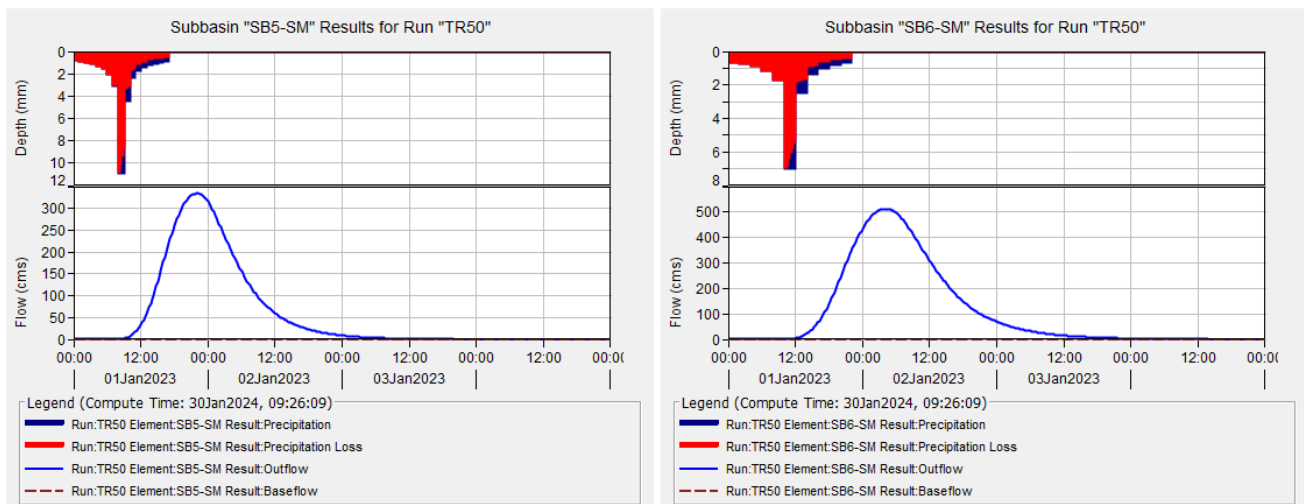


Figura 135 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Rio Sapucaí-Mirim para TR 50

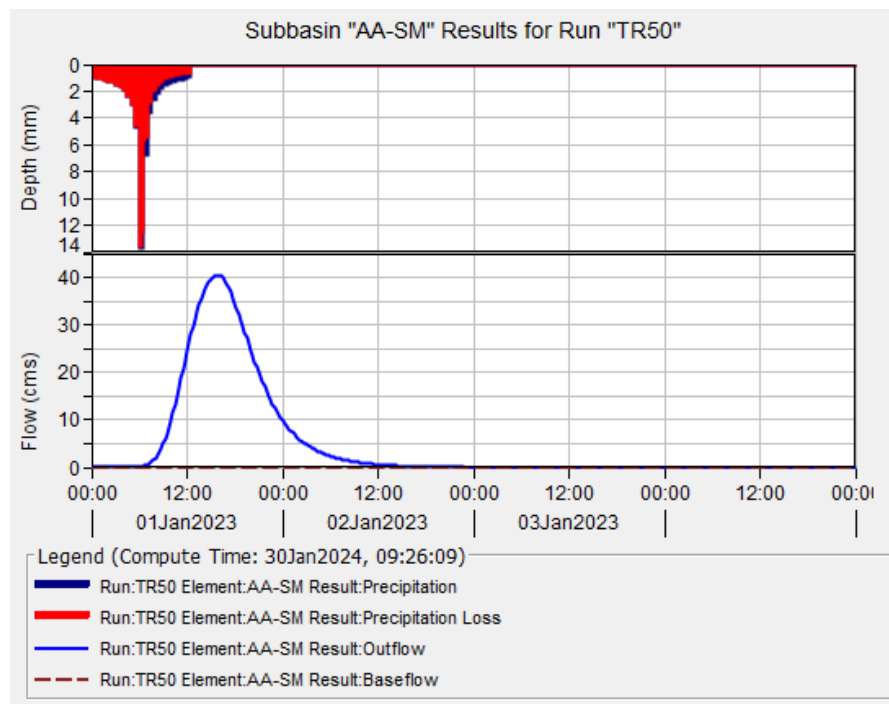


Figura 136 – Hidrograma de projeto para sub-bacia área de interesse do Rio Sapucaí-Mirim para TR 50

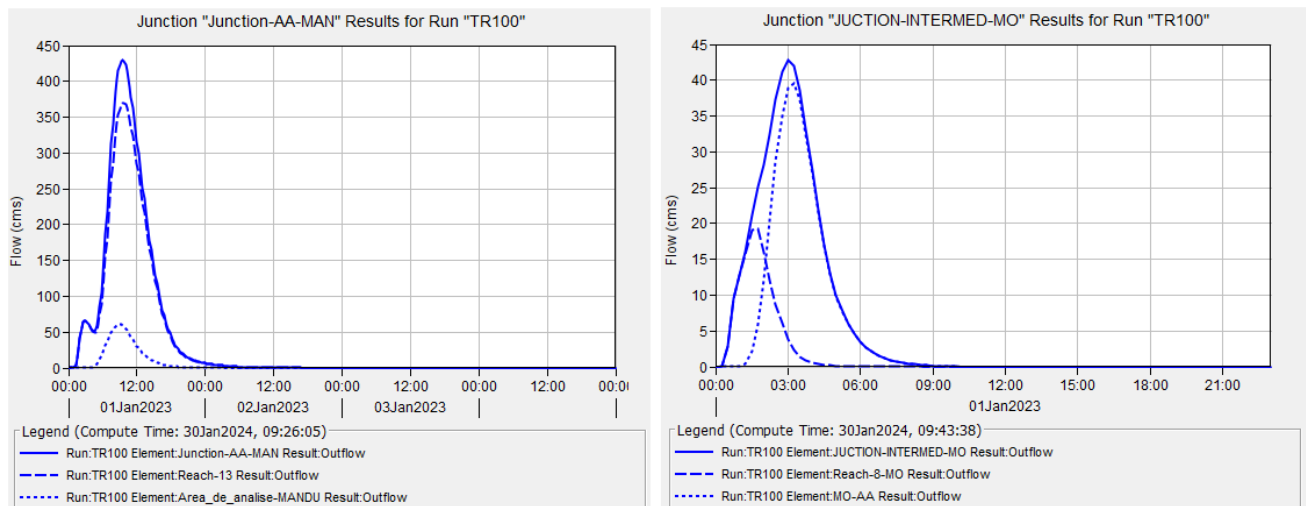


Figura 137 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB1 e SUB2 do Rio Sapucaí-Mirim para TR 100

