



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

RAFAEL BRITO AGUIAR DE ARAUJO

**CALIBRAÇÃO AUTOMÁTICA DO COEFICIENTE DE MANNING EM REDES DE
DRENAGEM URBANA POR INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL COM ANÁLISE
DE EQUIFINALIDADE**

FORTALEZA

2025

RAFAEL BRITO AGUIAR DE ARAUJO

CALIBRAÇÃO AUTOMÁTICA DO COEFICIENTE DE MANNING EM REDES DE
DRENAGEM URBANA POR INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL COM ANÁLISE DE
EQUIFINALIDADE

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil. Área de concentração: Recursos Hídricos.

Orientador: Professor Marco Aurelio Holanda de Castro, PhD.

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A691c Araujo, Rafael Brito Aguiar de.

Calibração Automática do Coeficiente de Manning em Redes de Drenagem Urbana por Inteligência Computacional com Análise de Equifinalidade / Rafael Brito Aguiar de Araujo. – 2025.
225 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Recursos Hídricos, Fortaleza, 2025.
Orientação: Prof. Dr. Marco Aurélio Holanda de Castro.

1. Drenagem urbana. 2. SWMM. 3. Coeficiente de manning. 4. Calibração. 5. Equifinalidade. I. Título.
CDD 627

RAFAEL BRITO AGUIAR DE ARAUJO

CALIBRAÇÃO AUTOMÁTICA DO COEFICIENTE DE MANNING EM REDES DE
DRENAGEM URBANA POR INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL COM ANÁLISE DE
EQUIFINALIDADE

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil. Área de concentração: Recursos Hídricos.

Aprovada em: 03/12/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Marco Aurelio Holanda de Castro, Ph.D. (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Alessandro de Araújo Bezerra
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Prof. Neyson Martins Mendonça
Universidade Federal do Pará (UFPA)

Prof. Ricardo de Aragão
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Profa. Ticiano Marinho de Carvalho Studart
Universidade Federal do Ceará (UFC)

*A minha mãe, Marcia Maria de Brito Aguiar,
Exemplo de mulher e mãe.*

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho aos meus pais, Márcia Maria de Brito Aguiar e Alberto Childe Aguiar de Araújo, pelo apoio incondicional e pela crença constante neste projeto. Mesmo diante das adversidades, foram eles que me ensinaram que o futuro se constrói com dedicação contínua no presente.

Ao Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, estendo meu reconhecimento ao corpo docente, à direção e à equipe administrativa, por abrirem as portas para um caminho que hoje me permite enxergar um horizonte mais promissor, sustentado por valores de mérito e ética.

Ao Professor Marco Aurélio Holanda de Castro, minha sincera gratidão pela acolhida como orientando, pela paciência, prontidão e, sobretudo, pela generosidade em compartilhar seu vasto conhecimento em engenharia hidráulica. Sua orientação foi fundamental na minha formação profissional.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Alessandro de Araújo Bezerra (UFPI), Prof. Neyson Martins Mendonça (UFPA), Prof. Ricardo Aragão (UFCG) e Profa. Ticiania Marinho de Carvalho Studart (UFC), pela disponibilidade, leitura atenta e valiosas contribuições para o aprimoramento deste trabalho.

À minha esposa, Janaína Santos de Araújo, que esteve ao meu lado durante todos os anos de graduação e pós-graduação, oferecendo incentivo constante e sendo fonte de força para que eu mantivesse o foco no meu propósito.

Ao amigo David Lopes de Sousa, companheiro de jornada na graduação e no mestrado, agradeço pela amizade, parceria e apoio, que foram essenciais para meu crescimento pessoal e profissional.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, com ênfase em Recursos Hídricos, agradeço especialmente aos Professores Assis Filho, Kenedy e Paulo Roberto, pelo estímulo à produção acadêmica e pelo comprometimento com o ensino, sempre demonstrado nas aulas.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

*“... The will to win, the desire to succeed,
the urge to reach your full potential, these are
the keys that will unlock the door to personal
excellence...”*

Confucius

RESUMO

A gestão de águas pluviais urbanas é um desafio intensificado pela urbanização, exigindo o uso de modelos hidrológicos como o SWMM. A precisão destes modelos, no entanto, depende da calibração de parâmetros sensíveis, notavelmente o coeficiente de Manning (n). Este processo é dificultado pela escassez de dados observados, pelo consumo de tempo em calibrações manuais e pelo fenômeno da equifinalidade, onde múltiplos conjuntos de parâmetros podem gerar resultados similares. A literatura estabelece as bases teóricas, mas aponta para a necessidade de abordagens híbridas que integrem inteligência computacional para superar essas limitações, especialmente na estimativa de parâmetros para locais não monitorados. Esta tese teve como objetivo desenvolver uma metodologia focada em duas ferramentas computacionais, para realizar a calibração automática do coeficiente de Manning em sub-bacias e galerias de redes de drenagem urbana. A metodologia do Programa 1 (sub-bacias) aplicou Algoritmos Genéticos (GA) para otimizar os coeficientes N-Imperv e N-Perv, implementando uma estratégia estatística para filtrar as melhores soluções, buscando mitigar a equifinalidade. A metodologia do Programa 2 (galerias) utilizou uma abordagem híbrida: aplicou o Método da Falsa Posição para a calibração de trechos com dados observados e, em seguida, utilizou esses resultados para treinar modelos de Machine Learning (ML), que estimaram os coeficientes em trechos sem dados observados. Os resultados do Programa 1 revelaram que a calibração baseada em dados de vazão de escoamento superficial é superior à baseada em dados de profundidade, permitindo a identificação quase perfeita do N-Imperv (erros $< 0,2\%$). Contudo, o N-Perv (permeável) mostrou-se um parâmetro de difícil identificação e alta sensibilidade, cuja calibração é fortemente dependente de outras configurações do modelo, como o método de infiltração selecionado. Os resultados do Programa 2 confirmaram a eficácia da abordagem híbrida de ML, cuja precisão foi diretamente proporcional à cobertura de monitoramento da rede. A pesquisa também confirmou empiricamente a equifinalidade, ao demonstrar que grandes erros nos parâmetros de Manning podem, ainda assim, produzir erros hidraulicamente aceitáveis na lâmina d'água. O trabalho conclui que a combinação de modelos físicos, algoritmos de otimização (GA) e técnicas de aprendizado de máquina são estratégias viáveis para a calibração automática, mas que a obtenção de resultados de alta precisão em redes de drenagem permanece dependente de uma quantidade significativa de dados de monitoramento.

Palavras-chave: drenagem urbana; SWMM; coeficiente de manning; calibração; equifinalidade.

ABSTRACT

Urban stormwater management is a challenge intensified by urbanization, requiring the use of hydrological models like SWMM. The precision of these models, however, depends on the calibration of sensitive parameters, notably the Manning coefficient (n). This process is hindered by the scarcity of observed data, the time-consuming nature of manual calibrations, and the equifinality phenomenon, where multiple parameter sets can yield similar results. Literature establishes theoretical foundations but points to the need for hybrid approaches that integrate computational intelligence to overcome these limitations, especially in estimating parameters for unmonitored locations. This thesis aimed to develop a methodology focused on two computational tools to perform the automatic calibration of the Manning coefficient in sub-basins and conduits of urban drainage networks. The methodology of Program 1 (sub-basins) applied Genetic Algorithms (GA) to optimize the N-Imperv and N-Perv coefficients, implementing a statistical strategy to filter the best solutions, seeking to mitigate equifinality. The methodology of Program 2 (conduits) used a hybrid approach: it applied the False Position Method for the calibration of sections with observed data and then used these results to train Machine Learning (ML) models, which estimated the coefficients in sections without observed data. The results from Program 1 revealed that calibration based on surface runoff flow data is superior to that based on depth data, allowing for the nearly perfect identification of N-Imperv (errors $< 0.2\%$). However, N-Perv (pervious) proved to be a parameter of difficult identification and high sensitivity, whose calibration is strongly dependent on other model configurations, such as the selected infiltration method. The results from Program 2 confirmed the effectiveness of the hybrid ML approach, whose precision was directly proportional to the monitoring coverage. The research also empirically confirmed equifinality by demonstrating that large errors in Manning parameters can still produce hydraulically acceptable errors in water depth. The work concludes that the combination of physical models, optimization algorithms (GA), and machine learning techniques are viable strategies for automatic calibration, but obtaining high-precision results in drainage networks remains dependent on a significant amount of monitoring data.

Keywords: urban drainage; SWMM; manning coefficient; calibration; equifinality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	— Balanço de massa em uma bacia durante um evento de precipitação.....	31
Figura 2	— Volume de controle para determinação da equação da continuidade.....	34
Figura 3	— Volume de controle para determinação da equação da quantidade de movimento.....	34
Figura 4	— Significância dos termos da equação da quantidade de movimento aplicada na fórmula de Chézy.....	35
Figura 5	— Descrição gráfica do método da falsa posição.....	43
Figura 6	— Fluxograma padrão de funcionamento do Algoritmo Genético.....	53
Figura 7	— Interface principal do Programa 1.....	58
Figura 8	— Interface de resumo dos resultados da simulação.....	59
Figura 9	— Interface do banco de candidatos após simulação.....	60
Figura 10	— Interface de estatísticas da simulação.....	61
Figura 11	— Interface do gráfico de comparação de dados observados e simulados...	61
Figura 12	— Interface dos gráficos de dispersão do Manning calibrado permeável e impermeável.....	62
Figura 13	— Parâmetros configuráveis no Programa 1.....	62
Figura 14	— Fluxo metodológico geral do Programa 1.....	63
Figura 15	— Rede modelada no programa 1.....	66
Figura 16	— Ilustração em gráfico da calibração de trechos com dados observados utilizando a falsa posição.....	73
Figura 17	— Fluxograma do algoritmo proposto para calibração do coeficiente de Manning em galerias de redes de drenagem.....	75
Figura 18	— Interface de calibração por trecho.....	76

Figura 19	— Interface de configuração do processo de Calibração Dinâmica e Otimização.....	77
Figura 20	— Interface de configuração da aba "1. Configuração" do processo de Calibração Dinâmica e Otimização.....	78
Figura 21	— Interface dos gráficos de calibração para trecho com dados observados.	79
Figura 22	— Interface para seleção das features e modelo de ML.....	80
Figura 23	— Interface da aba para seleção dos parâmetros do GA.....	80
Figura 24	— Interface para execução do processo de calibração e previsão.....	81
Figura 25	— Interface de resumo dos resultados da simulação.....	82
Figura 26	— Interface de comparação dos resultados da simulação por trecho.....	82
Figura 27	— Interface do gráfico de comparação das alturas de lâminas d'água por trecho.....	83
Figura 28	— Rede do estudo	84
Figura 29	— Rede modelada no Programa 2.....	84
Figura 30	— Série temporal de precipitação.....	86
Figura 31	— Fluxograma de funcionamento geral do Programa 2.....	87
Figura 32	— Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S1 no Teste 1 com dados de profundidade.....	90
Figura 33	— Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S2 no Teste 1 com dados de profundidade.....	91
Figura 34	— Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S3 no Teste 1 com dados de profundidade.....	91
Figura 35	— Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S1 no Teste 2 com dados de profundidade.....	93

Figura 36	— Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S2 no Teste 2 com dados de profundidade.....	94
Figura 37	— Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S3 no Teste 2 com dados de profundidade.....	94
Figura 38	— Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S1 no Teste 3 com dados de profundidade.....	96
Figura 39	— Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S2 no Teste 3 com dados de profundidade.....	97
Figura 40	— Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S3 no Teste 3 com dados de profundidade.....	97
Figura 41	— Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S1 no Teste 4 com dados de escoamento superficial.....	99
Figura 42	— Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S2 no Teste 4 com dados de escoamento superficial.....	100
Figura 43	— Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S3 no Teste 4 com dados de escoamento superficial.....	100
Figura 44	— Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S1 no Teste 5 com dados de escoamento superficial.....	102
Figura 45	— Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S2 no Teste 5 com dados de escoamento superficial.....	103
Figura 46	— Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S3 no Teste 5 com dados de escoamento superficial.....	103
Figura 47	— Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S1 no Teste 6 com dados de escoamento superficial.....	105

Figura 48	— Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S2 no Teste 6 com dados de escoamento superficial.....	106
Figura 49	— Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S3 no Teste 6 com dados de escoamento superficial.....	106
Figura 50	— Gráficos de comparação e erros relativos (Teste 1).....	107
Figura 51	— Gráficos de comparação e erros relativos (Teste 2).....	107
Figura 52	— Gráficos de comparação e erros relativos (Teste 3).....	108
Figura 53	— Gráficos de comparação e erros relativos (Teste 4).....	108
Figura 54	— Gráficos de comparação e erros relativos (Teste 5).....	108
Figura 55	— Gráficos de comparação e erros relativos (Teste 6).....	109
Figura 56	— Resumo comparativo dos erros médios por teste realizado.....	109
Figura 57	— KGE e RMSE médios por teste realizado.....	109
Figura 58	— Análise de robustez: erros para coeficiente de Manning impermeável....	116
Figura 59	— Análise de robustez: erros para coeficiente de Manning permeável.....	116
Figura 60	— Comparação dos erros médios entre Teste 5 e testes de robustez.....	117
Figura 61	— Matriz de sensibilidade dos parâmetros.....	117
Figura 62	— Gráfico de ponto ótimo de melhoramento.....	122
Figura 63	— Gráfico de performance dos métodos: melhor resultado por configuração.....	123
Figura 64	— Gráfico de evidência de equifinalidade: erro de lâmina vs erro de Manning.....	126

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	— Tabela de Coeficientes de Rugosidade de Manning para Materiais de Drenagem.....	40
Tabela 2	— Valores típicos para superfícies urbanas (escoamento superficial).....	40
Tabela 3	— Dados da rede do estudo do Programa 1.....	64
Tabela 4	— Dados observados gerados em simulação no SWMM através da rede do Programa 1.....	64
Tabela 5	— Cota dos nós.....	65
Tabela 6	— Parâmetros das sub-bacias S1, S2 e S3.....	66
Tabela 7	— Classificação da sensibilidade para vazão de pico (Q_{pico}).....	68
Tabela 8	— Classificação da sensibilidade para RMSE.....	69
Tabela 9	— Classificação da sensibilidade para NSE.....	70
Tabela 10	— Dados da rede do estudo do Programa 2.....	85
Tabela 11	— Dados observados gerados em simulação no SWMM5 para rede do Programa 2.....	85
Tabela 12	— Parâmetros das sub-bacias.....	86
Tabela 13	— Configurações de parâmetros utilizadas nos testes com GA.....	88
Tabela 14	— Parâmetros e soluções encontradas no Teste 1 com dados de profundidade por sub-bacia.....	89
Tabela 15	— Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 1 com dados de profundidade para Manning impermeável.....	90
Tabela 16	— Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 1 com dados de profundidade para Manning permeável.....	90

Tabela 17	— Parâmetros e soluções encontradas no Teste 2 com dados de profundidade por sub-bacia.....	92
Tabela 18	— Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 2 com dados de profundidade para Manning impermeável.....	92
Tabela 19	— Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 2 com dados de profundidade para Manning permeável.....	93
Tabela 20	— Parâmetros e soluções encontradas no Teste 3 com dados de profundidade por sub-bacia.....	95
Tabela 21	— Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 3 com dados de profundidade para Manning impermeável.....	95
Tabela 22	— Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 3 com dados de profundidade para Manning permeável.....	96
Tabela 23	— Parâmetros e soluções encontradas no Teste 4 com dados de escoamento superficial por sub-bacia.....	98
Tabela 24	— Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 4 com dados de escoamento superficial para Manning impermeável.....	98
Tabela 25	— Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 4 com dados de escoamento superficial para Manning permeável.....	100
Tabela 26	— Parâmetros e soluções encontradas no Teste 5 com dados de escoamento superficial por sub-bacia.....	101
Tabela 27	— Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 5 com dados de escoamento superficial para Manning impermeável.....	101
Tabela 28	— Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 5 com dados de escoamento superficial para Manning permeável.....	102

Tabela 29	— Parâmetros e soluções encontradas no Teste 6 com dados de escoamento superficial por sub-bacia.....	104
Tabela 30	— Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 6 com dados de escoamento superficial para Manning impermeável.....	104
Tabela 31	— Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 6 com dados de escoamento superficial para Manning permeável.....	105
Tabela 32	— Alteração do percentual de área impermeável (Teste 1).....	112
Tabela 33	— Alteração do tipo de propagação do escoamento (Teste 2).....	112
Tabela 34	— Alteração do modelo de infiltração (Teste 3).....	112
Tabela 35	— Resultados da simulação de N-Imperv para o Teste 1.....	113
Tabela 36	— Resultados da simulação de N-Perv para o Teste 1.....	113
Tabela 37	— Resultados da simulação de N-Imperv para o Teste 2.....	113
Tabela 38	— Resultados da simulação de N-Perv para o Teste 2.....	114
Tabela 39	— Resultados da simulação de N-Imperv para o Teste 3.....	114
Tabela 40	— Resultados da simulação de N-Perv para o Teste 3.....	114
Tabela 41	— Métricas de Ajuste (RMSE e NSE).....	119
Tabela 42	— Comportamento do RMSE em relação a N-Perv.....	119
Tabela 43	— Disposições dos trechos com dados observados de pressão (Rede 1).....	120
Tabela 44	— R ² por combinação de trechos com dados de profundidade observados.....	121
Tabela 45	— Erro médio relativo calculado entre as profundidades calibradas e os gabaritos.....	123
Tabela 46	— Erro médio relativo calculado entre os coeficientes de Manning calibrados e os gabaritos.....	123