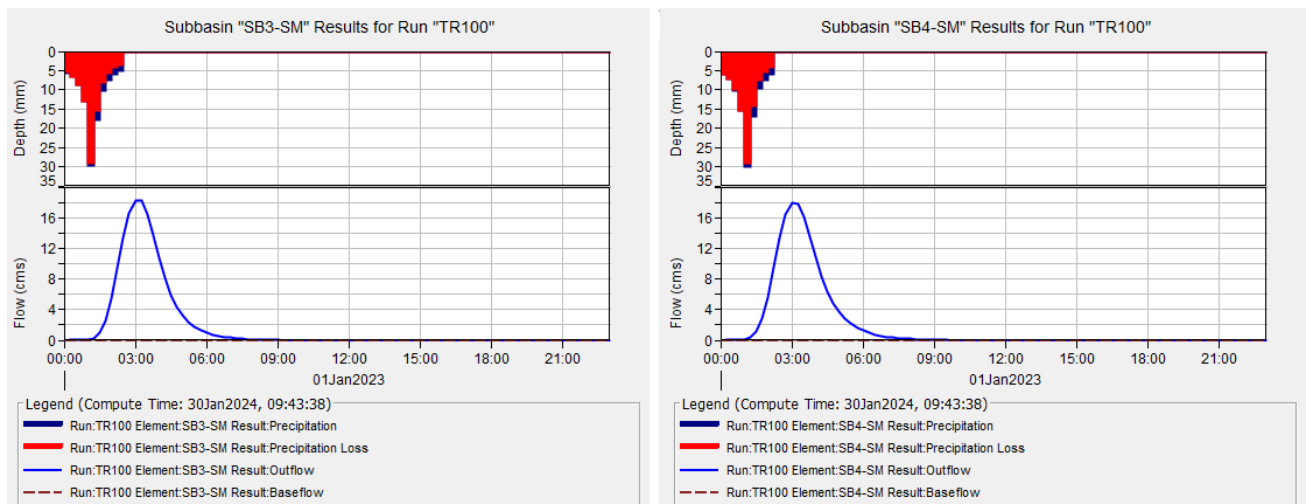


Figura 138 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB3 e SUB4 do Rio Sapucaí-Mirim para TR 100

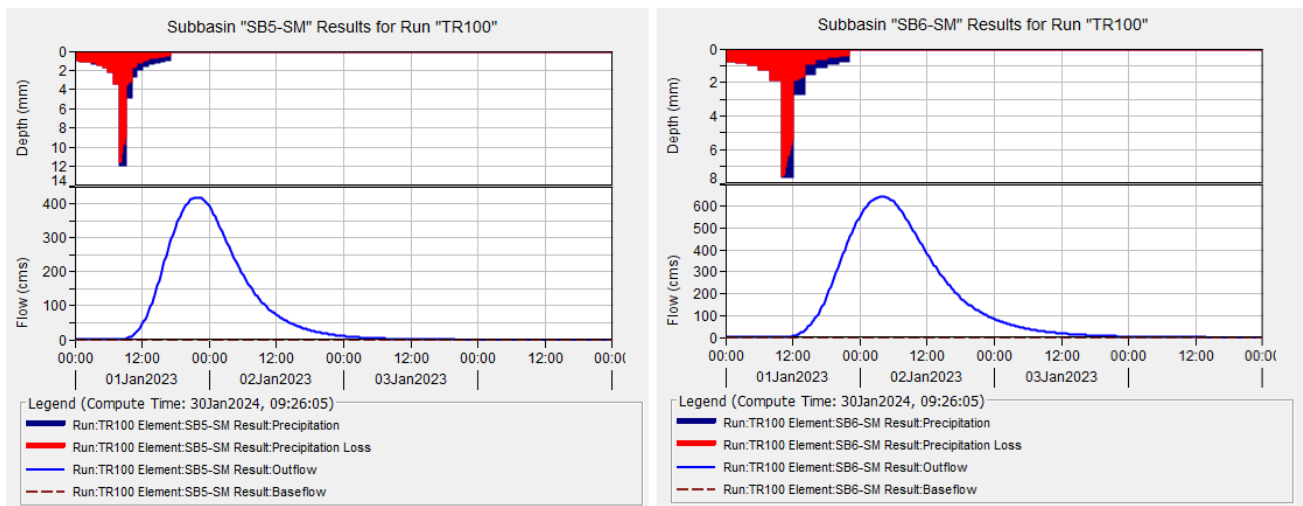


Figura 139 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB5 e SUB6 do Rio Sapucaí-Mirim para TR 100