LISTA DE VARIÁVEIS

Símbolo	Significado	Dimensão
A	Área da seção transversal	[L ²]
B	Largura da seção	[L]
b	Parâmetro bias (SVR)	[L]
C	Coefficiente de Chézy	[L ^{0.5} T ⁻¹]
C	Parâmetro de regularização (SVR)	[-]
c _{1k} , c _{2k}	Descendentes do crossover	[TL ^{-1/3}]
Cd	Coefficiente de descarga	[-]
Cf	Coefficiente de atrito	[-]
D	Diâmetro	[L]
d ₅₀	Diâmetro mediano das partículas	[L]
d _k	Diferença entre genes dos pais	[TL ^{-1/3}]
E	Erro	[L]
e	Evaporação	[LT ⁻¹]
f	Infiltração	[LT ⁻¹]
F ₀ , F _m	Modelos do Gradient Boosting	[L]
Fr	Número de Froude	[-]
g	Aceleração da gravidade	[LT ⁻²]
GA	Algoritmos Genéticos	[-]
g _k , g' _k	Genes antes e após mutação	[TL ^{-1/3}]
h	Altura da linha d'água	[L]
h _k	Modelo base k	[L]
h _l	Perdas de carga localizadas	[L]
i	Precipitação	[LT ⁻¹]
I	Declividade	[-]
I ₀	Declividade do fundo	[-]
I _x	Declividade da linha de energia	[-]
J	Função de custo	[L ²]
k	Rugosidade absoluta	[L]
K	Número de árvores	[-]
KGE	Eficiência de Kling-Gupta	[-]

L	Comprimento do conduto	[L]
m	Número de amostras/expoente	[-]
M	Número de iterações	[-]
MAE	Erro absoluto médio	[L]
MSE	Erro quadrático médio	[L ²]
n	Coefficiente de Manning	[TL ^{-1/3}]
N	Número de amostras	[-]
N-Imperv	Coefficiente de Manning para superfícies impermeáveis	[TL ^{-1/3}]
N-Perv	Coefficiente de Manning para superfícies permeáveis	[TL ^{-1/3}]
NSE	Eficiência de Nash-Sutcliffe	[-]
p	Número de features	[-]
P	Perímetro molhado	[L]
p _{1k} , p _{2k}	Genes dos pais	[TL ^{-1/3}]
q	Vazão específica	[LT ⁻¹]
Q	Vazão	[L ³ T ⁻¹]
r	Coefficiente de correlação	[-]
R	Raio hidráulico	[L]
R ²	Coefficiente de determinação	[-]
Re	Número de Reynolds	[-]
RF	Random Forest	[-]
R _h	Raio hidráulico	[L]
RMSE	Erro quadrático médio raiz	[L]
PBIAS	Viés Percentual	[-]
S ₁ , S ₂ , S ₃	Identificação das sub-bacias	[-]
Se	Declividade de energia	[-]
Sf	Declividade de atrito	[-]
S _x	Declividade da linha de energia	[-]
SVR	Support Vector Regression	[-]
SWMM	Storm Water Management Model	[-]
t	Tempo	[T]
T ₁ , T ₂ ...T ₉	Identificação dos trechos da rede	[-]
V	Velocidade	[LT ⁻¹]
w	Vetor de pesos	[-]

W	Largura	[L]
x	Coordenada espacial	[L]
x_l, x_u, x_r	Limites e raiz (falsa posição)	$[TL^{-1/3}]$
y	Profundidade	[L]
y_s	Altura de empoçamento	[L]
\hat{y}	Valor predito	[L]
\bar{y}	Média dos valores reais	[L]
Y_{obs}	Profundidade observada	[L]
Y_{sim}	Profundidade simulada	[L]
z	Elevação/cota	[L]
α	Coefficiente/parâmetro de regularização	[-]
β	Coefficientes de regressão	[-]
γ	Parâmetro do kernel RBF	$[L^{-2}]$
γ_k	Parâmetro aleatório do crossover	[-]
δ_k	Perturbação da mutação	$[TL^{-1/3}]$
Δt	Intervalo de tempo	[T]
Δx	Intervalo espacial	[L]
ε	Tolerância/margem (SVR)	[L]
ε_0	Tolerância inicial	[L]
η	Eficiência	[-]
θ	Ângulo	[rad]
θ_c	Ângulo crítico	[rad]
λ	Parâmetro de regularização	[-]
μ_j	Média da feature j	[-]
ν	Taxa de aprendizado	[-]
ξ_i, ξ_i^*	Variáveis de folga (SVR)	[L]
ρ	Parâmetro de mistura (ElasticNet)	[-]
σ^2	Variância	$[L^2]$
σ_j	Desvio padrão da feature j	[-]
σ_{mut}	Desvio padrão da mutação	$[TL^{-1/3}]$
τ	Tensão de cisalhamento	$[ML^{-1} T^{-2}]$
φ	Função de mapeamento	[-]
Φ	Função objetivo	[-]

χ^2	Qui-quadrado	[-]
ψ	Função de kernel	[-]
ω	Peso/ponderação	[-]

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AG	Algoritmo Genético
ASCE	American Society of Civil Engineers
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DEAP	Distributed Evolutionary Algorithms in Python
EPA	Environmental Protection Agency
GA	Genetic Algorithm
ID	Identificador
INP	Input
KGE	Kling-Gupta Efficiency
LID	Low Impact Development
MAE	Mean Absolute Error
ML	Machine Learning
MSE	Mean Squared Error
NSE	Nash-Sutcliffe Efficiency
OLS	Ordinary Least Squares
PBIAS	Percent Bias
PEST	Model-Independent Parameter Estimation
RBF	Radial Basis Function
RF	Random Forest
RMSE	Root Mean Square Error
R ²	Coefficiente de Determinação
SA	Simulated Annealing
SCS	Soil Conservation Service
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

SVR Support Vector Regression

SWMM Storm Water Management Model

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	24
1.1	Objetivo	25
1.1.1	<i>Objetivos específicos</i>	25
1.2	Estrutura da tese	26
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
	Introdução à Modelagem Hidrológica e Hidráulica de Drenagem	
2.1	Urbana	26
2.1.1	<i>Importância da drenagem urbana e os desafios da urbanização</i>	27
2.1.2	<i>A modelagem chuva-vazão e propagação de cheias em sistemas urbanos</i>	28
2.1.3	<i>Modelos hidrológicos e hidráulicos: tipos, aplicações e limitações</i>	29
2.2	O Modelo SWMM (Storm Water Management Model)	29
2.2.1	<i>Componentes do SWMM: hidrologia e hidráulica</i>	30
2.2.2	<i>As equações fundamentais</i>	32
2.2.3	<i>Formulações hidráulicas no SWMM</i>	35
2.2.3.1	Onda Cinemática.....	36
2.2.3.2	Onda Dinâmica.....	36
2.3	O Coeficiente de Rugosidade de Manning	37
2.3.1	<i>Tabelas e recomendações de valores típicos de n</i>	39
2.4	Calibração de modelos hidráulicos	40
2.4.1	<i>Métodos numéricos fundamentais para ajuste de parâmetro único: O Método da Falsa Posição</i>	41
2.4.2	<i>Desafios na calibração: equifinalidade, dimensionalidade, custo computacional, dados escassos</i>	43
2.5	Aprendizado de Máquina (Machine Learning) para estimativa de parâmetros	44
2.5.1	<i>Regressão Linear Múltipla</i>	45
2.5.2	<i>Métodos de regularização para Regressão Linear</i>	45
2.5.3	<i>Máquinas de Vetores de Suporte para Regressão (SVR)</i>	46
2.5.4	<i>Random Forest Regressor (RF)</i>	47
2.5.5	<i>Gradient Boosting Regressor</i>	47

2.5.6	<i>Métricas de Avaliação</i>	48
2.6	Algoritmos Genéticos (GA) para Otimização de Parâmetros	50
2.7	Lacunas na Literatura e Justificativa para Pesquisas Futuras	53
3	METODOLOGIA	54
3.1	Introdução	54
3.2	Caracterização do objeto de estudo da pesquisa	55
3.3	Desenvolvimento das ferramentas computacionais	55
3.4	Programa 1: calibração de coeficientes de rugosidade em galerias	55
3.4.1	<i>Algoritmo de calibração implementado</i>	56
3.4.2	<i>Abordagem para tratamento da equifinalidade</i>	57
3.4.3	<i>Interface do módulo de calibração do manning para sub-bacias</i>	58
3.4.4	<i>Rede gabarito de estudo (Programa 1)</i>	64
3.4.5	<i>Módulo de análise de sensibilidade</i>	67
3.5	Programa 2: calibração de coeficientes de rugosidade em galerias	71
3.5.1	<i>Módulo de manipulação de dados e simulação SWMM</i>	71
3.5.2	<i>Módulo de calibração baseada em dados observados (Método Iterativo)</i>	72
3.5.3	<i>Módulo de estimativa de coeficientes por Aprendizado de Máquina (ML)</i>	73
3.5.4	<i>Interface do módulo de calibração do manning para galerias</i>	76
3.5.4.1	Interface de calibração básica	76
3.5.4.2	Interface de calibração dinâmica e otimização.....	77
3.5.5	<i>Rede Gabarito de Estudo (Programa 2)</i>	83
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	88
4.1	Programa 1	88
4.1.1	<i>Teste 1 utilizando dados de profundidade</i>	89
4.1.2	<i>Teste 2 utilizando dados de profundidade</i>	92
4.1.3	<i>Teste 3 utilizando dados de profundidade</i>	95
4.1.4	<i>Teste 4 utilizando dados de vazão de escoamento</i>	98
4.1.5	<i>Teste 5 utilizando dados de vazão de escoamento</i>	101
4.1.6	<i>Teste 6 utilizando dados de vazão de escoamento</i>	104
4.1.7	<i>Resumo geral dos resultados e discussões (Programa 1)</i>	107
4.1.8	<i>Análise de robustez frente a diferentes configurações do modelo</i>	111
4.1.8.1	Teste de Robustez 1.....	114

4.1.8.2	Teste de Robustez 2.....	115
4.1.8.3	Teste de Robustez 3.....	115
4.1.8.4	Análise dos resultados dos testes de robustez.....	116
4.1.9	<i>Teste de Sensibilidade dos parâmetros de rugosidade</i>	118
4.1.9.1	Sensibilidade ao coeficiente N-Imperv.....	118
4.1.9.2	Sensibilidade ao coeficiente N-Perv.....	119
4.2	Programa 2	120
4.2.1	Resumo geral dos resultados e discussões (Programa 2)	121
5	CONCLUSÃO	126
	REFERÊNCIAS	129
	APÊNDICE A – CANDIDATOS EQUIFINAIS SELECIONADOS	135
	APÊNDICE B – TABELAS DE ANÁLISE DE ERROS (PROGRAMA 2)	200
	APÊNDICE C – RELATÓRIOS E TABELAS DA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO COEFICIENTE DE MANNING (PROGRAMA 1)	213

1 INTRODUÇÃO

A modelagem hidrológica e hidráulica de sistemas de drenagem urbana é uma ferramenta de fundamental importância para o planejamento e a gestão da infraestrutura urbana frente aos desafios das inundações (Wu *et al.*, 2025). Os sistemas de drenagem desempenham um papel estratégico na manutenção da qualidade de vida nas cidades, sendo projetados para coletar, transportar e dispor adequadamente as águas pluviais, visando diminuir os riscos de inundações que podem levar a perdas humanas e materiais significativas (Rahma; Sunarsih; Mussasun, 2024).

No entanto, a eficácia desses sistemas enfrenta desafios crescentes. A crescente urbanização e as mudanças climáticas têm intensificado a ocorrência de eventos de alagamento. O processo de urbanização, caracterizado pela extensiva impermeabilização do solo, altera drasticamente a resposta hidrológica das bacias, reduzindo a capacidade de infiltração e elevando os volumes e as velocidades do escoamento superficial (Xu *et al.*, 2023; Wu *et al.*, 2025).

Neste cenário, modelos computacionais que simulam o comportamento dos sistemas de drenagem são essenciais. Entre as ferramentas mais consolidadas e utilizadas mundialmente, destaca-se o Storm Water Management Model (SWMM), um modelo dinâmico chuva-vazão (Wang *et al.*, 2024) que permite simular tanto os processos hidrológicos quanto hidráulicos em redes de drenagem urbana (Bayas-Jiménez *et al.*, 2020).

Porém, a precisão e a confiabilidade dessas simulações dependem diretamente da correta parametrização do modelo. A calibração, definida como o processo de ajuste dos parâmetros para minimizar as diferenças entre os valores simulados e os dados observados (Kuhanestani; Bomers; Booi, 2025), é uma etapa fundamental para garantir que o modelo represente adequadamente o comportamento real do sistema. Dentre os diversos parâmetros, o coeficiente de rugosidade de Manning (n) é reconhecido como um dos parâmetros mais importantes e de monitoramento necessário em modelos hidráulicos. Este coeficiente representa a resistência ao escoamento (EPA, 2025) e sua estimativa correta é fundamental para a determinação precisa das velocidades, vazões e níveis d'água na rede.

Apesar de sua importância, a calibração do coeficiente de Manning é um processo complexo. Historicamente, era realizada através de procedimentos manuais de tentativa e erro, demandando tempo considerável e dependendo fortemente da experiência do modelador (Rangari *et al.*, 2018). Além disso, a modelagem em si enfrenta desafios significativos, como a limitação de dados observacionais (Xu *et al.*, 2023) e o problema da equifinalidade, ou seja, a

existência de vários conjuntos de parâmetros que produzem ajustes igualmente satisfatórios aos dados observados (Beven, 2006). Diferentes combinações de parâmetros, como rugosidade de Manning e áreas impermeáveis, podem resultar em hidrogramas simulados praticamente idênticos. A maioria dos estudos de calibração foca em bacias com dados abundantes, enquanto aplicações em contextos de dados escassos, típicos de países em desenvolvimento, permanecem limitadas (Jin & Jin, 2020).

A literatura recente aponta para o uso de técnicas de otimização automática, como os Algoritmos Genéticos (GA), como ferramentas eficazes para a calibração (Zhou *et al.*, 2024), e para o potencial do Aprendizado de Máquina (ML) como uma abordagem promissora para superar essas barreiras (Kumar; Rao, 2024). As abordagens híbridas, que buscam integrar o conhecimento físico dos modelos de simulação (SWMM), o poder de busca dos algoritmos de otimização (GA) e a capacidade de aprendizado do ML (Granata; Di Nunno; Modoni, 2022), ainda são vistas como subexploradas. Logo, existe uma necessidade prática urgente de metodologias que permitam ao ML estimar parâmetros para trechos não monitorados (Jin & Jin, 2020; Gomes *et al.*, 2024).

Nesse contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento e a avaliação de ferramentas computacionais que implementam abordagens híbridas para a calibração e estimativa dos coeficientes de rugosidade de Manning em redes de drenagem urbana, utilizando uma combinação de simulação hidráulica no SWMM, Algoritmos Genéticos e Aprendizado de Máquina para endereçar as lacunas de equifinalidade e resolver parcialmente o problema da calibração do coeficiente de Manning em redes de drenagem urbana.

1.1 Objetivo

Esta tese tem como objetivo principal desenvolver e implementar uma metodologia integrada, através da criação de dois programas, para realizar a calibração do coeficiente de rugosidade de Manning em galerias e bacias de redes de drenagem urbana, combinando técnicas de otimização numérica, algoritmos evolutivos e aprendizado de máquina para superar as limitações impostas pela escassez de dados observados em campo.

1.1.1 Objetivos específicos

A abordagem metodológica proposta fundamenta-se em uma estratégia híbrida que opera em múltiplas escalas:

- Implementar o método da falsa posição para calibração individual do coeficiente de Manning por trecho de galeria em redes de drenagem urbana utilizando dados de altura de lâmina d'água;
- Melhorar iterativamente o valor do parâmetro calibrado até minimizar as diferenças entre profundidades simuladas e observadas;
- Treinar modelos de Aprendizado de Máquina para aprender relações entre características físicas dos condutos e valores ótimos de Manning para cada trecho de galeria com dados observados fictícios simulados através do SWMM, buscando prever o n em trechos de galerias sem dados;
- Calibrar os coeficientes de Manning das áreas permeáveis e impermeáveis de sub-bacias de sistemas de drenagem urbana através da aplicação de Algoritmos Genéticos;
- Criar plataformas com interface gráfica para o usuário integrando simulações realizadas pela biblioteca Python do SWMM (PySWMM);
- Avaliar robustez e confiabilidade dos resultados obtidos utilizando dados de redes fictícias modeladas no SWMM;
- Comparar desempenho entre diferentes técnicas empregadas.

1.2 Estrutura da tese

Este documento está dividido em 5 capítulos. No primeiro é apresentada a introdução ao tema, bem como a justificativa do trabalho e os objetivos. No segundo é elencado todo o embasamento teórico e bibliografia sobre o tema. No Capítulo 3 é apresentada a metodologia utilizada para realizar a calibração do Manning nas redes de drenagem estudadas. Os resultados destas análises e suas discussões são feitas no Capítulo 4. Por fim, o capítulo 5 traz as conclusões do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Introdução à modelagem hidrológica e hidráulica de drenagem urbana

A modelagem hidrológica e hidráulica de sistemas de drenagem urbana é uma ferramenta de fundamental importância para a manutenção do planejamento e gestão da

infraestrutura urbana frente aos desafios das inundações e do escoamento pluvial. A crescente urbanização e as mudanças climáticas têm intensificado a ocorrência de eventos de alagamento em áreas urbanas, tornando necessário o desenvolvimento de modelos computacionais capazes de simular o comportamento dos sistemas de drenagem (Wu *et al.*, 2025).

Os modelos hidrológicos urbanos permitem representar os processos de transformação chuva-vazão, considerando as características específicas do ambiente urbano, como superfícies impermeáveis, redes de condutos e dispositivos de armazenamento. Entre as ferramentas mais utilizadas mundialmente, destaca-se o Storm Water Management Model (SWMM), desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), que permite simular tanto os processos hidrológicos quanto hidráulicos em sistemas de drenagem urbana (Bayas-Jiménez *et al.*, 2020).