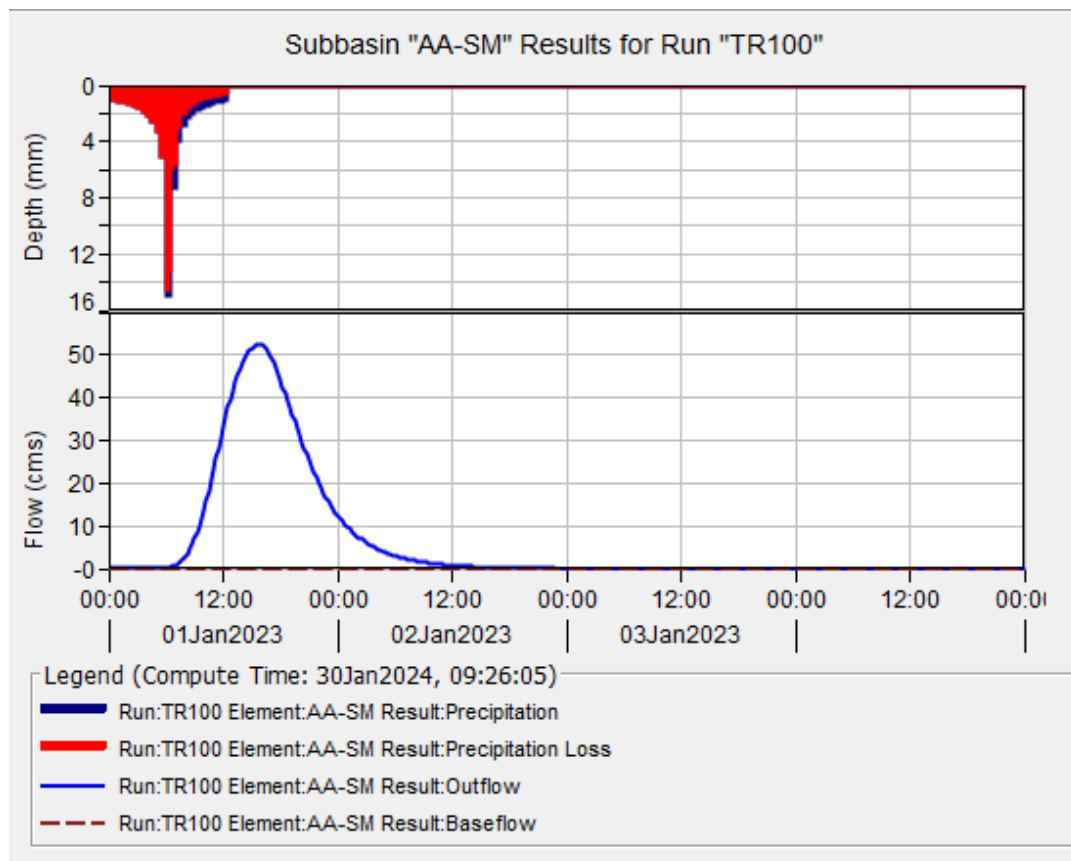


Figura 140 – Hidrograma de projeto para sub-bacia área de interesse do Rio Sapucaí-Mirim para TR 100

APÊNDICE J

HIDROGRAMAS DE CHUVA – RIO SAPUCAÍ

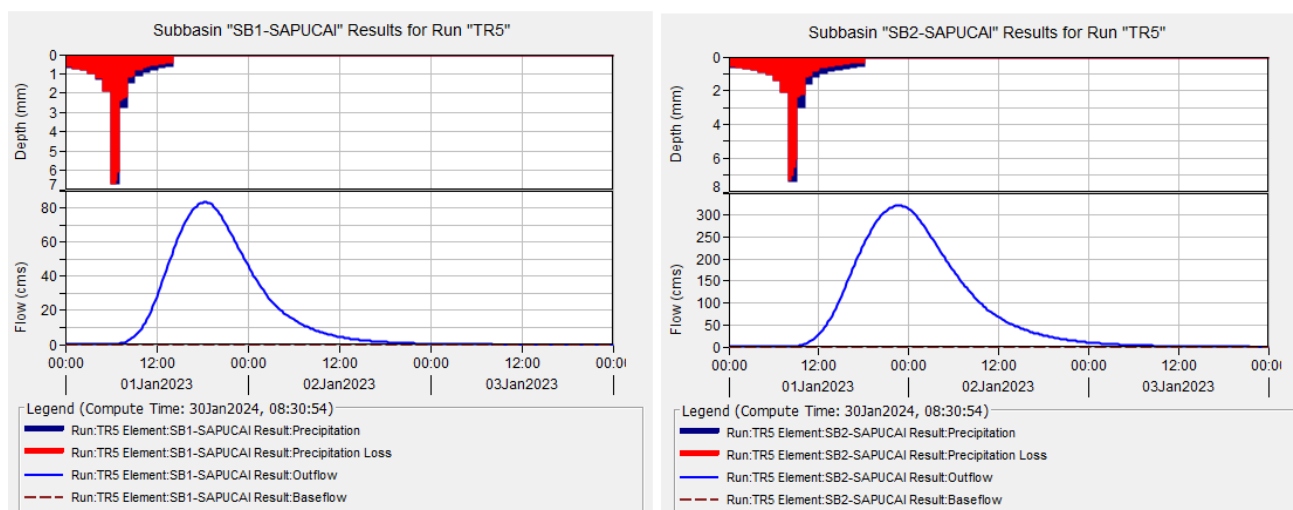


Figura 141 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB2_sub1 e SUB2_sub2 do Rio Sapucaí para TR 5

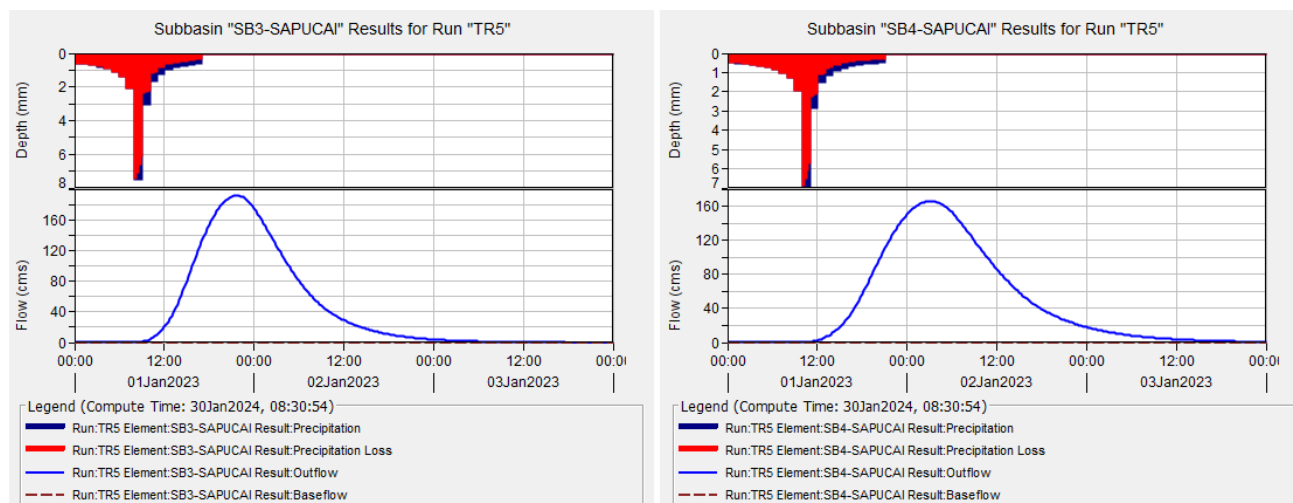


Figura 142 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB2_sub3 e SUB2_sub4 do Rio Sapucaí para TR 5

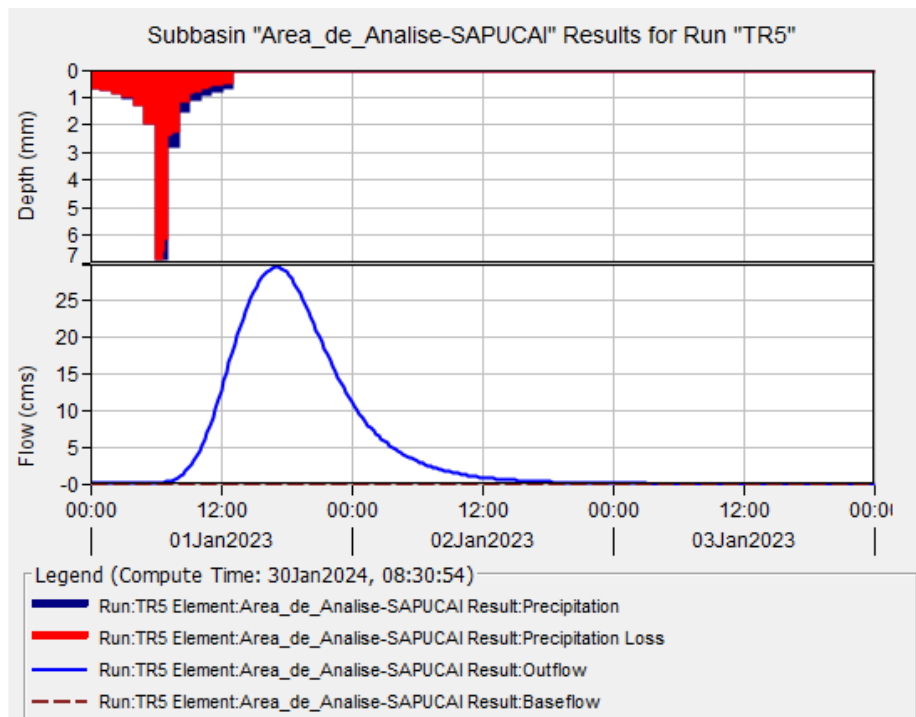


Figura 143 – Hidrograma de projeto para sub-bacia área de interesse do Rio Sapucaí para TR 5

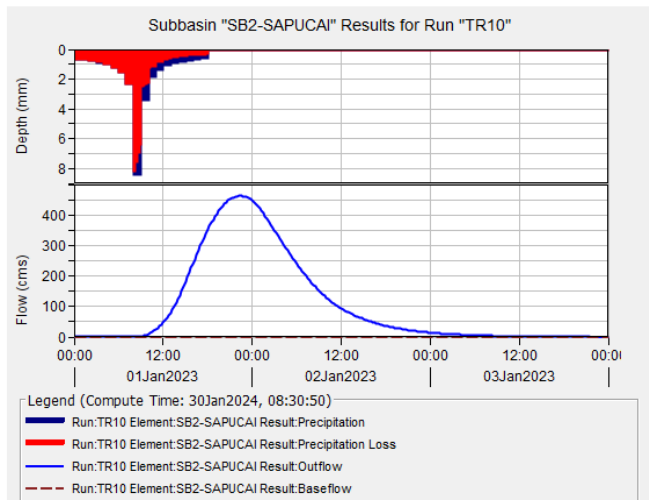
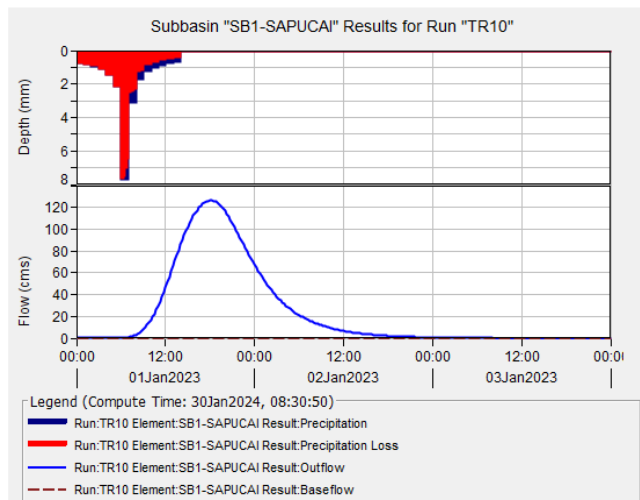


Figura 144 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB2_sub1 e SUB2_sub2 do Rio Sapucaí para TR 10

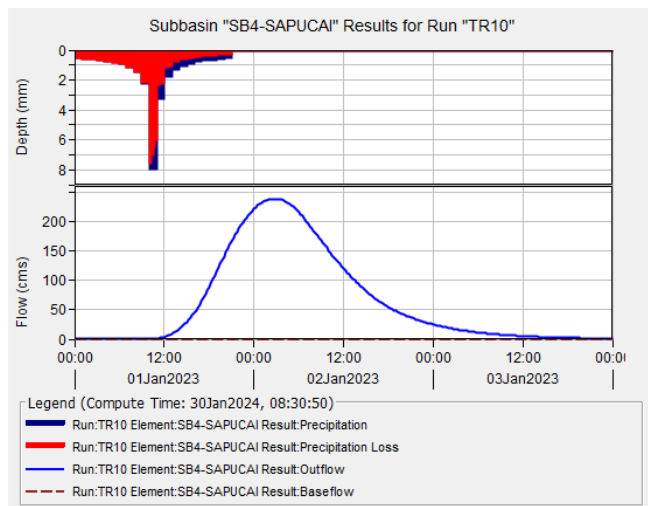
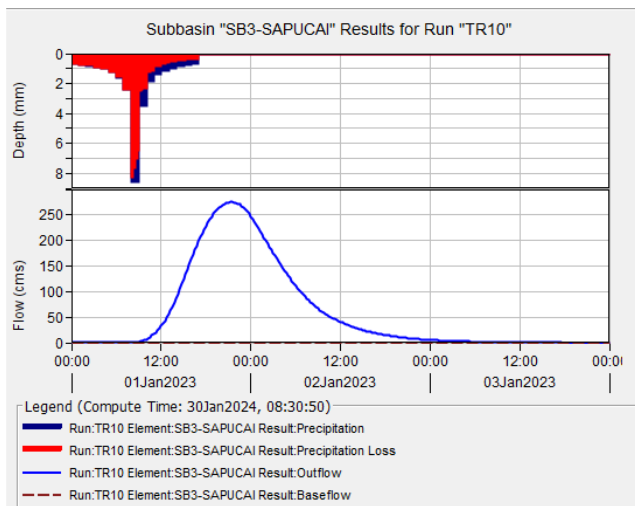