No entanto, a modelagem de sistemas de drenagem urbana enfrenta desafios relacionados à limitação de dados observacionais (Xu *et al.*, 2023), à complexidade das redes (Van Der Werf *et al.*, 2025) e à necessidade de simplificação de modelos em escala urbana.

Recentemente, abordagens baseadas em inteligência artificial têm sido aplicadas para reconstrução de níveis d'água em sistemas de drenagem com quantidades limitadas de dados de monitoramento, representando avanços significativos na área (ZANFEI *et al.*, 2020).

2.1.1 Importância da drenagem urbana e os desafios da urbanização

Os sistemas de drenagem urbana têm um papel estratégico na manutenção da qualidade de vida nas cidades, pois são projetados para coletar, transportar e dispor adequadamente as águas pluviais. O controle desses fluxos procura diminuir os riscos de inundações, que podem levar a perdas humanas e materiais significativas, além de comprometer a infraestrutura e serviços essenciais (Bayas-Jiménez *et al.*, 2020). Além do controle de inundações, uma drenagem eficiente contribui para manutenção da qualidade da saúde pública, evitando o acúmulo de águas paradas—potenciais criadouros de vetores de doenças—e para a proteção ambiental, ao impedir o transporte de poluentes para corpos d'água receptores (Van Der Werf *et al.*, 2025).

Porém, o processo de urbanização traz desafios crescentes à eficácia dos sistemas de drenagem. A impermeabilização do solo, ocasionada pela pavimentação extensiva e o aumento da densidade das construções, reduz a capacidade de infiltração, elevando os volumes e as velocidades do escoamento superficial (Xu *et al.*, 2023; Wu *et al.*, 2025). Simultaneamente, intervenções como a canalização de cursos d'água e a ocupação de áreas de várzea alteram a

trajetória natural do escoamento e diminuem o potencial de armazenamento hídrico das bacias urbanas (García *et al.*, 2025). A presença de sistemas subdimensionados ou malconservados potencializa ainda mais a frequência e magnitude dos eventos de inundação, especialmente diante de precipitações extremas, onde a intensidade e recorrência têm sido diretamente influenciadas pelas mudanças climáticas. Portanto, a gestão da drenagem urbana surge como requisito fundamental para a manutenção da qualidade de vida nas cidades contemporâneas.

2.1.2 A modelagem chuva-vazão e propagação de cheias em sistemas urbanos

Modelos matemáticos de sistemas hidrológicos são essenciais para orientar a tomada de decisões em diversas questões relacionadas a recursos hídricos e meio ambiente (Doherty, 2015; Liu & Gupta, 2007; Adekunle *et al.*, 2021). Modelos hidrológicos são geralmente classificados como espacialmente distribuídos ou concentrados, ou como baseados em física ou puramente matemáticos, que às vezes são também referidos como modelos de "caixa preta" (*black-box*) (Abbott & Refsgaard, 2012).

A propagação de cheias nos sistemas de drenagem urbana é simulada através da resolução das equações de Saint-Venant, que descrevem o escoamento não-permanente em canais e condutos (Niazi *et al.*, 2017). Os modelos hidrodinâmicos acoplados permitem representar tanto o escoamento superficial quanto o fluxo nas redes de condutos enterrados, possibilitando a análise de interações complexas durante eventos de inundação (Sillanpää; Koivusalo, 2015; Wu *et al.*, 2025).

A modelagem chuva-vazão em áreas urbanas envolve a representação dos processos de interceptação, infiltração, armazenamento em depressões e escoamento superficial, considerando as particularidades das superfícies urbanas impermeáveis e semi-impermeáveis (Niazi *et al.*, 2017; Yao *et al.*, 2023). O SWMM, por exemplo, usa métodos como o Hidrograma Unitário do *Soil Conservation Service* (SCS) e a equação de Manning para simular a transformação da precipitação em escoamento superficial, considerando diferentes tipos de superfícies e suas características hidráulicas (Simon, 2022). A identificação adequada dos padrões de geração de escoamento urbano é fundamental para a precisão dos modelos, variando conforme as características da bacia e o uso do solo (Pachaly *et al.*, 2020; Xu *et al.*, 2023).

2.1.3 Modelos hidrológicos e hidráulicos: tipos, aplicações e limitações

Os modelos hidrológicos e hidráulicos podem ser classificados em diferentes categorias conforme sua estrutura e nível de complexidade. Os modelos conceituais representam os processos hidrológicos através de equações simplificadas baseadas em conceitos físicos, enquanto os modelos distribuídos consideram a variabilidade espacial dos parâmetros e processos em toda a bacia. Os modelos hidrodinâmicos, por sua vez, resolvem as equações completas de escoamento, permitindo simulações mais detalhadas da propagação de cheias em redes de drenagem urbana (Fassoni-Andrade *et al.*, 2018; Zhong *et al.*, 2021). O SWMM representa um modelo híbrido que combina componentes hidrológicos conceituais com simulação hidráulica completa, sendo amplamente utilizado para planejamento e projeto de sistemas de drenagem (Rossman, 2022; Wang *et al.*, 2024).

As aplicações dos modelos hidrológicos e hidráulicos urbanos são diversas, incluindo a avaliação de risco de inundações (Granata; Di Nunno; Modoni, 2022), dimensionamento de infraestruturas de drenagem, análise de cenários de mudanças climáticas e desenvolvimento urbano, além da simulação dinâmica em tempo real em sistemas de drenagem (Shao *et al.*, 2019; Navas-Montilla *et al.*, 2024). O SWMM tem demonstrado um bom desempenho em diferentes contextos climáticos e urbanos, sendo usado tanto para avaliação de quantidade quanto de qualidade das águas pluviais (Niazi *et al.*, 2017).

A falta de informações acerca das características físicas das bacias, parâmetros de rugosidade, infiltração e dados de monitoramento contínuo constitui um desafio comum (Xu *et al.*, 2023; Van Der Werf *et al.*, 2025). A incerteza nos dados de entrada, como precipitação espacialmente variável e condições de contorno, propaga-se através dos modelos afetando a confiabilidade das simulações (Abdalla *et al.*, 2021; Rozos; Dimitriadis; Bellos, 2022).

Recentemente, abordagens baseadas em inteligência artificial têm sido utilizadas para superar algumas destas limitações, permitindo a reconstrução de variáveis hidráulicas em locais não monitorados e a redução do tempo computacional através de metamodelos (Hasan *et al.*, 2024; Khadka *et al.*, 2020).

2.2 O Modelo SWMM (Storm Water Management Model)

O Storm Water Management Model (SWMM) é um modelo dinâmico chuva-vazão desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) que simula o comportamento hidrológico e hidráulico de sistemas de drenagem urbana (Wang *et al.*, 2024).

O modelo permite representar o escoamento superficial em sub-bacias urbanas, a propagação de vazões através de redes de condutos, canais e dispositivos de armazenamento, além da simulação de qualidade da água pluvial (Rossman, 2022). O SWMM ainda possibilita a análise de eventos isolados ou simulações contínuas de longo prazo, considerando processos como infiltração, evaporação, armazenamento em depressões e derretimento de neve.

2.2.1 Componentes do SWMM: hidrologia e hidráulica

O componente hidrológico do SWMM representa o ciclo da água na superfície das sub-bacias urbanas, incluindo processos de precipitação, interceptação, infiltração, armazenamento em depressões e geração de escoamento superficial (Palachy *et al.*, 2020). O modelo oferece diferentes métodos para simulação da infiltração, como as equações de Horton, Green-Ampt e Curve Number do SCS, permitindo a seleção da abordagem mais adequada às características da área de estudo (Niazi *et al.*, 2017). A transformação da precipitação efetiva em hidrogramas de escoamento é realizada através de reservatórios não-lineares, onde cada sub-bacia é tratada como um reservatório que recebe contribuições de precipitação e perde água por infiltração e evaporação (Yang, 2025). Os parâmetros hidrológicos principais incluem a área impermeável, largura característica, declividade, coeficiente de rugosidade de Manning e armazenamento em depressões, sendo estes fundamentais para a adequada representação dos processos de geração de escoamento (Wang *et al.*, 2024).

O componente hidráulico do SWMM simula a propagação do escoamento através da rede de drenagem, resolvendo as equações de Saint-Venant unidimensionais para condutos, canais e elementos de armazenamento. O modelo utiliza o método de onda dinâmica completa para resolver as equações de conservação de massa e quantidade de movimento, permitindo a simulação de escoamentos sob pressão, refluxo e condições de contorno complexas. Os elementos hidráulicos incluem condutos, canais, bombas, reguladores, dispositivos de armazenamento e orifícios, cada um com suas equações características e parâmetros específicos, como geometria, rugosidade e perdas de carga (Niazi *et al.*, 2017). A calibração adequada dos parâmetros hidráulicos, particularmente os coeficientes de rugosidade de Manning para condutos e canais, é essencial para a precisão das simulações de propagação de vazões e níveis d'água no sistema de drenagem (Jadhao; Gupta, 2018).

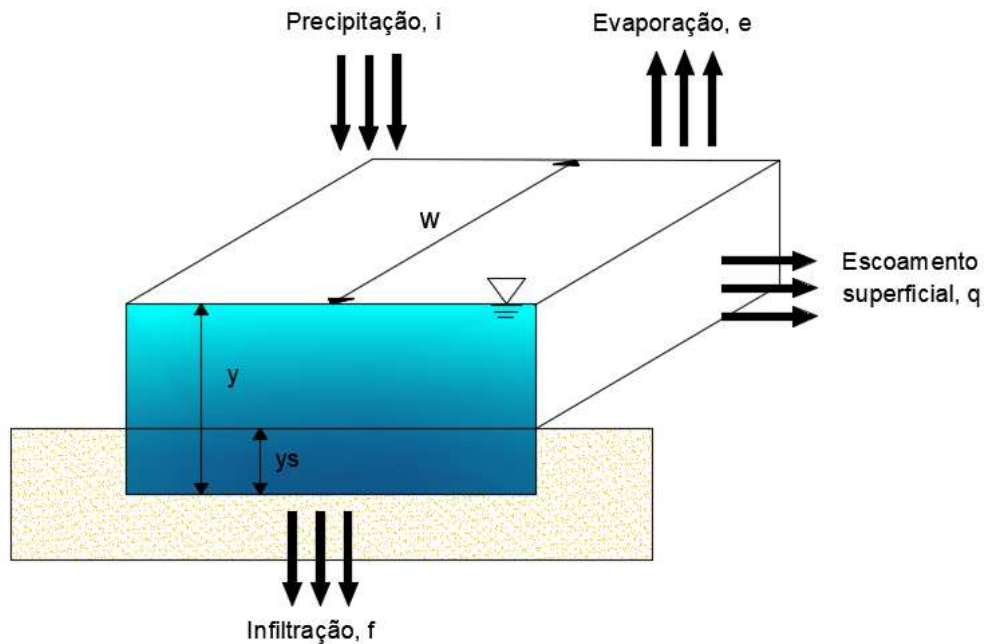
Os objetos sub-bacias, para o SWMM, são unidades hidrológicas de terreno cuja topografia e elementos do sistema de drenagem conduzem o escoamento diretamente para um único ponto de descarga, o exutório. As sub-bacias podem ser divididas em subáreas

permeáveis e impermeáveis. As áreas impermeáveis podem ser divididas em duas subáreas: uma que contém o armazenamento em depressão e a outra que não contém.

O SWMM representa a bacia de contribuição (Figura 1) como uma superfície retangular, de área transversal A , declividade I , altura da lâmina d'água y , altura de empoçamento y_s e largura W , recebe como entrada a precipitação, i (mm), e apresenta como saída a evaporação, e (mm), e a infiltração, f (mm).

O cálculo da vazão do escoamento superficial que passa pelo exutório da sub-bacia é feito através da diferença entre a vazão que entra em forma de precipitação e as perdas por infiltração e evaporação, como mostra a Equação 1.

Figura 1 - Balanço de massa em uma bacia durante um evento de precipitação



Fonte: Autor (2025).

$$\frac{dy}{dt} = i - e - f - q \quad (1)$$

Utilizando a fórmula completa de Manning (Equação 2) e considerando o escoamento uniforme ($I_f = I$) e considerando que $W \gg y$:

$$Q = \frac{1}{n} AR_h^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$A = W(y - y_s) \quad (3)$$

$$R = y - y_s \quad (4)$$

$$Q = \frac{1}{n} W I^{\frac{1}{2}} (y - y_s) \quad (5)$$

Em que Q é a vazão do escoamento, n é o coeficiente de rugosidade de Manning, A representa a área molhada da seção transversal do fluxo, R é o raio hidráulico e I é a declividade da linha de energia. As variáveis W e y correspondem, respectivamente, à largura da superfície do escoamento e à profundidade da lâmina d'água, enquanto y_s indica a espessura da lâmina de armazenamento superficial ou a cota do fundo local.

A Equação 5 somente é válida quando $y > y_s$. Neste caso, trata-se de uma Equação Diferencial Ordinária a qual é resolvida numericamente para obtenção de y . Uma vez obtido y , Q pode ser determinado.

O SWMM emprega a equação de Manning para estabelecer a relação entre a vazão que escoar pelo conduto Q , a área de seção transversal A , o raio hidráulico R_h e a declividade I , tanto para canais abertos, como para condutos fechados parcialmente cheios.

2.2.2 As equações fundamentais

O escoamento em regime não permanente considera a variação temporal e espacial das variáveis hidráulicas, sendo característica da maioria dos processos de escoamento superficial e em sistemas de drenagem urbana. Os modelos hidrodinâmicos que representam este tipo de escoamento permitem simular adequadamente as interações entre o fluxo superficial e as redes de condutos durante eventos de inundação (Maity; Srivastava; Sarkar; Khan, 2024; Wu *et al.*, 2025).

Para o cálculo dos parâmetros hidráulicos em projetos de sistemas de drenagem urbana, recomenda-se a adoção do modelo de onda dinâmica completa, derivado das equações de Saint-Venant, que resolve simultaneamente as equações de conservação de massa e quantidade de movimento (Ahmadi *et al.*, 2025). Esta abordagem permite a simulação de condições

hidráulicas complexas, incluindo escoamentos sob pressão, refluxo e variações bruscas de vazão, características dos sistemas de drenagem urbana durante eventos de precipitação intensa.

As Equações Fundamentais são:

- Equação da continuidade:

$$A \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial A}{\partial x} + B \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \quad (6)$$

- Equação da quantidade de movimento:

$$I_f = I_o - \frac{\partial y}{\partial x} - \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} \quad (7)$$

Em que A é área da seção transversal, V é a velocidade, g é a aceleração gravitacional, B é a largura da seção, I_o é a declividade do fundo do canal e I_f é a declividade da linha de energia.

As Equações 6 e 7 são resultado da aplicação da forma integral das equações da continuidade e quantidade de movimento nos volumes de controle retratados nas Figuras 2 e 3, respectivamente. Elas foram estabelecidas pela primeira por Saint-Venant em 1870, constituem um sistema de duas equações em derivadas parciais, em x e t , que descrevem o escoamento não permanentes em canais. A integração exata destas equações é complexa e requer o emprego de métodos numéricos para sua resolução em problemas práticos de engenharia (Chaudhry, 2008; Collischonn, W. *et al*, 2014).

Figura 2 – Volume de controle para determinação da equação da continuidade

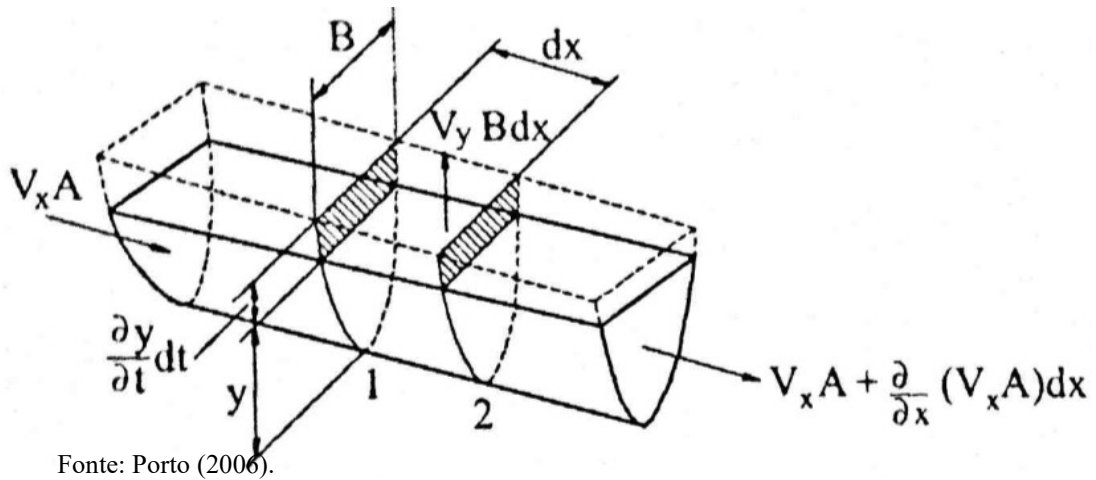
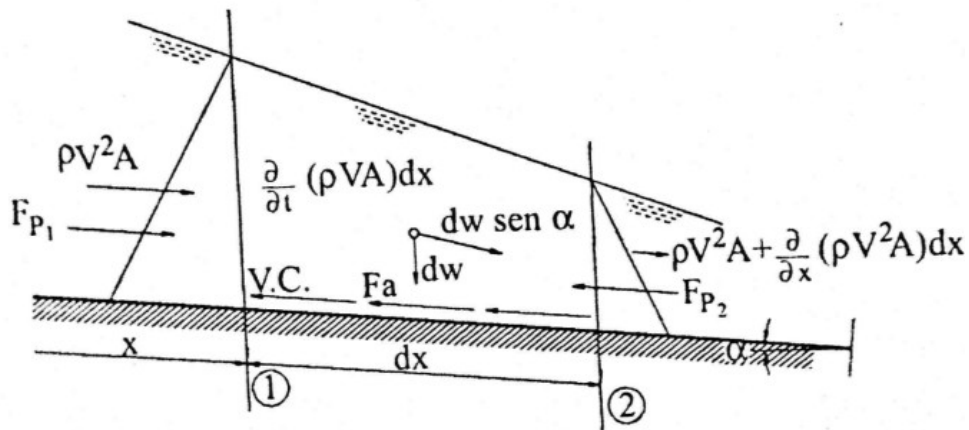


Figura 3 – Volume de controle para determinação da equação da quantidade de movimento



Para dedução das equações de Saint-Venant algumas hipóteses são adotadas como: fluido incompressível; escoamento unidimensional; distribuição hidrostática de pressão vertical; variação gradual das seções transversais; ausência de singularidades; assumir que a declividade da linha de energia possa ser calculada por uma equação estabelecida para o regime permanente e uniforme, como as fórmulas de Manning ou Chézy (Tucci, 2007).