Figura 145 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB2_sub3 e SUB2_sub4 do Rio Sapucaí para TR 10

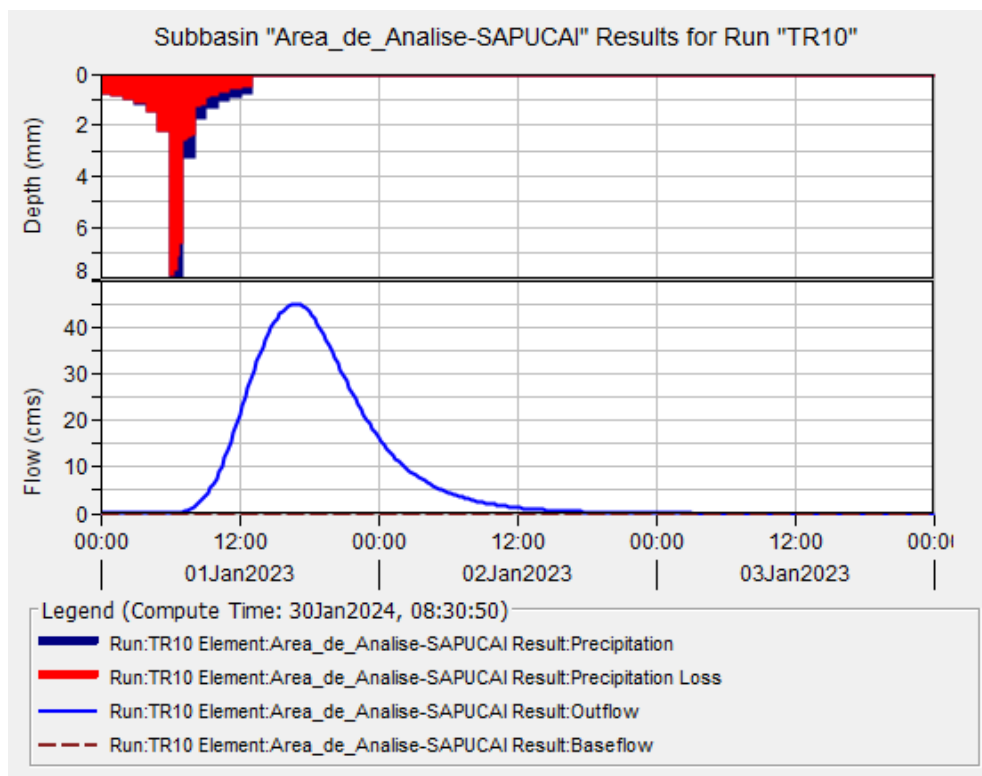


Figura 146 – Hidrograma de projeto para sub-bacia área de interesse do Rio Sapucaí para TR 10

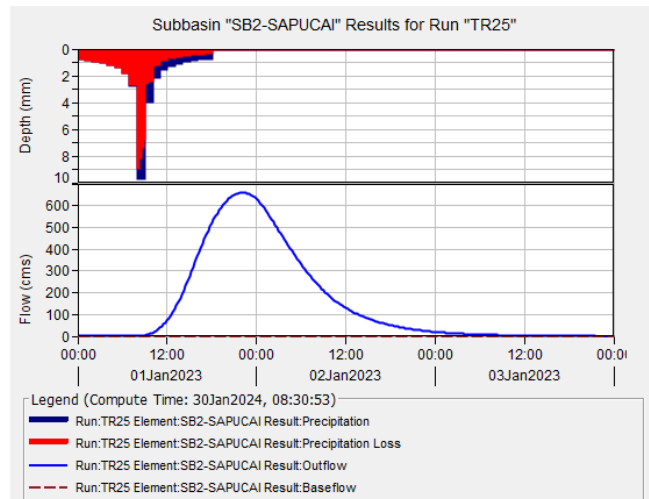
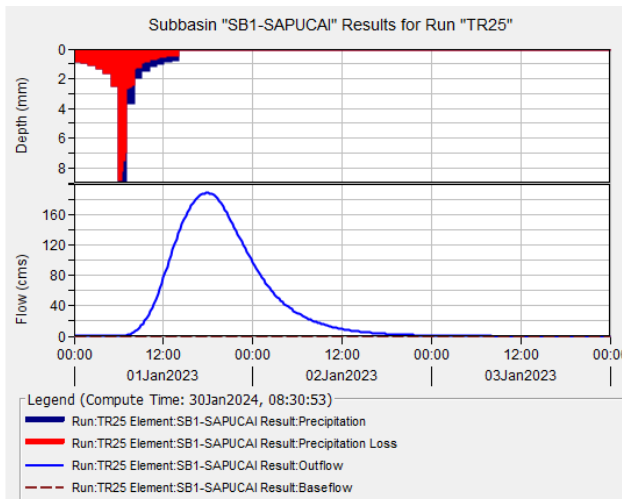


Figura 147 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB2_sub1 e SUB2_sub2 do Rio Sapucaí para TR 25