A fórmula de Manning (Equação 8) é uma expressão do denominado coeficiente de Chézy C utilizado na fórmula de Chézy (Equação 9) para o cálculo da velocidade da água em canais (Rahma; Sunarsih; Mussadun, 2024).

$$C = \frac{1}{n} R_h^{\frac{1}{6}} \quad (8)$$

$$V = C\sqrt{R_h I_f} \quad (9)$$

Em que C = coeficiente de Chézy, n = coeficiente de Manning, R_h = raio hidráulico da seção e I_f = declividade da linha de energia.

A Figura 4 mostra a significância dos termos da equação da quantidade de movimento aplicada na fórmula de Chézy.

Figura 4 – Significância dos termos da equação da quantidade de movimento aplicada na fórmula de Chézy

$$V = C \sqrt{R_h \left(S_o - \frac{\partial y}{\partial x} - \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} \right)}$$

Termo de Pressão
Termos de Inércia

Modelo da Onda Cinemática
Modelo Hidrodinâmico (Completo)

Fonte: Autor (2025)

2.2.3 Formulações hidráulicas no SWMM

O SWMM disponibiliza metodologias diferentes para o escoamento do fluxo nos condutos e canais das redes de drenagem, permitindo ao modelador selecionar o grau de complexidade e precisão mais compatível com os objetivos do estudo e as particularidades do sistema analisado (Assaf *et al.*, 2024). Entre as principais opções de roteamento hidráulico, destacam-se a Onda Cinemática, a Onda Dinâmica (fundamentada nas equações completas de Saint-Venant) e outras simplificações, como a Onda de Difusão e o Fluxo Permanente (Rossman, 2022). A escolha da formulação mais adequada é fundamental, pois influencia diretamente os resultados obtidos na simulação, o tempo computacional necessário e a capacidade do modelo de representar fenômenos hidráulicos específicos.

2.2.3.1 Onda Cinemática

A Onda Cinemática representa uma simplificação das equações completas de Saint-Venant, assumindo que as forças de gravidade e resistência estão em equilíbrio. Este método tem sido bastante utilizado em modelos hidrológicos para simular o escoamento superficial, principalmente em bacias rurais e urbanas, devido à sua estabilidade numérica e menor custo computacional em comparação com o modelo de onda dinâmica (Ekmekcioglu *et al.*, 2021). O modelo de Onda Cinemática é adequado para representar o escoamento em superfícies relativamente íngremes e rugosas, onde a componente de atrito domina o escoamento, sendo particularmente aplicável a bacias urbanas de pequeno porte (Freitas, 2024). A equação fundamental da Onda Cinemática pode ser expressa como:

$$Q = \alpha A^m \quad (10)$$

Em que Q é a vazão, A é a área da seção transversal molhada, e α e m são coeficientes que dependem da geometria da seção e da rugosidade.

A principal limitação da Onda Cinemática encontra-se no fato de que ela desconsidera totalmente os efeitos de jusante, ou seja, o remanso sobre o escoamento a montante. O fluxo em um ponto é definido somente pelas condições locais e de montante, sem qualquer influência do que ocorre em regiões mais abaixo do sistema.

2.2.3.2 Onda Dinâmica

O modelo de Onda Dinâmica resolve as equações completas de Saint-Venant, incluindo os termos de inércia, pressão, gravidade e resistência, permitindo a simulação mais precisa do escoamento não permanente em sistemas de drenagem (EPA, 2015). Este método é capaz de representar fenômenos hidráulicos complexos como escoamento sob pressão, refluxo, variações bruscas de vazão e a formação de ressaltos hidráulicos, características presentes em redes de drenagem urbana em eventos de precipitação intensa (Ahmadi *et al.*, 2025). Os modelos hidrodinâmicos, que combinam Onda Dinâmica para a simulação do escoamento superficial e propagação em condutos, têm demonstrado aplicabilidade satisfatória para simulação de alagamentos urbanos (Wu *et al.*, 2025).

Apesar de sua maior precisão, o modelo de onda dinâmica apresenta maior demanda computacional e requer restrições de estabilidade numérica mais rigorosas em comparação com

aproximações simplificadas (Yang *et al.*, 2025). A resolução das equações completas é realizada através de métodos numéricos como diferenças finitas, de forma a garantir a estabilidade mesmo em condições de escoamento complexas (Wu *et al.*, 2025).

Para um escoamento unidimensional, a equação da continuidade (Equação 11) representa a conservação da massa.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + gAS_f + gAS_f + gAh_L = 0 \quad (11)$$

Em que g é a aceleração da gravidade, h é a altura da linha d'água ($y + z$, onde y é a profundidade e z é a cota do fundo, em metros), A é a área da seção transversal do fluxo, S_f é a declividade da linha de energia (perda por atrito), e h_L representa perdas de carga localizadas. A declividade da linha de energia S_f é comumente estimada pela equação de Manning (onde S_f é a declividade do fundo do canal).

A Equação de Manning (Equação 12) escrita na forma isolada para a declividade da linha de energia é usada para estimar a perda de carga por atrito (declividade de energia) em um canal com escoamento livre, e não faz parte diretamente das equações de Saint-Venant.

$$S_f = \left(\frac{Qn}{AR^{2/3}} \right)^2 \quad (12)$$

Em que Q é a vazão do escoamento, n é o coeficiente de rugosidade de Manning, R é o raio hidráulico, A é a área da seção transversal do fluxo e S_f é a declividade da linha de energia (perda por atrito ao longo do canal).

A declividade da linha de energia S_f é geralmente estimada pela equação de Manning (onde S_f é assumida como igual à declividade do fundo do canal em escoamento uniforme).

2.3. O Coeficiente de Rugosidade de Manning

O coeficiente de rugosidade de Manning, universalmente representado por n , é um dos parâmetros mais importantes e frequentemente calibrados em modelos hidráulicos de canais abertos e condutos, incluindo o SWMM. Sua estimativa correta é fundamental para a

determinação da capacidade de descarga, dos níveis d'água e das velocidades do escoamento (Azevedo Netto; Fernández, 2015).

O coeficiente de rugosidade de Manning é um parâmetro importante nos modelos hidrológicos e hidráulicos, visto que representa a resistência ao escoamento presente nas superfícies e condutos (EPA, 2015). Em sistemas de drenagem urbana, este coeficiente varia de acordo com as características da superfície, incluindo o tipo de material, condições de conservação, presença de sedimentos e vegetação (Yang *et al.*, 2025). No SWMM, os coeficientes de Manning são utilizados tanto para o escoamento superficial nas sub-bacias quanto para o escoamento em condutos e canais, sendo parâmetros críticos que influenciam diretamente os tempos de concentração e os hidrogramas de cheia (Kwon *et al.*, 2025).

A calibração adequada dos coeficientes de rugosidade é um processo essencial na representação correta da propagação de vazões e níveis d'água no sistema de drenagem. Em redes de distribuição de água e sistemas de drenagem, estudos recentes têm demonstrado que abordagens mais simples de calibração da rugosidade podem produzir resultados satisfatórios. A sensibilidade do modelo aos coeficientes de Manning varia conforme as características do sistema, sendo particularmente importante em condutos com escoamento sob pressão e em canais com geometrias irregulares (Ekmekcioğlu *et al.*, 2021; Fan *et al.*, 2014).

Os valores típicos do coeficiente de Manning variam significativamente conforme o tipo de superfície: superfícies impermeáveis urbanas apresentam valores geralmente situados entre 0,011 e 0,024, enquanto superfícies permeáveis e áreas vegetadas podem apresentar valores superiores a 0,15 (Chow, 1959). Em processos de calibração automática de modelos como o SWMM, os coeficientes de Manning são frequentemente incluídos como parâmetros de otimização, sendo ajustados através de algoritmos genéticos e outras técnicas de otimização multiobjetivo para melhorar o ajuste entre vazões simuladas e observadas. A identificação apropriada destes parâmetros requer dados observados de qualidade e análises de sensibilidade para determinar quais parâmetros exercem maior influência nos resultados das simulações (Del Giudice; Padulano, 2016).

A forma mais comum da equação de Manning, no Sistema Internacional de Unidades (SI), é expressa como:

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S_f^{1/2} \quad (13)$$

Em que v é a velocidade média do escoamento, n é o coeficiente de rugosidade de Manning, R é o raio hidráulico, calculado como a razão entre a área molhada e o perímetro molhado da seção transversal do canal, e S_f é a declividade da linha de energia.

A partir da velocidade, a vazão (Q) pode ser calculada como:

$$Q = V * A = \frac{A}{n} R_h^{2/3} S_f^{1/2} \quad (14)$$

Em que Q é a vazão, V é a velocidade média do escoamento, A é a área molhada da seção transversal, n é o coeficiente de rugosidade de Manning, R_h é o raio hidráulico, calculado como a razão entre a área molhada e o perímetro molhado da seção transversal, e S_f é a declividade da linha de energia.

Essa forma da equação de Manning é usada para calcular a vazão em canais abertos, considerando os efeitos da rugosidade, da geometria da seção e da energia disponível para o escoamento.

2.3.1. Tabelas e recomendações de valores típicos de n

Em processos de calibração automática de modelos como o SWMM, os coeficientes de Manning são geralmente tratados como parâmetros de otimização, sendo ajustados através de algoritmos genéticos e outras técnicas de otimização multiobjetivo para melhorar o ajuste entre vazões simuladas e observadas. A seleção apropriada dos valores de Manning é de fundamental importância para o desenvolvimento de modelos confiáveis de drenagem urbana, sendo essencial considerar não apenas o material dos condutos, mas também as condições operacionais esperadas ao longo da vida útil do sistema (Kwon *et al.*, 2025).

As Tabelas 1 e 2 apresentam valores típicos do coeficiente de Manning para diferentes materiais e superfícies comumente encontrados em sistemas de drenagem urbana.

Tabela 1 – Tabela de Coeficientes de Rugosidade de Manning para Materiais de Drenagem

Material do Conduto	Coefficiente de Manning(n)
Tubos de PVC	0,009 - 0,011
Tubos de concreto (novos, lisos)	0,011 - 0,013
Tubos de concreto (usados)	0,013 - 0,015
Tubos metálicos corrugados	0,022 - 0,026
Tubos de cerâmica vitrificada	0,011 - 0,015
Canais de concreto	0,012 - 0,018
Canais naturais limpos	0,025 - 0,033
Canais com vegetação densa	0,050 - 0,150

Fonte: Elaboração própria com base em Chow (1959), Uni-Bell (2013) e US Army Corps of Engineers.

Tabela 2 – Valores típicos para superfícies urbanas (escoamento superficial)

Tipo de Superfície	Coefficiente de Manning (n)
Superfícies impermeáveis lisas (asfalto, concreto)	0,011 - 0,015
Superfícies impermeáveis rugosas	0,015 - 0,024
Áreas gramadas (gramado denso)	0,150 - 0,450
Áreas permeáveis urbanas	0,100 - 0,200

Fonte: Elaboração própria com base em Chow (1959), Uni-Bell (2013) e US Army Corps of Engineers.

2.4. Calibração de modelos hidráulicos

A calibração de modelos hidráulicos e hidrológicos é uma etapa fundamental para garantir que as simulações representem adequadamente o comportamento real dos sistemas de drenagem urbana (Farahani *et al.*, 2025). Este processo consiste no ajuste dos parâmetros do modelo para minimizar as diferenças entre os valores simulados e os dados observados, geralmente envolvendo vazões, níveis d'água e hidrogramas de cheia (Kuhanestani; Bomers; Booi, 2025). Em sistemas de drenagem urbana, os principais parâmetros calibráveis incluem os coeficientes de rugosidade de Manning, áreas impermeáveis, largura característica das sub-bacias, armazenamento em depressões e parâmetros de infiltração (Yang *et al.*, 2025).

Anteriormente, a calibração de modelos hidrológicos era realizada através de procedimentos manuais de tentativa e erro, demandando tempo considerável e dependendo fortemente da experiência do modelador (Bayas-Jiménez *et al.*, 2019). Porém, o

desenvolvimento de técnicas de otimização automática, em particular algoritmos genéticos e métodos de otimização multiobjetivo, tem melhorado este processo (Behrouz *et al.*, 2020; Zhou *et al.*, 2024). Estes métodos permitem a exploração eficiente do espaço de parâmetros, identificando conjuntos de valores que produzem melhor ajuste entre simulações e observações segundo funções objetivo definidas, como o coeficiente de Nash-Sutcliffe, erro quadrático médio ou erro de pico de vazão (Yang *et al.*, 2025; Ahmadi *et al.*, 2025). A calibração automática do SWMM utilizando algoritmos genéticos tem demonstrado capacidade de melhorar significativamente a precisão das simulações, reduzindo o tempo de modelagem e a subjetividade inerente dos métodos manuais (Alizadeh; Yazdi, 2023).

A análise de sensibilidade dos parâmetros é uma etapa muito importante e que deve preceder a calibração, permitindo identificar quais parâmetros exercem maior influência nos resultados das simulações e, portanto, requerem maior atenção durante o processo de ajuste (Radišić; Lauvernet; Vidard, 2025; Balliñas-González *et al.*, 2020). Abordagens mais recentes têm explorado métodos simplificados de calibração, como o uso de balanço de massa para calibração de rugosidade em redes de distribuição de água, demonstrando que procedimentos mais simples podem produzir resultados satisfatórios para aplicações práticas.

A avaliação do desempenho dos modelos é realizada através de métricas estatísticas, destacando-se o Erro Quadrático Médio Raiz (RMSE), que mede a magnitude média dos erros entre valores simulados e observados; o Coeficiente de Eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE), que varia de $-\infty$ a 1 indicando ajuste perfeito quando $NSE = 1$; e o Percentual de Viés (PBIAS), que quantifica a tendência do modelo em superestimar ($PBIAS < 0$) ou subestimar ($PBIAS > 0$) os valores observados (Feng; Huang; Ma, 2025). Em sistemas de drenagem urbana, os principais parâmetros calibráveis incluem os coeficientes de rugosidade de Manning, áreas impermeáveis, largura característica das sub-bacias, armazenamento em depressões e parâmetros de infiltração (Yang *et al.*, 2025).

2.4.1 Métodos numéricos fundamentais para ajuste de parâmetro único: O Método da Falsa Posição

Em situações de calibração onde o objetivo é melhorar um determinado parâmetro, minimizando a diferença entre o valor simulado e o observado, técnicas clássicas de busca de raízes de equações se tornam aplicáveis. Um desses métodos é o método da falsa posição, também conhecido como método da interpolação linear. Trata-se de um algoritmo iterativo antigo e eficaz para encontrar a raiz de uma função contínua $f(x)$ dentro de um intervalo inicial

$[x_L, x_U]$ no qual a função muda de sinal, ou seja, $f(x_L) \cdot f(x_U) < 0$, como mostra a Figura 5. Esta condição, pelo Teorema do Valor Intermediário, garante a existência de pelo menos uma raiz no intervalo (Chapra; Canale, 2010).

O princípio do método da falsa posição é encontrar a raiz por meio de uma interpolação linear. A cada iteração, uma reta é traçada entre os pontos $(x_L, f(x_L))$ e $(x_U, f(x_U))$. A intersecção desta reta com o eixo x fornece uma nova estimativa para a raiz, x_R . A fórmula para x_R é dada por:

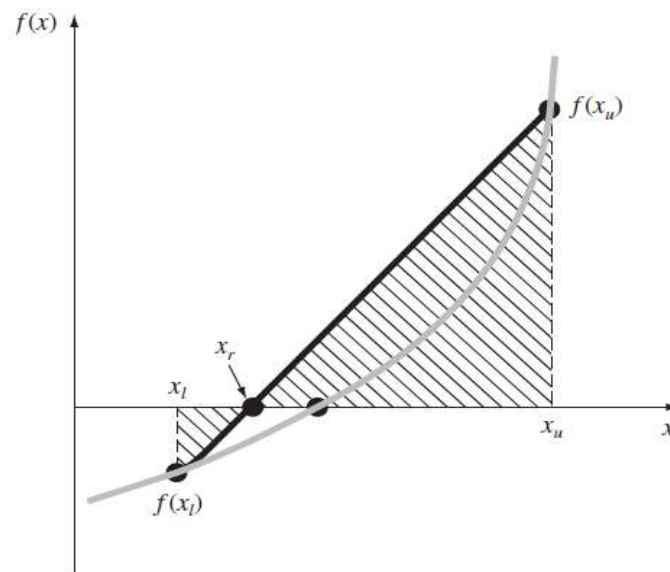
$$x_R = x_U - \frac{f(x_U)(x_L - x_U)}{f(x_L) - f(x_U)} \quad (15)$$

Em que x_L e x_U representam, respectivamente, os limites inferior e superior do intervalo que contém a raiz da função $f(x)$, e $f(x_L)$ e $f(x_U)$ são os valores da função nesses pontos. A variável x_R corresponde à nova estimativa da raiz obtida pela intersecção da reta entre os pontos $(x_L, f(x_L))$ e $(x_U, f(x_U))$ com o eixo das abscissas.