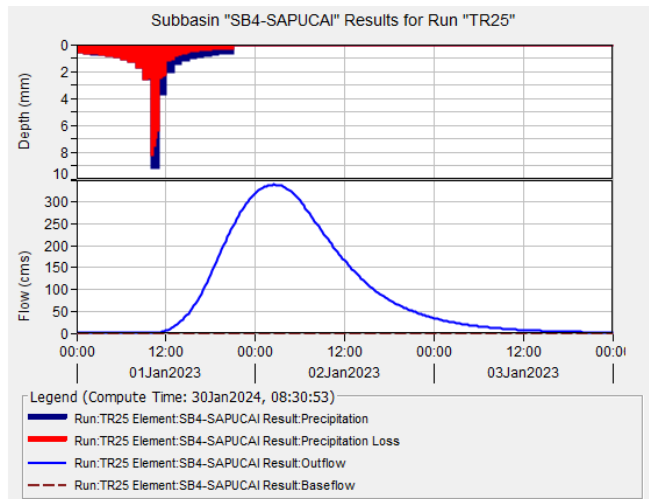
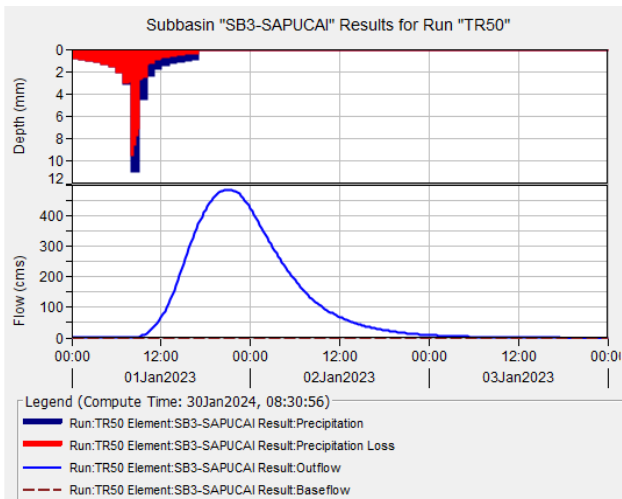


Figura 148 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB2_sub3 e SUB2_sub4 do Rio Sapucaí para TR 25

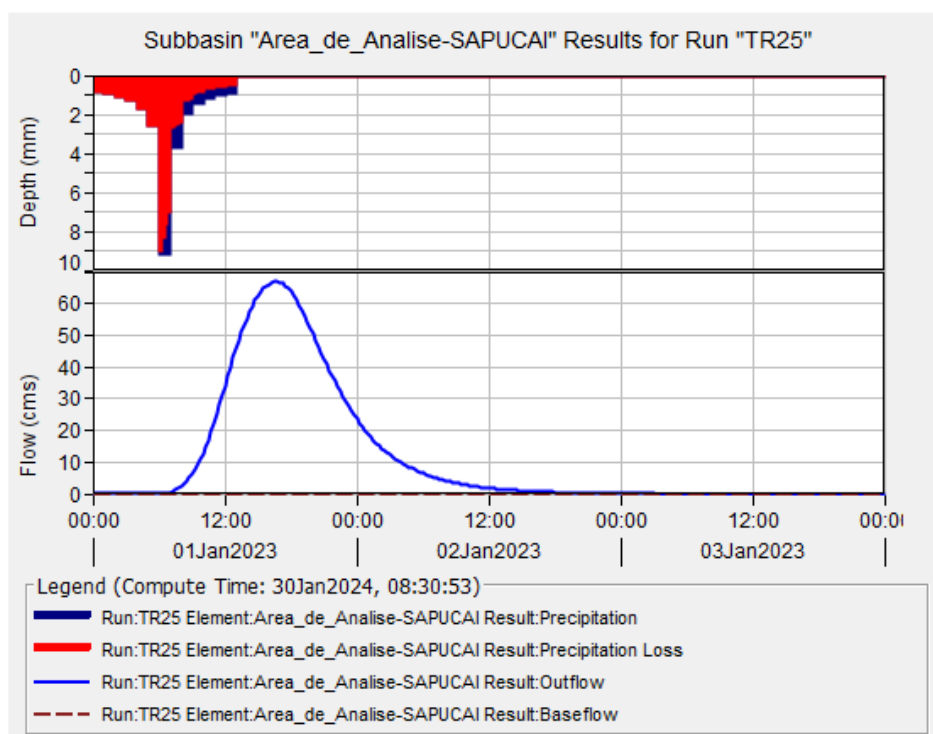


Figura 149 – Hidrograma de projeto para sub-bacia área de interesse do Rio Sapucaí para TR 25

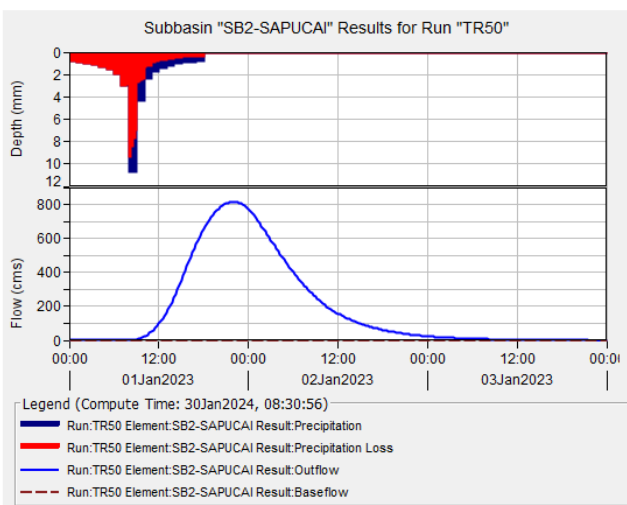
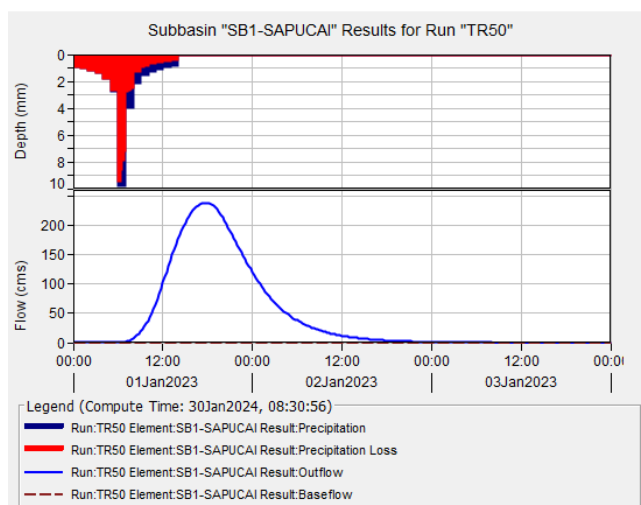


Figura 150 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB2_sub1 e SUB2_sub2 do Rio Sapucaí para TR 50