Após calcular x_R , avalia-se o valor da função neste ponto, $f(x_R)$. O intervalo para a próxima iteração é então refinado substituindo-se um dos limites (x_L ou x_U) por x_R , de forma a manter a raiz entre os novos limites:

- Se $f(x_L) \cdot f(x_R) < 0$, a raiz está no subintervalo $[x_L, x_R]$, então x_U é atualizado para x_R .
- Se $f(x_R) \cdot f(x_U) < 0$, a raiz está no subintervalo $[x_R, x_U]$, então x_L é atualizado para x_R .
- Se $f(x_L) \cdot f(x_R) = 0$ (ou $f(x_R)$ é suficientemente próximo de zero), x_R é a raiz encontrada. Este processo é repetido até que a estimativa da raiz atinja uma precisão desejada, geralmente verificada por critérios como $|f(x_R)| < \text{tolerância}$ ou quando a diferença entre estimativas sucessivas de x_R se torna suficientemente pequena.

Figura 5 – Descrição gráfica do método da falsa posição



Fonte: Chapra (2010).

Para a calibração de um único parâmetro de um modelo hidráulico, como o coeficiente de Manning n para um trecho específico de um conduto, o método da falsa posição pode ser aplicado diretamente. Neste caso, a função $f(n)$ seria uma medida do erro entre a simulação e a observação, por exemplo, $f(n) = \sum (ProfundidadeSimulada(n) - ProfundidadeObservada_i)$ para vários instantes i , onde o objetivo é encontrar o valor de n que anula essa soma de erros (ou a torna mínima). O processo envolveria a execução do modelo SWMM com diferentes valores de n para obter os erros correspondentes e, então, aplicar iterativamente a fórmula da falsa posição para refinar a estimativa de n . Embora o método da falsa posição seja desenhado principalmente para encontrar raízes (onde $f(x) = 0$) e não para minimização geral de funções de erro (onde se busca o mínimo de $f(x)^2$ ou $|f(x)|$), ele pode ser eficaz se a função de erro for variar de forma contínua e em uma única direção relacionada ao parâmetro na vizinhança da solução ótima e cruzar o zero (Pandey; Singh, 2024).

Apesar de sua simplicidade e eficácia em problemas unidimensionais, o método da falsa posição tem aplicabilidade limitada na calibração multiparamétrica.

2.4.2. Desafios na calibração: equifinalidade, dimensionalidade, custo computacional, dados escassos

Um dos principais desafios na calibração de modelos hidrológicos urbanos é o problema da equifinalidade, conceito que descreve a existência de múltiplos conjuntos de

parâmetros que produzem ajustes igualmente satisfatórios aos dados observados (Beven, 2006). Este fenômeno ocorre porque a informação disponível nos dados de calibração é insuficiente para identificar um conjunto único de parâmetros, agravado pelo fato de que os modelos disponíveis são apenas representações aproximadas das respostas reais das bacias (Lan *et al.*, 2020). A equifinalidade é inevitável em modelos como o SWMM devido às incertezas inerentes aos sistemas hidrológicos e à complexidade das interações entre processos (Herrera; Marazuela; Hofmann, 2022; Gomes Jr. *et al.*, 2024). Em modelos de drenagem urbana, diferentes combinações de parâmetros como rugosidade de Manning, áreas impermeáveis e coeficientes de infiltração podem resultar em hidrogramas simulados praticamente idênticos, dificultando a seleção de um conjunto de parâmetros fisicamente realista (Jin & Jin, 2020).

2.5 Aprendizado de Máquina (Machine Learning) para estimativa de parâmetros

Recentemente, técnicas de aprendizado de máquina têm surgido como uma ferramenta promissora no auxílio a superação de barreiras na calibração de modelos hidrológicos, oferecendo alternativas aos métodos de otimização convencionais (Kumar; Rao, 2024). O uso de inteligência artificial e aprendizado profundo na hidrologia tem revolucionado a forma como os modelos são calibrados e operados, permitindo explorar de maneira eficiente espaços de parâmetros de alta dimensionalidade, identificando padrões complexos nos dados (Zhi *et al.*, 2024; Qi *et al.*, 2025). Métodos de *Machine Learning* têm demonstrado boa capacidade na avaliação do desempenho de modelos hidrológicos de forma mais eficiente, auxiliando na seleção de estruturas de modelos e na estimativa de parâmetros através do aprendizado de relações não-lineares entre variáveis observadas e parâmetros do modelo (Tyrallis; Papacharalampous, 2022).

No aprendizado supervisionado, o algoritmo é treinado com um conjunto de dados rotulados, $\{(x^{(1)}, y^{(1)}), (x^{(2)}, y^{(2)}), \dots, (x^{(m)}, y^{(m)})\}$, onde cada $x^{(i)}$ é um vetor de variáveis preditoras (*features*) e $y^{(i)}$ é o valor de saída (rótulo ou *target*) correspondente. Em problemas de regressão, $y^{(i)}$ é uma variável contínua. O objetivo do algoritmo é aprender uma função de mapeamento $h: X \rightarrow Y$ que, dado um novo vetor de entrada x , consiga prever o valor de saída $\hat{y} = h(x)$ da forma mais acurada possível. Essa acurácia é geralmente medida por uma função de custo (ou perda) que quantifica a discrepância entre os valores preditos e os valores reais.

2.5.1 Regressão Linear Múltipla

A hipótese funcional da regressão linear múltipla é dada por:

$$\hat{y} = h_{\beta}(x) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p = \beta^T x \quad (16)$$

Em que \hat{y} é o valor predito, $x = [1, x_1, \dots, x_p]^T$ é o vetor de features (com $x_0 = 1$ para o intercepto), $\beta = [\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p]^T$ é o vetor de coeficientes do modelo, e p é o número de features (Legendre, 1805).

Os coeficientes β são tipicamente estimados minimizando a função de custo baseada nos Mínimos Quadrados Ordinários (OLS):

$$J(\beta) = \frac{1}{2m} \sum_{j=1}^m (h_{\beta}(x^{(i)}) - y^{(i)})^2 \quad (17)$$

Em que $J(\beta)$ representa a função de custo utilizada para avaliar o ajuste do modelo, m é o número total de amostras de treinamento, $h_{\beta}(x^{(i)})$ é a predição do modelo para a i -ésima amostra com base nos parâmetros β , e $y^{(i)}$ é o valor observado correspondente.

2.5.2 Métodos de regularização para Regressão Linear

Para prevenir o sobreajuste (*overfitting*), especialmente em cenários com muitas *features* ou multicolinearidade, técnicas de regularização são empregadas. Elas adicionam um termo de penalidade à função de custo OLS.

A Regressão Ridge (Regularização L2) adiciona uma penalidade proporcional à soma dos quadrados dos coeficientes:

$$J_{Ridge}(\beta) = J_{OLS}(\beta) + \alpha \sum_{j=1}^p \beta_j^2 \quad (18)$$

O parâmetro $\alpha \geq 0$ controla a intensidade da regularização. A penalidade L2 tende a encolher os coeficientes, mas raramente os torna exatamente zero.

A Regressão Lasso (Regularização L1) adiciona uma penalidade proporcional à soma dos valores absolutos dos coeficientes:

$$J_{Lasso}(\beta) = J_{OLS}(\beta) + \alpha \sum_{j=1}^p \beta_j^2 \quad (19)$$

A penalidade L1 pode reduzir alguns coeficientes a zero, efetivamente realizando seleção de *features*.

A Regressão *ElasticNet* combina as penalidades L1 e L2, oferecendo um compromisso entre as características da Ridge e da Lasso.

$$J_{ElasticNet}(\beta) = J_{OLS}(\beta) + \alpha \rho \sum_{j=1}^p |\beta_j| + \alpha \frac{(1-\rho)}{2} \sum_{i=1}^p \beta_j^2 \quad (20)$$

Em que $J_{ridge}(\beta)$, $J_{lasso}(\beta)$ e $J_{elasticNet}(\beta)$ representam, respectivamente, as funções de custo associadas às regressões Ridge, Lasso e Elastic Net. O termo $J_{OLS}(\beta)$ é a função de custo original dos Mínimos Quadrados Ordinários (OLS). O parâmetro $\alpha \geq 0$ controla a intensidade da regularização, atuando como um fator de penalização sobre os coeficientes β_j .

2.5.3 Máquinas de Vetores de Suporte para Regressão (SVR)

O SVR (Vapnik, 1995) busca encontrar uma função $h(x)$ que se desvie no máximo ϵ dos valores reais $y^{(i)}$ para a maioria dos dados de treinamento, ao mesmo tempo que tenta ser o mais "plana" possível (minimizando a norma dos pesos $\|w\|^2$) (Drucker *et al.*, 1997). A formulação do problema de otimização (forma primal para SVR linear) é:

$$\min_{w, b, \xi, \xi^*} \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^m (\xi_i + \xi_i^*) \quad (21)$$

Sujeito às restrições:

$$y^{(i)} - (w^T \phi(x^{(i)}) + b) \leq \epsilon + \xi_i \quad (22)$$

$$(w^T \phi(x^{(i)}) + b) - y^{(i)} \leq \epsilon + \xi_i^* \quad (23)$$

$$\xi_i, \xi_i^* \geq 0, \quad \text{para } i = 1, \dots, m \quad (24)$$

Em que $C > 0$ é o parâmetro de regularização que penaliza os erros fora da margem ϵ , e ξ_i, ξ_i^* são variáveis de folga. A função $\phi(x)$ mapeia as entradas para um espaço de *features* de maior dimensionalidade. O "truque do kernel" permite o cálculo de produtos escalares nesse espaço de alta dimensão sem a necessidade de computar explicitamente as coordenadas $\phi(x)$, utilizando uma função de kernel $K(x_i, x_j) = \phi(x_i)^T \phi(x_j)$.

2.5.4 Random Forest Regressor (RF)

O Random Forest é um método de ensemble learning que opera construindo uma multitude de árvores de decisão durante o treinamento. Cada árvore é treinada em uma subamostra do conjunto de dados original (geralmente obtida por bootstrap, ou amostragem com reposição) e, em cada nó da árvore, a melhor divisão é escolhida a partir de um subconjunto aleatório de features (Breiman, 2001). Para problemas de regressão, a predição final do Random Forest é a média das predições de todas as árvores individuais $h_k(x)$:

$$\hat{y}^{RF}(x) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K h_k(x) \quad (25)$$

Em que $\hat{y}^{RF}(x)$ é a predição final do Random Forest, K é o número de árvores na floresta, $h_k(x)$ é a predição da k -ésima árvore, e x é o vetor de entrada (features).

2.5.5 Gradient Boosting Regressor

O Gradient Boosting é outro método de *ensemble learning* que constrói modelos de forma sequencial e aditiva. Cada novo modelo (geralmente uma árvore de decisão) é treinado

para corrigir os erros (pseudo-resíduos) do modelo combinado anterior (Friedman, 2001). O modelo final $F_M(x)$ após M iterações é dado por:

$$F_M(x) = F_0(x) + \sum_{m=1}^M v * h_m(x) \quad (26)$$

Em que $F_0(x)$ é um modelo inicial (e.g., a média dos valores alvo), $h_m(x)$ é o m -ésimo modelo (base learner) treinado sobre os pseudo-resíduos, e v (eta) é a taxa de aprendizado (*learning rate*), que controla a contribuição de cada novo modelo.

2.5.6 Métricas de avaliação

As Métricas de Avaliação representam o desempenho dos modelos de regressão quantificando por diversas métricas, sendo as principais:

- RMSE (Root Mean Squared Error): mede a raiz quadrada da média dos erros quadráticos, penalizando erros maiores.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (27)$$

Em que N é o número de observações, y_i é o valor observado, \hat{y}_i é o valor predito.

- MAE (Mean Absolute Error): mede a média dos erros absolutos, sendo menos sensível a *outliers* que o RMSE.

$$MAE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}_i|} \quad (28)$$

Em que N é o número de observações, y_i é o valor observado, \hat{y}_i é o valor predito.

- R^2 (Coeficiente de Determinação): indica a proporção da variância na variável dependente que é previsível a partir das variáveis independentes.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2} \quad (29)$$

Em que N é o número de amostras, y_i são os valores reais, \hat{y}_i os valores preditos, e \bar{y} a média dos valores reais.

- PBIAS (Percent Bias): mede o viés percentual médio entre valores observados e preditos, indicando a tendência de superestimação (valores positivos) ou subestimação (valores negativos) do modelo.

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)}{\sum_{i=1}^N y_i} * 100 \quad (30)$$

Em que N é o número de observações, y_i é o valor observado, \hat{y}_i é o valor predito.

- NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency): avalia a capacidade preditiva do modelo comparando a variância residual com a variância dos dados observados. Varia de $-\infty$ a 1, onde 1 indica ajuste perfeito.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2} \quad (31)$$

Em que N é o número de observações, y_i é o valor observado, \hat{y}_i é o valor predito, \bar{y} é a média dos valores observados.

- KGE (Kling-Gupta Efficiency): métrica que decompõe o NSE em três componentes (correlação, viés e variabilidade), permitindo diagnóstico mais detalhado do desempenho do modelo. Varia de $-\infty$ a 1.

$$KGE = 1 - \sqrt{(r - 1)^2 + (\beta - 1)^2 + (\gamma - 1)^2} \quad (32)$$

Em que r é o coeficiente de correlação de Pearson, $\beta = \mu_s/\mu_o$ é a razão entre as médias dos valores simulados e observados, $\gamma = (\sigma_s/\mu_s)/(\sigma_o/\mu_o)$ é a razão entre os coeficientes de variação.

2.6 Algoritmos Genéticos (GA) para Otimização de Parâmetros

Os algoritmos genéticos é uma das técnicas de otimização mais eficazes para a calibração automática de modelos de drenagem urbana, baseados em princípios de seleção natural e evolução para explorar eficientemente o espaço de parâmetros (Del Giudice; Padulano, 2016). A utilização desses algoritmos é recomendada em problemas de calibração multiobjetivo, onde vários critérios de desempenho devem ser simultaneamente otimizados, como o ajuste de picos de vazão, volumes totais e formas de hidrogramas (Zhou *et al.*, 2024). A aplicação de algoritmos genéticos na calibração do SWMM tem demonstrado capacidade de identificar conjuntos de parâmetros que melhoram significativamente a precisão das simulações, ajustando simultaneamente parâmetros hidrológicos e hidráulicos como coeficientes de Manning, áreas impermeáveis, largura característica e parâmetros de infiltração (Yang *et al.*, 2025; Bayas-Jiménez *et al.*, 2019)

Os GAs operam sobre uma *população* de *indivíduos*, onde cada indivíduo representa uma solução candidata para o problema de otimização. Cada indivíduo é codificado por um cromossomo, que é uma representação dos parâmetros da solução (os genes). A "qualidade" de cada indivíduo é avaliada por uma função de aptidão (*fitness*). Através de um processo iterativo (gerações), os indivíduos mais aptos têm maior probabilidade de serem selecionados para reprodução, gerando novos indivíduos (descendentes) através de operadores genéticos como cruzamento (*crossover*) e mutação. Este processo tende a levar a população a convergir para regiões do espaço de busca contendo soluções de alta qualidade (Diaz-Ortiz *et al.*, 2023).

A Representação do Indivíduo (Cromossomo) é a forma como uma solução candidata é codificada. No contexto da calibração de múltiplos coeficientes de Manning n_k para L elementos da rede, um indivíduo I pode ser um vetor de números reais:

$$I = [n_1, n_2, \dots, n_L] \quad (33)$$

Em que cada n_k (gene) está restrito a um intervalo $[n_{lower,k}, n_{upper,k}]$.

Já a Função de Aptidão (*Fitness Function*) é uma função $f(I)$ que quantifica a qualidade (aptidão) de um indivíduo I . No problema de calibração, o objetivo é minimizar um erro, como o RMSE entre valores simulados e observados. Se o GA for projetado para maximizar o fitness, uma transformação pode ser aplicada, por exemplo:

$$Fitness(I) = \frac{1}{1 + RMSE(I)} \quad (34)$$

Em que $RMSE(I)$ é a raiz do erro quadrático médio para esse indivíduo,

A Seleção é o processo que escolhe indivíduos da população atual para serem pais na próxima geração. A seleção por torneio é uma técnica comum: indivíduos são selecionados aleatoriamente da população, e o indivíduo mais apto entre eles é escolhido como pai. Este processo é repetido até que o *mating pool* (conjunto de pais) esteja completo.

O Cruzamento (*Crossover*) combina o material genético de dois pais (p_1, p_2) para gerar um ou mais descendentes (c_1, c_2). O Blend Crossover (α_{blend}) é frequentemente usado para cromossomos de valor real. Para cada gene k :

$$d_k = |p_{1k} - p_{2k}| \quad (35)$$

$$\gamma_k \sim U(-\alpha_{blend}, 1 + \alpha_{blend}) \quad (36)$$

$$c_{1k} = p_{1k} + \gamma_k d_k \quad (37)$$

$$c_{2k} = p_{2k} + \gamma_k d_k \quad (38)$$

Em que d_k é a distância absoluta entre os genes k dos pais p_{1k} e p_{2k} , γ_k é um número aleatório uniformemente distribuído no intervalo $(-\alpha_{blend}, 1 + \alpha_{blend})$, α_{blend} é o parâmetro de controle do *Blend Crossover*, e c_{1k} e c_{2k} são os genes k dos descendentes.