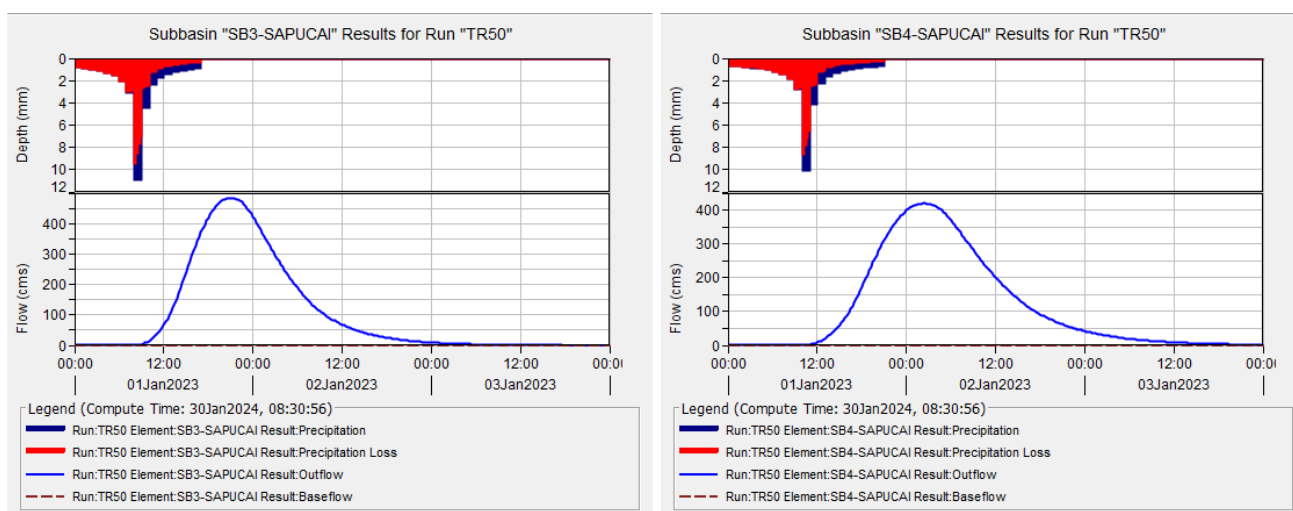


Figura 151 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB2_sub3 e SUB2_sub4 do Rio Sapucaí para TR 50

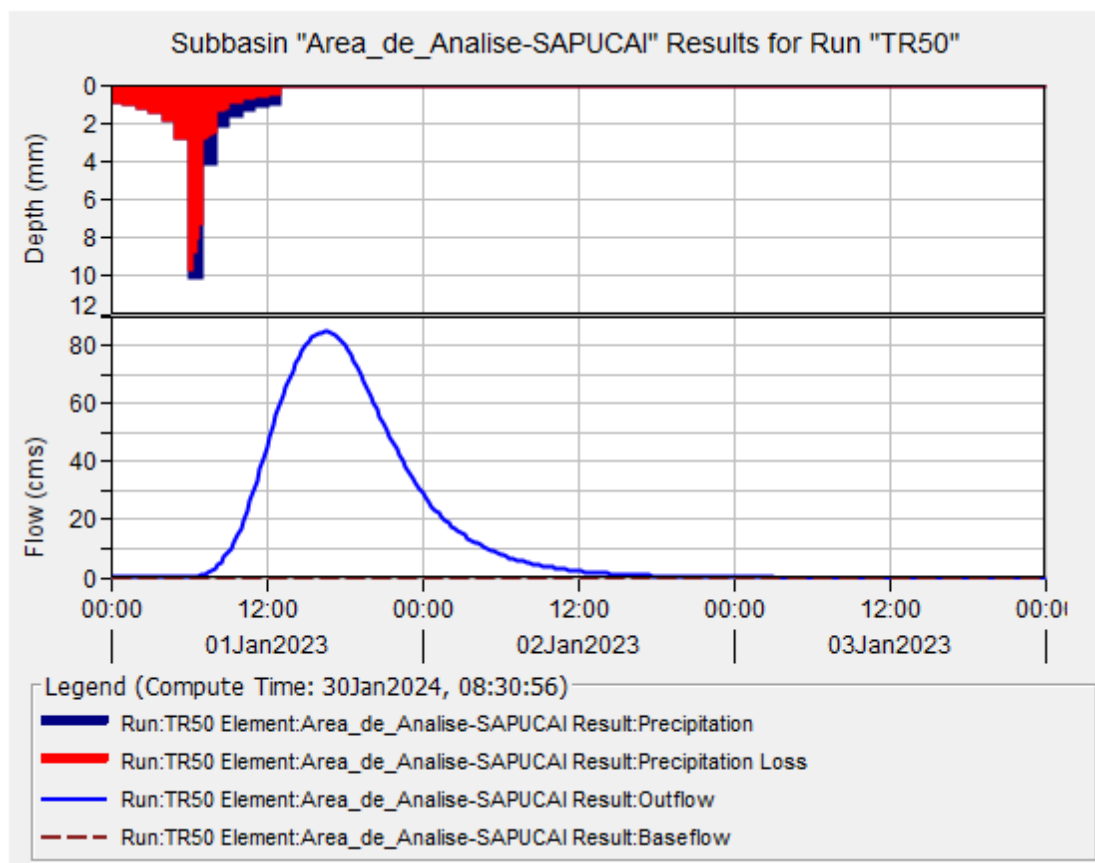


Figura 152 – Hidrograma de projeto para sub-bacia área de interesse do Rio Sapucaí para TR 50