A Mutação introduz pequenas alterações aleatórias nos genes dos descendentes com uma probabilidade P_m , promovendo a diversidade genética. A mutação gaussiana adiciona a cada gene g_k um valor amostrado de uma distribuição normal $N(0, \sigma_{mut})$:

$$g'_k = g_k + N(0, \sigma_{mut}) \quad (39)$$

O desvio padrão σ_{mut} controla a magnitude da perturbação. Nos *softwares* desenvolvidos, uma mutação customizada foi implementada para garantir que o valor mutado g'_k permaneça dentro dos limites especificados $[n_{lower,k}, n_{upper,k}]$:

$$g'_k = \max\left(n_{lower,k}, \min(n_{upper,k}, g_k + \delta_k)\right) \quad (40)$$

Em que g'_k é o valor mutado do gene k , g_k é o valor original, $N(0, \sigma_{mut})$ é uma distribuição normal com média zero e desvio padrão σ_{mut} que controla a magnitude da mutação, δ_k é a perturbação gaussiana aplicada, e $n_{lower,k}$ e $n_{upper,k}$ são os limites inferior e superior do gene k .

O Elitismo consiste em uma estratégia comum onde uma pequena fração dos indivíduos mais aptos da população atual é copiada diretamente para a próxima geração, garantindo que as melhores soluções encontradas não sejam perdidas durante o processo evolutivo (Muleta *et al.*, 2006).

A Figura 6 apresenta um fluxograma padrão de funcionamento do Algoritmo Genético (GA).

Figura 6 – Fluxograma padrão de funcionamento do Algoritmo Genético



Fonte: Autor (2025).

2.7. Lacunas na literatura e justificativa para pesquisas futuras

Apesar dos avanços significativos nos processos de calibração automática de modelos de drenagem urbana, várias lacunas continuam existindo na literatura científica. O problema da equifinalidade, embora amplamente reconhecido (Lan *et al.*, 2020; Vu *et al.*, 2023), ainda precisa de soluções práticas e consistentes para sua mitigação em aplicações de

engenharia (Gomes *et al.*, 2024). A maioria dos estudos de calibração automática com algoritmos genéticos concentra-se em bacias com dados bastante dados de monitoramento, enquanto aplicações em contextos de dados escassos, típicos de países em desenvolvimento, permanecem limitadas (Jin & Jin, 2020). Além disso, a análise de sensibilidade de parâmetros em modelos urbanos complexos frequentemente se limita a estudos de caso específicos, precisando de metodologias generalizáveis para diferentes tipologias de bacias urbanas (Abbas *et al.*, 2024).

A integração de técnicas de Machine Learning com modelos físicos tradicionais possui potencial promissor, mas ainda esbarra em desafios fundamentais não completamente abordados na literatura. A interpretabilidade dos modelos de aprendizado de máquina aplicados à calibração hidrológica permanece uma questão complicada (Pichler; König; Reinstaller; Muschalla, 2024; Xia *et al.*, 2025), especialmente quando decisões de projeto de infraestrutura dependem dessas estimativas.

Para superar essas limitações, as abordagens híbridas são vistas como uma solução promissora (Granata; Di Nunno; Modoni, 2022), embora ainda subexploradas. Essas metodologias buscam integrar juntamente ao conhecimento físico dos modelos de simulação (como o SWMM), a capacidade de aprendizado do Machine Learning (ML) e o poder de busca dos algoritmos de otimização (como os Algoritmos Genéticos). O potencial desta combinação encontra-se na capacidade do ML estimar parâmetros para trechos não monitorados, uma necessidade prática urgente), enquanto a otimização refina eficientemente a calibração, resultando em modelos mais robustos e eficientes (Jin & Jin, 2020; Gomes *et al.*, 2024).

3 METODOLOGIA

3.1 Introdução

Esta seção descreve os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento e avaliação das ferramentas computacionais propostas nesta tese, cujo objetivo principal é a calibração de coeficientes de rugosidade de Manning em redes de drenagem urbana. Serão detalhadas as etapas de concepção dos programas, a teoria empregada, a estrutura computacional das ferramentas desenvolvidas – denominadas aqui como Programa 1 (calibração em sub-bacias) e Programa 2 (calibração em galerias) – e os métodos de análise de resultados, incluindo a abordagem para mitigação do problema da equifinalidade. Vale ressaltar que os dados utilizados neste estudo são sintéticos, gerados através de simulações no

SWMM 5.2. A utilização de dados sintéticos justifica-se pela necessidade de validar a metodologia de calibração proposta sob condições controladas, nas quais os parâmetros de referência são conhecidos a priori, permitindo avaliar a capacidade de convergência e precisão do algoritmo desenvolvido.

3.2 Caracterização do objeto de estudo da pesquisa

A presente pesquisa tem foco no desenvolvimento de soluções para um problema prático da engenharia urbana e sanitária: a calibração de modelos hidrológicos e hidráulicos. Foi adotada uma abordagem através da utilização de modelagem matemática e computacional, direcionadas a implementação de técnicas de aprendizado de máquina e algoritmos genéticos para a estimativa do coeficiente de Manning em sub-bacias e galerias de redes de drenagem urbana. Foi utilizada como base para a elaboração dos programas a biblioteca do PySWMM em Python para execução das simulações necessárias. O desenvolvimento dos *softwares* constitui o principal resultado prático da pesquisa.

3.3 Desenvolvimento das ferramentas computacionais

Para atingir os objetivos propostos, foram desenvolvidas duas ferramentas computacionais em linguagem Python, utilizando uma combinação de bibliotecas padrão para manipulação de dados, interface gráfica e computação científica, além de bibliotecas especializadas para simulação hidrológica/hidráulica e aprendizado de máquina.

O ambiente de desenvolvimento comum a ambos os programas se baseou na linguagem Python, aproveitando sua flexibilidade e o vasto ecossistema de bibliotecas.

As ferramentas foram projetadas com modularidade, separando a lógica de manipulação de dados do SWMM, os algoritmos de calibração e estimativa, e a interface com o usuário.

3.4 Programa 1: calibração de coeficientes de rugosidade em sub-bacias

O Programa 1 é uma ferramenta computacional desenvolvida para a calibração dos coeficientes de rugosidade de Manning (N-Imperv e N-Perv) relativos ao escoamento superficial em sub-bacias, utilizando o modelo EPA SWMM como motor de simulação através

da interface de programação pySWMM. Um aspecto central da metodologia adotada é a incorporação de uma análise de equifinalidade para seleção de um conjunto representativo de parâmetros calibrados.

A representação do escoamento superficial em modelos de drenagem urbana é fortemente influenciada pelos coeficientes de rugosidade de Manning atribuídos às diferentes superfícies da bacia de contribuição. No SWMM, estes são tipicamente definidos como N-Imperv para áreas impermeáveis (e.g., telhados, pavimentos) e N-Perv para áreas permeáveis (e.g., gramados, jardins). A calibração inadequada destes parâmetros pode levar a subestimativas ou superestimativas significativas das vazões e volumes de escoamento superficial.

O Programa 1 implementa um método para a calibração simultânea de N-Imperv e N-Perv para uma sub-bacia específica, comparando os resultados da simulação hidrológica com dados observados fornecido pelo usuário. Adicionalmente, o programa implementa uma estratégia para abordar o problema da equifinalidade, comum na calibração de modelos hidrológicos complexos, onde múltiplos conjuntos de parâmetros podem gerar resultados de simulação similarmente aceitáveis.

3.4.1 Algoritmo de calibração implementado

O Programa 1 emprega algoritmos de otimização para encontrar o par de valores (N_{imperv} , N_{perv}) que minimiza a discrepância entre os resultados simulados pelo SWMM e os dados observados. A busca é realizada em dois intervalos distintos, cada um com limites mínimos e máximos específicos do coeficiente de Manning, sendo um intervalo para superfícies impermeáveis (N-Imperv) e outro para superfícies permeáveis (N-Perv). A função objetivo primária é a minimização do Erro Quadrático Médio (RMSE):

$$RMSE(N_{imp}, N_{perv}) = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K (X_{sim,k}(N_{imp}, N_{perv}) - X_{obs,k})^2} \quad (41)$$

Em que $X_{sim,k}$ é o valor simulado (vazão ou profundidade) no instante k para um dado par (N_{imp} , N_{perv}), $X_{obs,k}$ é o valor observado no mesmo instante, e K é o número total de observações temporais.

O algoritmo de otimização implementado foi o Algoritmo Genético (GA). Trata-se de uma implementação customizada de GA onde cada indivíduo da população representa um par (N_{imperv}, N_{perv}) . O algoritmo evolui a população através de seleção, cruzamento e mutação, buscando minimizar o RMSE e selecionando a solução com menor erro encontrada.

3.4.2 Abordagem para tratamento da equifinalidade

Uma contribuição metodológica chave do Programa 1 é a sua abordagem para lidar com a equifinalidade. Em vez de apresentar apenas a "melhor" solução encontrada pelo otimizador, o programa realiza uma análise mais aprofundada das soluções comportamentais.

Primeiramente o programa foca em montar um conjunto de soluções candidatas. Durante o processo de otimização, todos os pares de parâmetros $(N_{imperv,i}, N_{perv,i})$ que resultam em um $RMSE_i$ inferior a um limiar de aceitabilidade pré-definido pelo usuário ($RMSE_{limiar}$) são armazenados. Este conjunto forma o espaço de soluções comportamentais, $S_{candidatos}$. É selecionado desse banco de dados o primeiro quartil de soluções organizadas em ordem crescente de N_{perv} (Equação 42).

$$S_{Q1} = \left\{ (N_{imp,j}, N_{perv,j}, RMSE_j) \in S_{candidatos} \mid N_{imp,j} \leq P_{25,N_{imp}} \wedge N_{perv,j} \leq P_{25,N_{perv}} \right\} \quad (42)$$

Para o conjunto S_{Q1} são calculados os seguintes pares de estimadores estatísticos para (N_{imp}, N_{perv}) :

- Média $(\bar{N}_{imp,Q1}, \bar{N}_{perv,Q1})$
- Mediana $(\tilde{N}_{imp,Q1}, \tilde{N}_{perv,Q1})$
- Moda $(\hat{N}_{imp,Q1}, \hat{N}_{perv,Q1})$

Os três pares de parâmetros (N_{imp}, N_{perv}) derivados das estatísticas (média, mediana e moda do primeiro quartil) são então reavaliados. O par de parâmetros (N_{imp}, N_{perv}) que produzir o menor RMSE entre estas três reavaliações é selecionado como a solução calibrada final representativa do Programa 2. Caso não existam candidatos registrados em S_{Q1} , a solução selecionada é a que possui o menor RMSE.

Esta estratégia visa fornecer um conjunto de parâmetros finais filtrados por um critério de densidade (o primeiro quartil), onde foi observado que, após o registro do comportamento em várias simulações, encontram-se as soluções mais adequadas.

3.4.3 Interface do módulo de calibração do manning para sub-bacias

O Programa 1 possui uma interface gráfica do usuário projetada para facilitar a configuração, execução e análise do processo de calibração dos coeficientes de rugosidade de Manning (N-Imperv e N-Perv) para sub-bacias em modelos SWMM. A interface do usuário disponibiliza seções para inserção manual dos dados medidos de profundidade ou vazão, valores mínimos e máximos de Manning para superfícies permeáveis e impermeáveis e demais parâmetros necessários. É possível notar na Figura 7, além da interface principal do Programa 1, o fim do processo de calibração com os resultados calibrados de N-Perv, N-Imperv e o RMSE calculado para a melhor solução encontrada.

Figura 7 – Interface principal do Programa 1

The screenshot displays the 'Calibração Bacias SWMM - Avançado' software interface. The main window is titled 'Calibração Bacias SWMM - Avançado' and contains several sections:

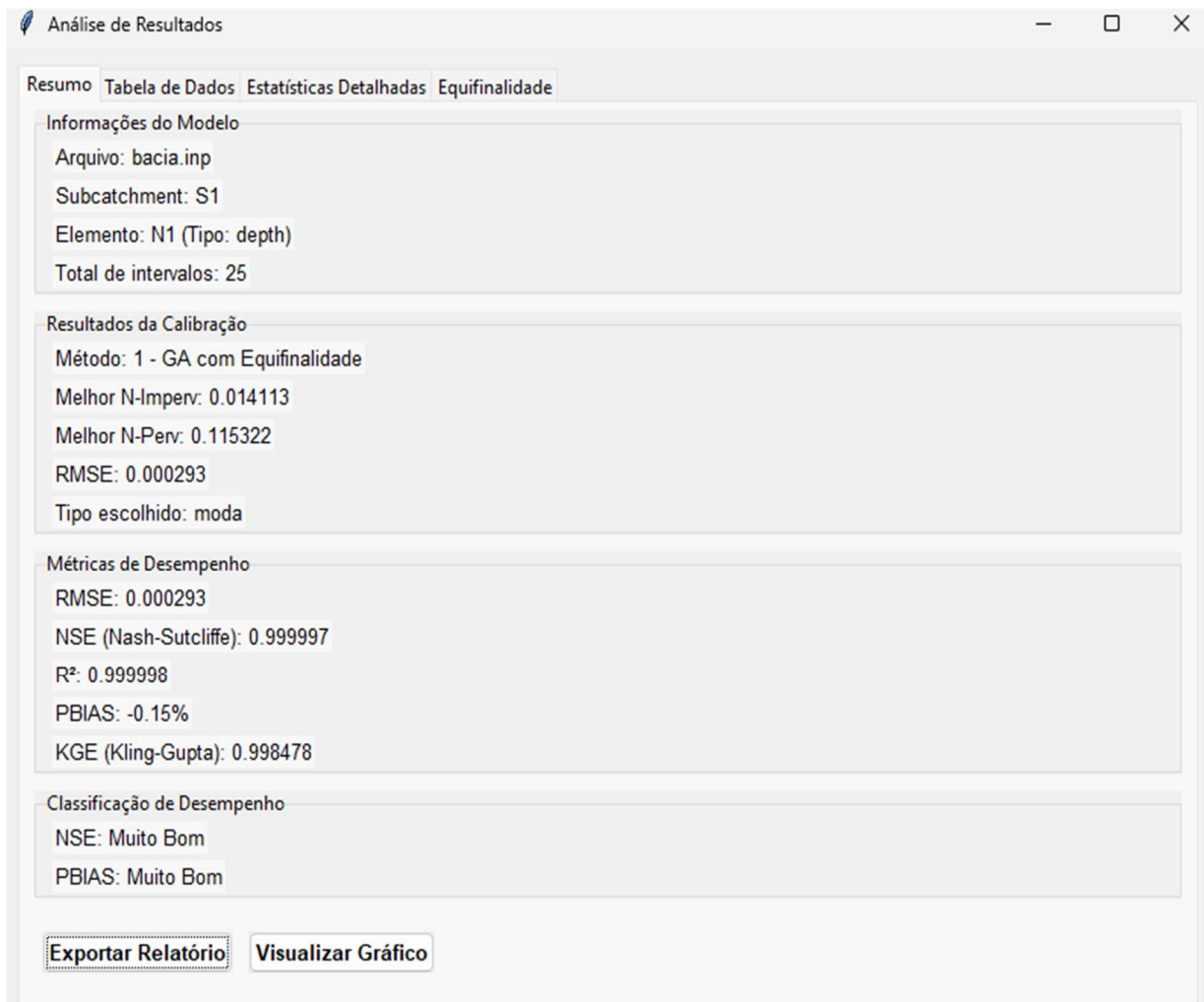
- Arquivo de Entrada:** 'Arquivo INP:' field with the path 'C:/Users/rafae/OneDrive/Área de Trabalho/Doutorado/Pesquisa/Resultados Artigo/BACIA/Ex manual e planilha SWMM BACIA.inp' and buttons for 'Selecionar' and 'Validar'.
- Parâmetros:** Input fields for Manning coefficients: N-Imperv Min (0.010), N-Imperv Max (0.030), N-Perv Min (0.030), and N-Perv Max (0.50). Includes a 'Tabela de Referência Manning' button.
- Método de Calibração:** 'Método:' dropdown set to '1 - GA com Equifinalidade', 'Seed:' field (42), and a checked 'Usar processamento paralelo' checkbox.
- Parâmetros Avançados:** 'Population Size' (50), 'Generations' (30), 'Mutation Rate' (0.3), 'Elite Fraction' (0.1), and 'RMSE Threshold' (0.1).
- Dados de Calibração:** A table with columns 'Intervalo de Tempo' and 'Dados Observados'. The table shows data points from 00:00 to 04:45. A modal dialog 'Calibração Concluída' is overlaid on this table, displaying:

Calibração concluída com sucesso!	
Melhor N-Imperv:	0.019971
Melhor N-Perv:	0.063020
RMSE:	0.026248
- Console:** Shows the saved file path 'C:/Users/rafae/temp/Ex manual e planilha SWMM BACIA_calibrado.inp' and equifinality analysis results: 'Total de soluções candidatas: 966' and 'Candidatos no primeiro quartil: 241'.

Fonte: Autor (2025).

Nas Figuras 8, 9 e 10 constam as ilustrações de exemplos de resultados de simulações realizadas no Programa 1. O conjunto dos resultados exibidos mostram todas as estatísticas envolvidas no processo de calibração do Manning na sub-bacia selecionada pelo usuário. Nas Figuras 11 e 12 constam as ilustrações dos gráficos com o ajuste dos dados simulados vs calibrados e a dispersão dos coeficientes de Manning permeável e impermeável frente a todos os candidatos selecionados no processo de filtragem de equifinalidade implementado.