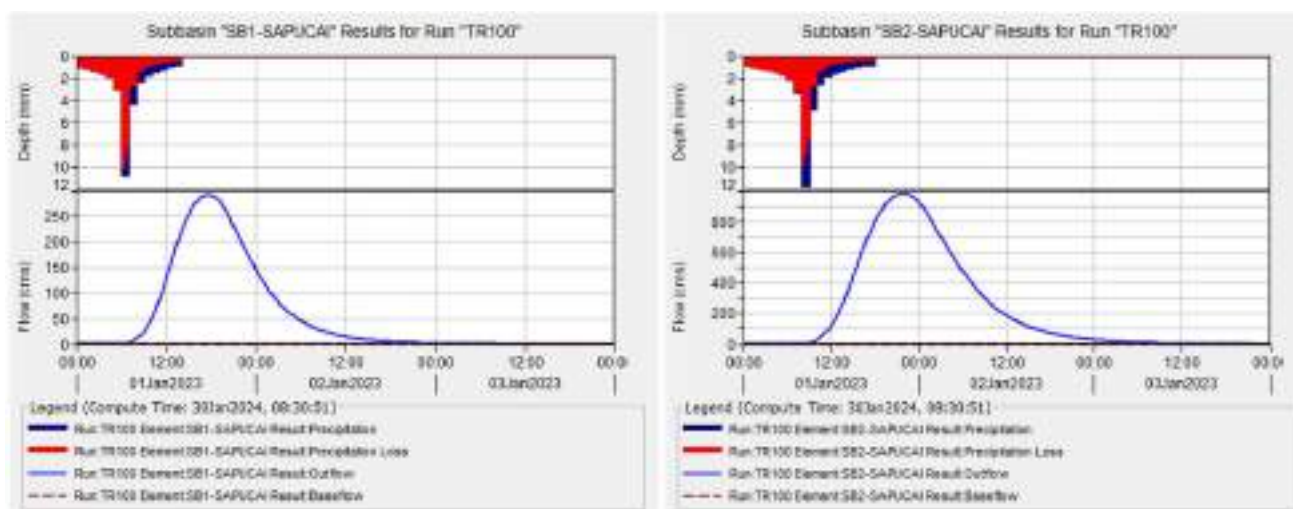


Figura 153 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB2_sub1 e SUB2_sub2 do Rio Sapucaí para TR 100

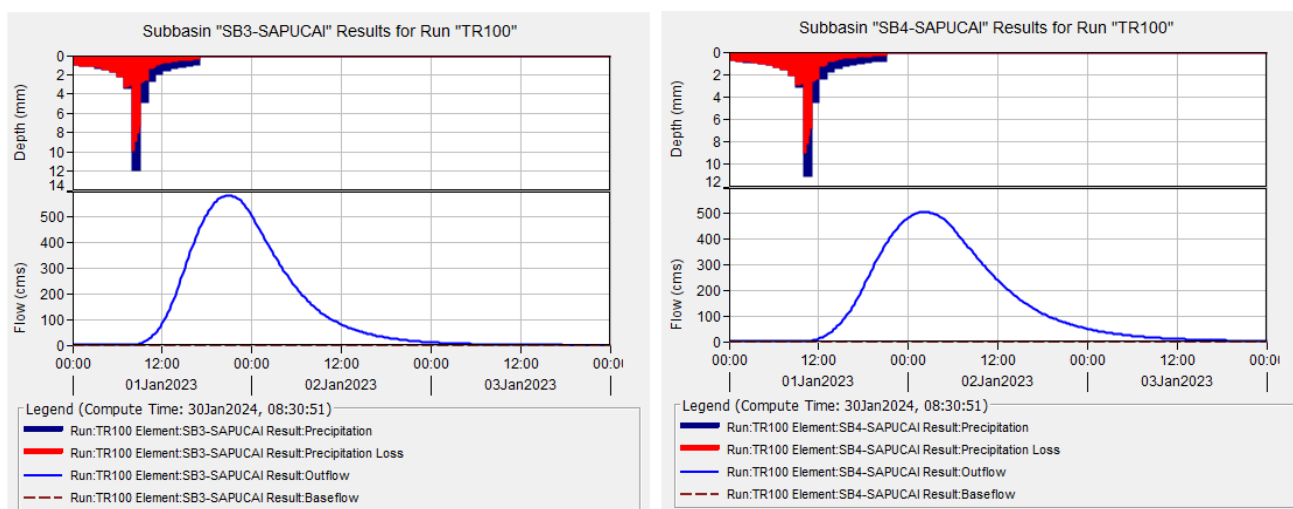


Figura 154 – Hidrograma de projeto para sub-bacia SUB2_sub3 e SUB2_sub4 do Rio Sapucaí para TR 100

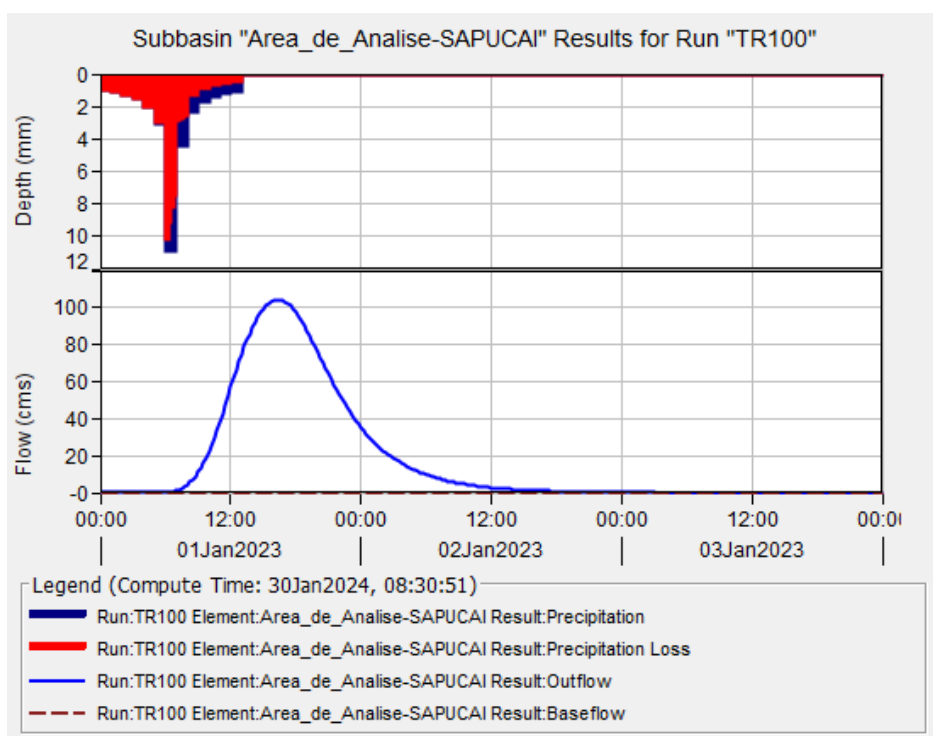


Figura 155 – Hidrograma de projeto para sub-bacia área de interesse do Rio Sapucaí para TR 100