Figura 8 – Interface de resumo dos resultados da simulação



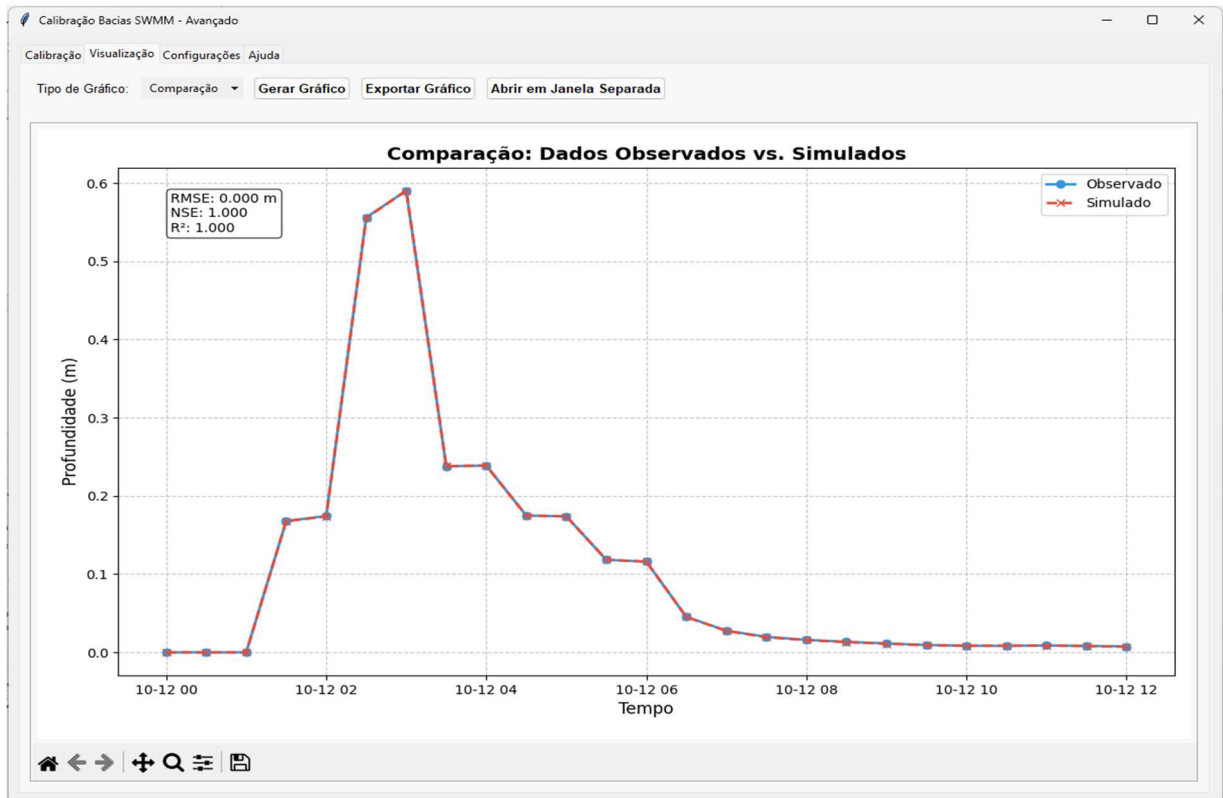
Fonte: Autor (2025).

Figura 10 – Interface de estatísticas da simulação



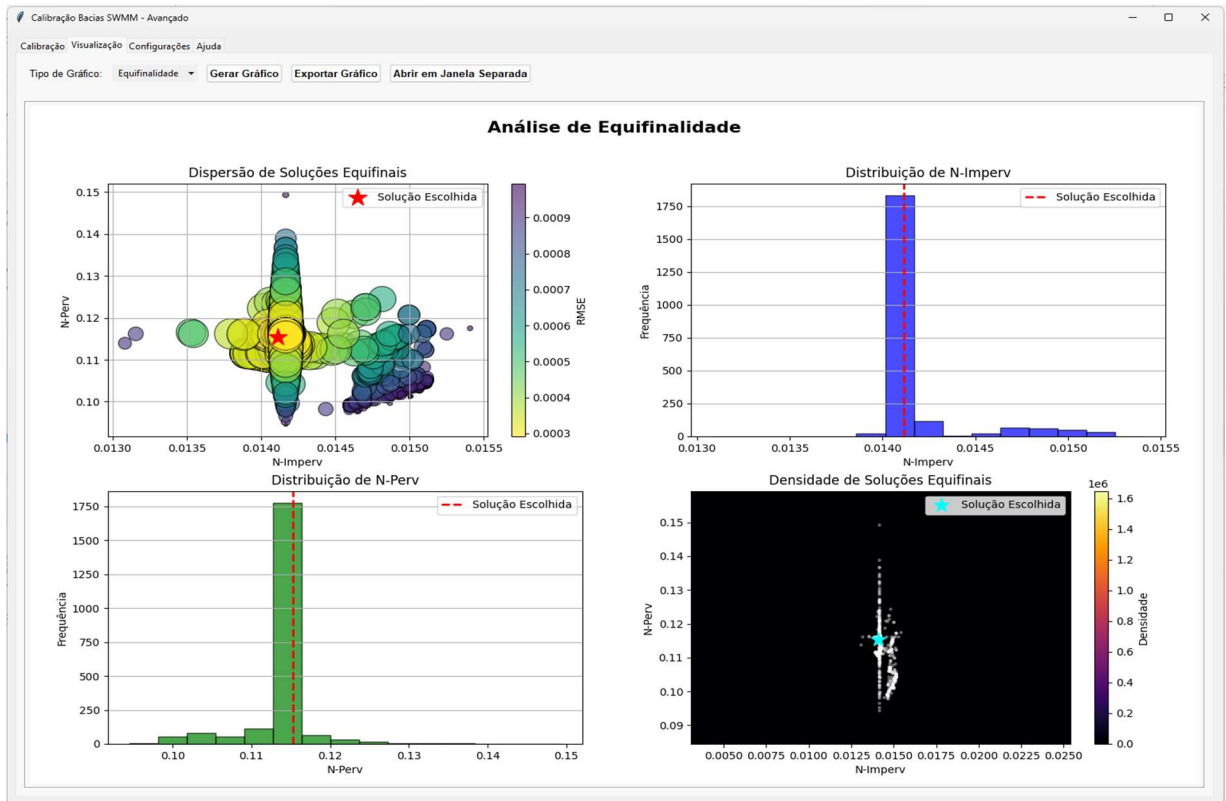
Fonte: Autor (2025).

Figura 11 – Interface do gráfico de comparação de dados observados e simulados



Fonte: Autor (2025).

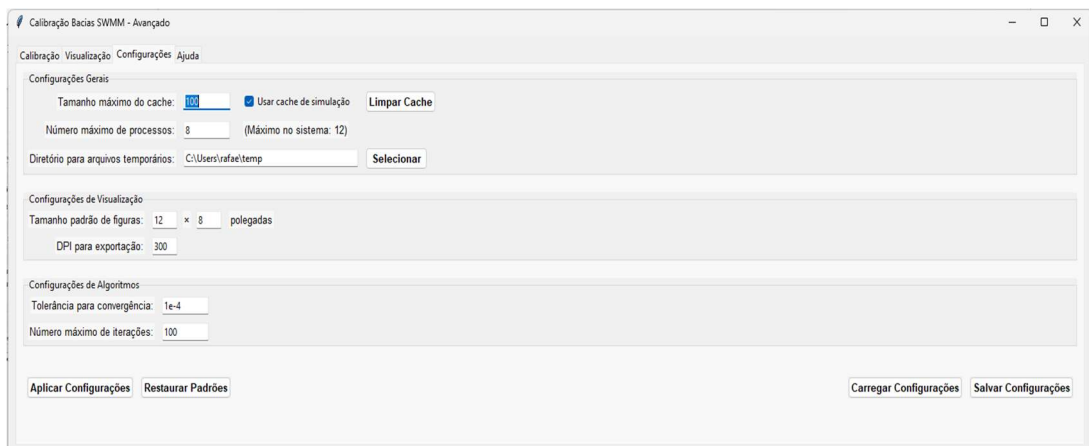
Figura 12 – Interface dos gráficos de dispersão do Manning calibrado permeável e impermeável



Fonte: Autor (2025).

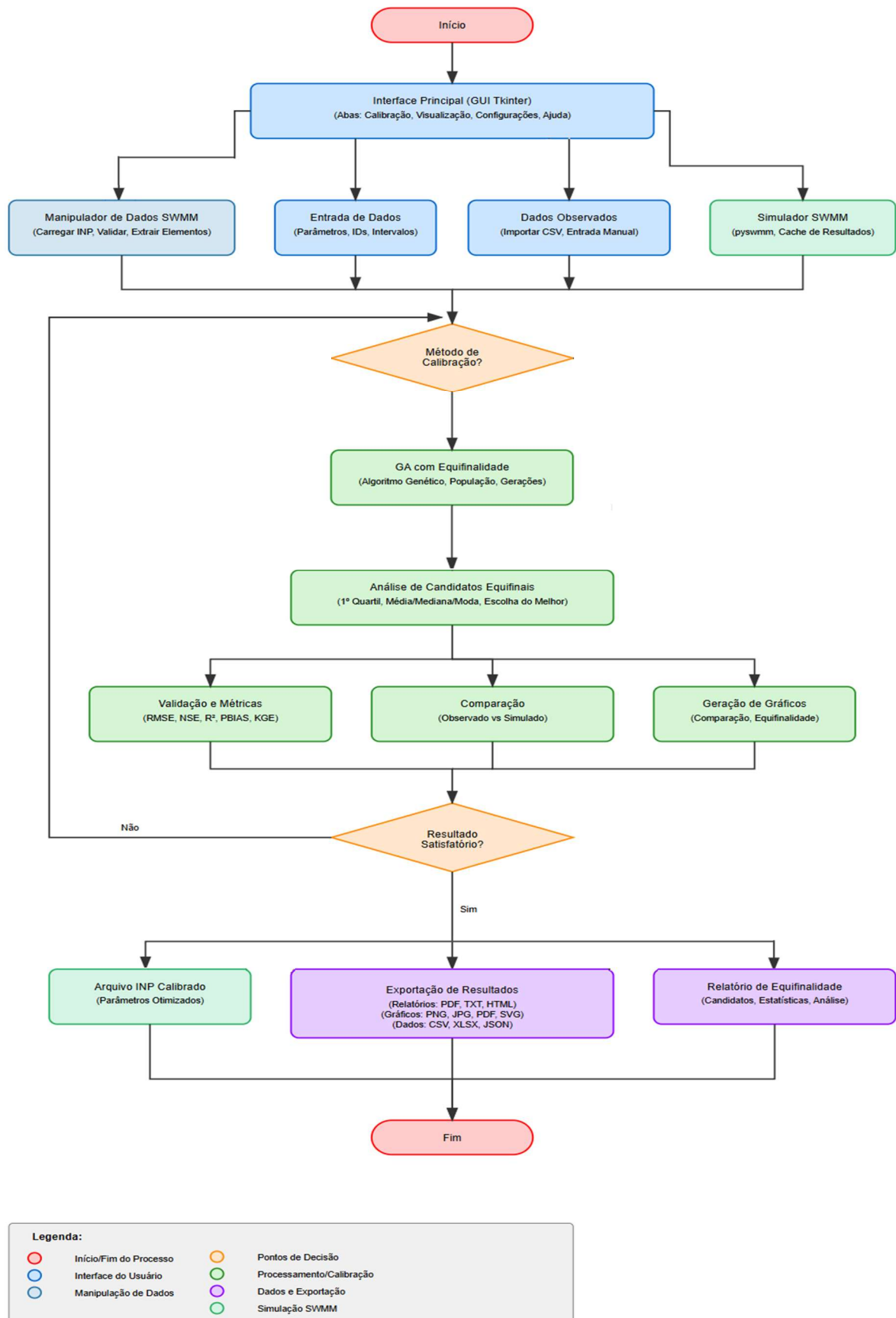
O Programa 1 permite ao usuário ajustar configurações globais do *software*, como tamanho do cache de simulação, número máximo de processos para paralelização, diretório para arquivos temporários, e parâmetros padrão para gráficos (tamanho, DPI). Oferece opções para salvar, carregar e restaurar configurações padrão. Na Figura 13 são ilustrados os parâmetros configuráveis do Programa 1. Já na Figura 14 consta o fluxograma metodológico geral do Programa 1.

Figura 13 – Interface dos parâmetros configuráveis no Programa 1



Fonte: Autor (2025).

Figura 14 - Fluxo metodológico geral do Programa 1



Fonte: Autor (2025).

3.4.4 Rede gabarito de estudo (Programa 1)

Para a condução do estudo e avaliação das funcionalidades do Programa 1, foi empregado um modelo de rede de drenagem pluvial. Este modelo foi adaptado do manual de utilização do SWMM. A configuração da rede compreende 3 sub-bacias, 4 trechos de galerias e um único ponto de lançamento final (exutório).

A representação esquemática da rede fictícia criada é apresentada na Figura 15. As especificações geométricas e hidráulicas de cada trecho, incluindo comprimentos, diâmetros (ou dimensões seccionais) estão consolidadas e disponíveis para consulta na Tabela 3. As profundidades simuladas encontram-se listadas na Tabela 4 e as informações de cota dos nós estão representadas na Tabela 5.

Tabela 3 – Dados da rede do estudo do Programa 1

Trecho	Nó Entrada	Nó Saída	Comprimento (m)	Diâmetro (m)	Manning (n)	Declividade (m/m)
T1	N1	N2	122	0.305	0.012	0.0150
T2	N2	N4	122	0.305	0.012	0.0050
T3	N3	N4	122	0.305	0.012	0.0125
T4	N4	E1	122	0.460	0.012	0.0075

Fonte: Autor (2025).

Tabela 4 – Dados observados gerados em simulação no SWMM através da rede do Programa 1

Tempo (hh:mm:ss)	Profundidade por nó (m)			Vazão por sub-bacia (L/s)		
	N1	N2	N3	S1	S2	S3
0:15:00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:30:00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0:45:00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1:00:00	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
1:15:00	0.0600	0.1095	0.0819	11.7758	14.1910	19.6446
1:30:00	0.0882	0.1785	0.0988	24.5795	26.1715	27.7823
1:45:00	0.0942	0.1942	0.1002	27.8105	28.2477	28.5145
2:00:00	0.0955	0.1971	0.1005	28.4348	28.5318	28.5706
2:15:00	0.1333	0.7896	0.1446	53.3627	54.6585	55.9472
2:30:00	0.1385	0.9150	0.1466	56.7410	56.9754	57.1102
2:45:00	0.1390	0.9281	0.1467	57.1070	57.1382	57.1490
3:00:00	0.1401	0.9437	0.1471	57.9463	57.2609	57.4802
3:15:00	0.1217	0.4343	0.1260	44.8127	44.0856	43.5819
3:30:00	0.1191	0.3862	0.1249	43.2451	43.0037	42.9763

3:45:00	0.1191	0.3837	0.1250	43.2099	42.9358	43.0292
4:00:00	0.1196	0.3902	0.1252	43.6061	43.0063	43.2387
4:15:00	0.0996	0.2101	0.1022	30.8315	30.1976	29.4951
4:30:00	0.0963	0.1994	0.1005	28.9753	28.7851	28.6438
4:45:00	0.0957	0.1978	0.1004	28.6476	28.6028	28.5804
5:00:00	0.0955	0.1975	0.1002	28.5883	28.5788	28.5756
5:15:00	0.0745	0.1458	0.0744	17.4260	16.7033	15.8353
5:30:00	0.0692	0.1333	0.0710	15.1001	14.7825	14.4983
5:45:00	0.0678	0.1303	0.0705	14.5073	14.3931	14.3172
6:00:00	0.0673	0.1295	0.0703	14.3477	14.3103	14.2918
6:15:00	0.0411	0.0774	0.0358	5.0571	4.3210	3.3654
6:30:00	0.0289	0.0527	0.0232	2.4282	1.9294	1.3543
6:45:00	0.0221	0.0397	0.0169	1.3780	1.0497	0.6959
7:00:00	0.0178	0.0316	0.0132	0.8686	0.6436	0.4115
7:15:00	0.0148	0.0261	0.0108	0.5884	0.4276	0.2667
7:30:00	0.0126	0.0223	0.0091	0.4201	0.3009	0.1843
7:45:00	0.0110	0.0193	0.0079	0.3122	0.2212	0.1336
8:00:00	0.0098	0.0170	0.0069	0.2395	0.1681	0.1004
8:15:00	0.0087	0.0150	0.0061	0.1884	0.1313	0.0777
8:30:00	0.0079	0.0134	0.0055	0.1514	0.1049	0.0616
8:45:00	0.0072	0.0122	0.0049	0.1238	0.0853	0.0498
9:00:00	0.0066	0.0112	0.0045	0.1028	0.0705	0.0410
9:15:00	0.0061	0.0103	0.0040	0.0864	0.0591	0.0342
9:30:00	0.0057	0.0096	0.0037	0.0735	0.0501	0.0289
9:45:00	0.0052	0.0089	0.0034	0.0631	0.0429	0.0246
10:00:00	0.0049	0.0083	0.0031	0.0547	0.0371	0.0212
10:15:00	0.0045	0.0078	0.0029	0.0477	0.0323	0.0184
10:30:00	0.0042	0.0073	0.0026	0.0420	0.0283	0.0161
10:45:00	0.0040	0.0069	0.0024	0.0371	0.0250	0.0142
11:00:00	0.0037	0.0066	0.0023	0.0331	0.0222	0.0126
11:15:00	0.0035	0.0063	0.0021	0.0296	0.0199	0.0112
11:30:00	0.0033	0.0060	0.0020	0.0266	0.0178	0.0101
11:45:00	0.0031	0.0057	0.0018	0.0240	0.0161	0.0091
12:00:00	0.0029	0.0054	0.0017	0.0217	0.0145	0.0082

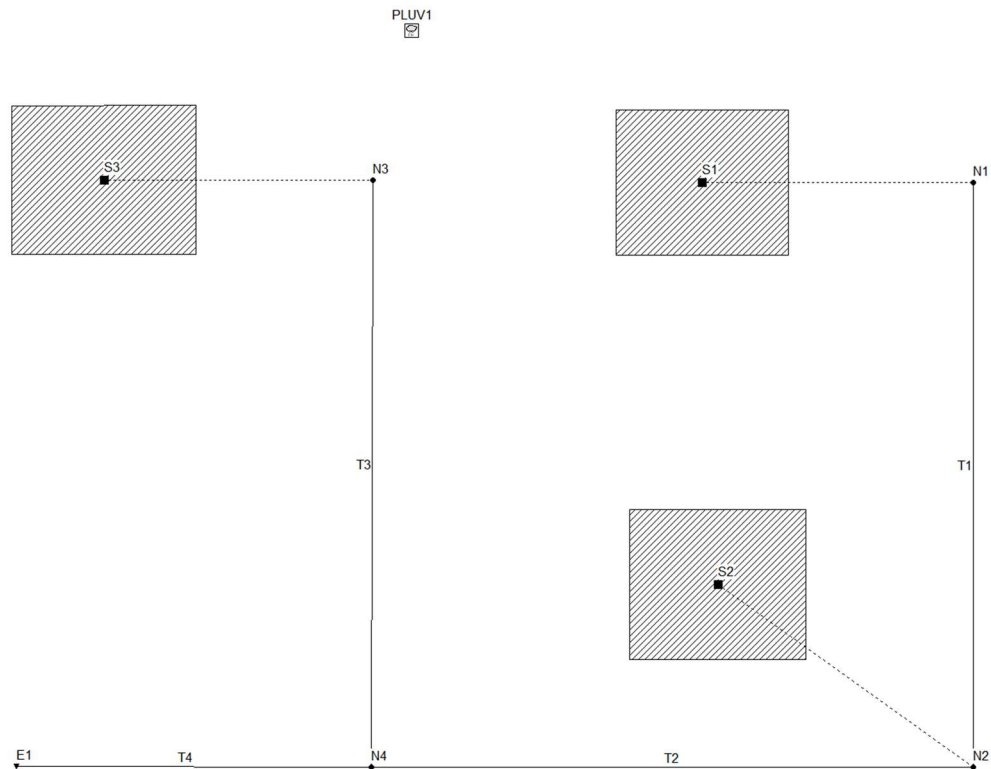
Fonte: Autor (2025).

Tabela 5 – Cota dos nós

Nó	Cota (m)
N1	29.26
N2	27.43
N3	28.34
N4	26.82
E1	25.91

Fonte: Autor (2025).

Figura 15 – Rede modelada no programa 1



Fonte: Autor (2025).

O hietograma de entrada empregado para as simulações conduzidas com o Programa 1 foi o mesmo utilizado no Programa 2, que está representado graficamente na Figura 30. Adicionalmente, os demais parâmetros de entrada e as configurações específicas do modelo SWMM, essenciais para a execução das simulações, encontram-se consolidados na Tabela 6.

Tabela 6 – Parâmetros das sub-bacias S1, S2 e S3

Parâmetro	Sub-bacia		
	S1	S2	S3
Área	1.62	1.62	1.62
Largura	122	122	122
% Declividade	0.5	0.5	0.5
% Impermeável	50	50	50
n-Impermeável	0.02	0.015	0.01
n-Permeável	0.04	0.30	0.10
PA-Impermeável	1.25	1.25	1.25
PA-Permeável	1.25	1.25	1.25
% A. imp s/ arm.	25	25	25
Prog.Escoamento	OUTLET	OUTLET	OUTLET
% Propagada	100	100	100
Infiltração	GREEN_AMPT	GREEN_AMPT	GREEN_AMPT

Fonte: Autor (2025).

3.4.5 Módulo de análise de sensibilidade

O módulo de cálculo de sensibilidade foi projetado para identificar quais parâmetros do modelo hidrológico têm o maior impacto nos resultados. Basicamente, ele realiza uma análise automatizada variando sistematicamente um parâmetro de entrada de cada vez, como N-Imperv ou N-Perv, dentro de uma faixa definida pelo usuário, enquanto mantém os demais parâmetros fixos. A cada alteração, o módulo executa uma nova simulação (SWMM), extrai os resultados hidrológicos, como a Vazão de Pico, e calcula as métricas de erro (RMSE, NSE, PBIAS) comparando com os dados observados. Ao final desse processo iterativo, o módulo calcula um Índice de Sensibilidade.

A análise de sensibilidade é uma etapa fundamental no processo de calibração e validação de modelos hidrológicos, permitindo identificar quais parâmetros exercem maior influência sobre as respostas do sistema modelado. Em modelos de drenagem urbana, como o Storm Water Management Model (SWMM), os coeficientes de rugosidade de Manning para superfícies impermeáveis (N-Imperv) e permeáveis (N-Perv) representam parâmetros críticos que governam a transformação chuva-vazão.

O módulo de cálculo de sensibilidade foi projetado para identificar quais parâmetros do modelo hidrológico têm o maior impacto nos resultados. Basicamente, ele realiza uma análise automatizada variando sistematicamente um parâmetro de entrada de cada vez, como N-Imperv ou N-Perv, dentro de uma faixa definida pelo usuário, enquanto mantém os demais parâmetros fixos. A cada alteração, o módulo executa uma nova simulação (SWMM), extrai os resultados hidrológicos, como a Vazão de Pico, e calcula as métricas de erro (RMSE, NSE, PBIAS) comparando com os dados observados. Ao final desse processo iterativo, o módulo calcula um Índice de Sensibilidade.

O índice de sensibilidade normalizado (S) quantifica a variação relativa de uma métrica de desempenho em função da variação relativa do parâmetro analisado. Para cada parâmetro θ (N-Imperv ou N-Perv) e métrica M, o índice é definido como:

$$S_M = \frac{\Delta M_{rel}}{\Delta \theta_{rel}} \quad (43)$$

Onde:

$$\Delta M_{rel} = \frac{M_{max} - M_{min}}{M_{m\u00e9dio}} \quad (44)$$

$$\Delta \theta_{rel} = \frac{\theta_{max} - \theta_{min}}{\theta_{m\u00e9dio}} \quad (45)$$

A vaz\u00e3o de pico representa o valor m\u00e1ximo do hidrograma de escoamento superficial direto, sendo crucial para o dimensionamento de dispositivos de drenagem. Logo, a f\u00f3rmula 43 adaptada ao c\u00e1lculo de sensibilidade da vaz\u00e3o de pico para N-Imperv e N-Perv ficam:

$$S_{Q_{pico}}^{N_{imperv}} = \frac{(Q_{pico,max} - Q_{pico,min})/Q_{pico,m\u00e9dio}}{(n_{imperv,max} - n_{imperv,min})/n_{imperv,m\u00e9dio}} \quad (46)$$

$$S_{Q_{pico}}^{N_{perv}} = \frac{(Q_{pico,max} - Q_{pico,min})/Q_{pico,m\u00e9dio}}{(n_{perv,max} - n_{perv,min})/n_{perv,m\u00e9dio}} \quad (47)$$

Valores elevados de $S_{Q_{peak}}$ indicam que pequenas varia\u00e7\u00f5es no par\u00e2metro produzem mudan\u00e7as significativas na capacidade de escoamento requerida para o sistema de drenagem (Tabela 7).

Tabela 7 – Classifica\u00e7\u00e3o da sensibilidade para vaz\u00e3o de pico (Q_{pico})

\u00cdndice SQpico	Classifica\u00e7\u00e3o	Variac\u00e3o em Qpico por 10% de varia\u00e7\u00e3o em θ	Implica\u00e7\u00e3o para Dimensionamento
< 0,05	Insens\u00edvel	< 0,5%	Impacto desprez\u00edvel na capacidade requerida
0,05 - 0,20	Baixa	0,5% - 2,0%	Pequeno impacto no dimensionamento
0,20 - 0,50	Moderada	2,0% - 5,0%	Impacto relevante - calibra\u00e7\u00e3o recomendada
0,50 - 1,00	Alta	5,0% - 10,0%	Impacto significativo - calibra\u00e7\u00e3o necess\u00e1ria
> 1,00	Muito Alta	> 10,0%	Impacto cr\u00edtico - calibra\u00e7\u00e3o essencial

Fonte: Autor (2025).

O RMSE quantifica a magnitude média dos erros entre valores simulados e observados ao longo de toda a série temporal.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_{sim,i} - Q_{obs,i})^2} \quad (48)$$

Em que $Q_{sim,i}$ é vazão simulada no instante i , $Q_{obs,i}$ é a vazão observada no instante i e n o número de observações.

Logo, a fórmula 43 adaptada ao cálculo de sensibilidade do RMSE para N-Imperv e N-Perov ficam:

$$S_{RMSE,imperv} = \frac{(RMSE_{max} - RMSE_{min})/RMSE_{médio}}{(n_{imperv,max} - n_{imperv,min})/n_{imperv,médio}} \quad (49)$$

$$S_{RMSE,perov} = \frac{(RMSE_{max} - RMSE_{min})/RMSE_{médio}}{(n_{perov,max} - n_{perov,min})/n_{perov,médio}} \quad (50)$$

O RMSE possui as mesmas unidades da variável analisada (L/s ou m³/s) e penaliza mais fortemente desvios de grande magnitude. Valores elevados de S_{RMSE} indicam forte dependência da precisão ponto-a-ponto do modelo em relação ao parâmetro (Tabela 8).

Tabela 8 – Classificação da sensibilidade para RMSE

Índice SRMSE	Classificação	Varição em RMSE por 10% de variação em θ	Interpretação
< 0,10	Insensível	< 1%	Precisão do modelo pouco afetada
0,10 - 0,50	Baixa	1% - 5%	Impacto pequeno na precisão global
0,50 - 1,00	Moderada	5% - 10%	Mudanças proporcionais no erro
1,00 - 2,00	Alta	10% - 20%	Mudanças amplificadas no erro
> 2,00	Muito Alta	> 20%	Pequenas mudanças causam grandes impactos

Fonte: Autor (2025).

O NSE compara a variância dos erros de simulação com a variância dos dados observados, constituindo-se em métrica adimensional amplamente utilizada em hidrologia.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{sim,i} - Q_{obs,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - \overline{Q_{obs,i}})^2} \quad (51)$$

Em que $\overline{Q_{obs,i}}$ é a média das vazões observadas.

Diferentemente das demais métricas, o índice de sensibilidade do NSE utiliza a variação absoluta (não relativa), uma vez que o NSE já é adimensional e varia em faixa limitada. Logo, a fórmula 43 adaptada ao cálculo de sensibilidade do NSE para N-Imperv e N-Perv ficam:

$$S_{NSE,imperv} = \frac{(NSE_{max} - NSE_{min})/NSE_{médio}}{(n_{imperv,max} - n_{imperv,min})/n_{imperv.médio}} \quad (52)$$

$$S_{NSE,perv} = \frac{(NSE_{max} - NSE_{min})/NSE_{médio}}{(n_{perv,max} - n_{perv,min})/n_{perv.médio}} \quad (53)$$

NSE varia teoricamente de $-\infty$ a 1, onde $NSE = 1$ indica ajuste perfeito, $NSE = 0$ indica que o modelo não é melhor que a média observada, e $NSE < 0$ indica desempenho inferior à média. Diferentemente do RMSE, o NSE penaliza mais severamente erros na reprodução da forma do hidrograma e desvios sistemáticos (Tabela 9).

Tabela 9 – Classificação da sensibilidade para NSE

Índice SNSE	Classificação	Varição em NSE por 10% de variação em θ	Impacto na Qualidade do Modelo
< 0,05	Insensível	< 0,005	Categoria de qualidade inalterada
0,05 - 0,15	Baixa	0,005 - 0,015	Pequena variação dentro da mesma categoria
0,15 - 0,30	Moderada	0,015 - 0,030	Pode aproximar-se de categoria inferior
0,30 - 0,60	Alta	0,030 - 0,060	Provável mudança de categoria de qualidade

> 0,60	Muito Alta	> 0,060	Mudança crítica através de múltiplas categorias
--------	------------	---------	---

Fonte: Autor (2025).

Parâmetros com $S > 0,5$ em qualquer das métricas devem ser considerados críticos, requerendo calibração cuidadosa com dados observados de qualidade. Parâmetros com baixa sensibilidade ($S < 0,1$ em todas as métricas) podem ser fixados em valores da literatura sem comprometimento significativo dos resultados.

Os limites de classificação de sensibilidade foram estabelecidos com base na metodologia proposta por Lenhart *et al.* (2002). Contudo, foram realizadas adaptações nas faixas intermediárias para melhor capturar a resposta das funções objetivo (RMSE e NSE) específicas da modelagem hidráulica urbana. Para a vazão de pico, manteve-se o limite de insensibilidade em 0,05 ($I < 0,05$), consistente com a literatura, indicando parâmetros que podem ser fixados sem prejuízo à estimativa de cheias de projeto.

3.5 Programa 2: calibração de coeficientes de rugosidade em galerias

O Programa 2 foi desenvolvido com o propósito de calibrar o coeficiente de rugosidade de Manning (n) para condutos (galerias) em redes de drenagem urbana. O programa trata de duas abordagens principais: um método iterativo para calibração de trechos com dados observados de lâmina d'água e módulos de aprendizado de máquina e algoritmos genéticos para estimar o coeficiente n em trechos sem dados observados.

3.5.1 Módulo de manipulação de dados e simulação SWMM

A interação com o modelo SWMM é fundamental. O programa implementa funcionalidades para a leitura e interpretação de arquivos com formato .inp para extrair as características físicas da rede. Após a análise e coleta dos parâmetros geométricos da rede, o programa procede com a alteração do coeficiente de Manning nos condutos com dados observados informados. Essa alteração é necessária para que a rotina computacional opere o método da Falsa Posição, que é o procedimento numérico utilizado como base para o processo de calibração do coeficiente de Manning nos trechos indicados pelo operador. Em seguida, o programa realiza a execução de simulações utilizando a biblioteca pySWMM para executar o modelo SWMM com os parâmetros modificados e extrair as séries temporais de resultados,

como profundidade d'água (Y_{sim}) e vazão (Q_{sim}) nos condutos. Foi implementado um sistema de cache para armazenar resultados de simulações já executadas, otimizando o tempo de processamento em calibrações iterativas.

3.5.2 Módulo de calibração baseada em dados observados (Método Iterativo)

Para trechos de galerias onde se dispõe de medições de lâmina d'água (Y_{obs}), o método implementado busca o valor de n que minimiza a diferença entre as profundidades simuladas (Y_{sim}) e as profundidades observadas (Y_{obs}). A lógica fundamental do método implementado é a seguinte:

1. Definição do Intervalo de Busca: o usuário define um intervalo inicial para o coeficiente de Manning, $[n_{min}, n_{max}]$.
2. Cálculo do Erro: a função objetivo visa minimizar o erro entre os dados simulados e observados. O erro (E) para um dado valor de n é calculado como a soma das diferenças (ou dos quadrados das diferenças) entre as profundidades simuladas e observadas ao longo do período de análise:

$$E(n) = \sum_{i=1}^{N_t} (Y_{sim,i}(n) - Y_{obs,i}) \quad (54)$$

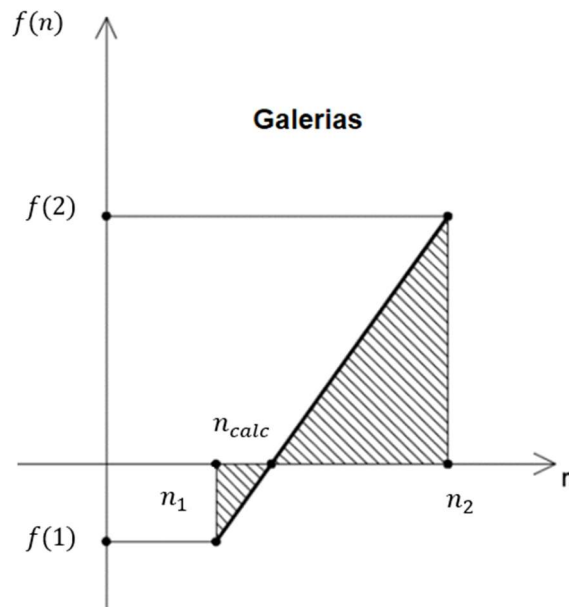
3. Iteração: são realizadas simulações com n_{min} e n_{max} para obter os erros E_{min} e E_{max} correspondentes. Um novo valor de n_{calc} é estimado por interpolação linear.

$$n_{calc} = n_{max} - \frac{E_{max} * (n_{min} - n_{max})}{E_{min} - E_{max}} \quad (55)$$

Esta fórmula é característica do método da secante (Figura 16). Se o método da Falsa Posição for estritamente seguido, um dos limites (n_{min} ou n_{max}) é mantido fixo se a função objetivo não mudar de sinal em ambos os lados da raiz. Uma nova simulação é realizada com n_{calc} para obter E_{calc} . O intervalo $[n_{min}, n_{max}]$ é atualizado. Se $E_{calc} > 0$, n_{max} é substituído por n_{calc} e E_{max} por E_{calc} . Caso contrário, n_{min} é substituído por n_{calc} e E_{min} por E_{calc} .

4. Critério de Parada: O processo iterativo continua até que a diferença absoluta entre n_{calc} e o valor da iteração anterior seja menor que uma tolerância (ϵ) pré-definida, ou até que um número máximo de iterações seja atingido.

Figura 16 – Ilustração em gráfico da calibração de trechos com dados observados utilizando a falsa posição.



Fonte: Autor (2025).

3.5.3 Módulo de estimativa de coeficientes por Aprendizado de Máquina (ML)

Para galerias sem dados observados, o Programa 2 implementa técnicas para estimar o coeficiente de Manning. A ideia é que o coeficiente de Manning está correlacionado com características físicas e hidráulicas dos condutos.

1. Construção do *Dataset*: utiliza-se um conjunto de dados de condutos onde o Manning já foi calibrado pelo método anterior. As features (variáveis preditoras) podem incluir: declividade do conduto (S_0), comprimento (L), diâmetro (D) ou outras dimensões da seção transversal, e, opcionalmente, variáveis hidráulicas médias derivadas de uma simulação base (e.g., profundidade média, vazão média). A variável alvo é o coeficiente de Manning calibrado (n_{calc}), geralmente transformado para a escala logarítmica para melhor ajuste dos modelos.

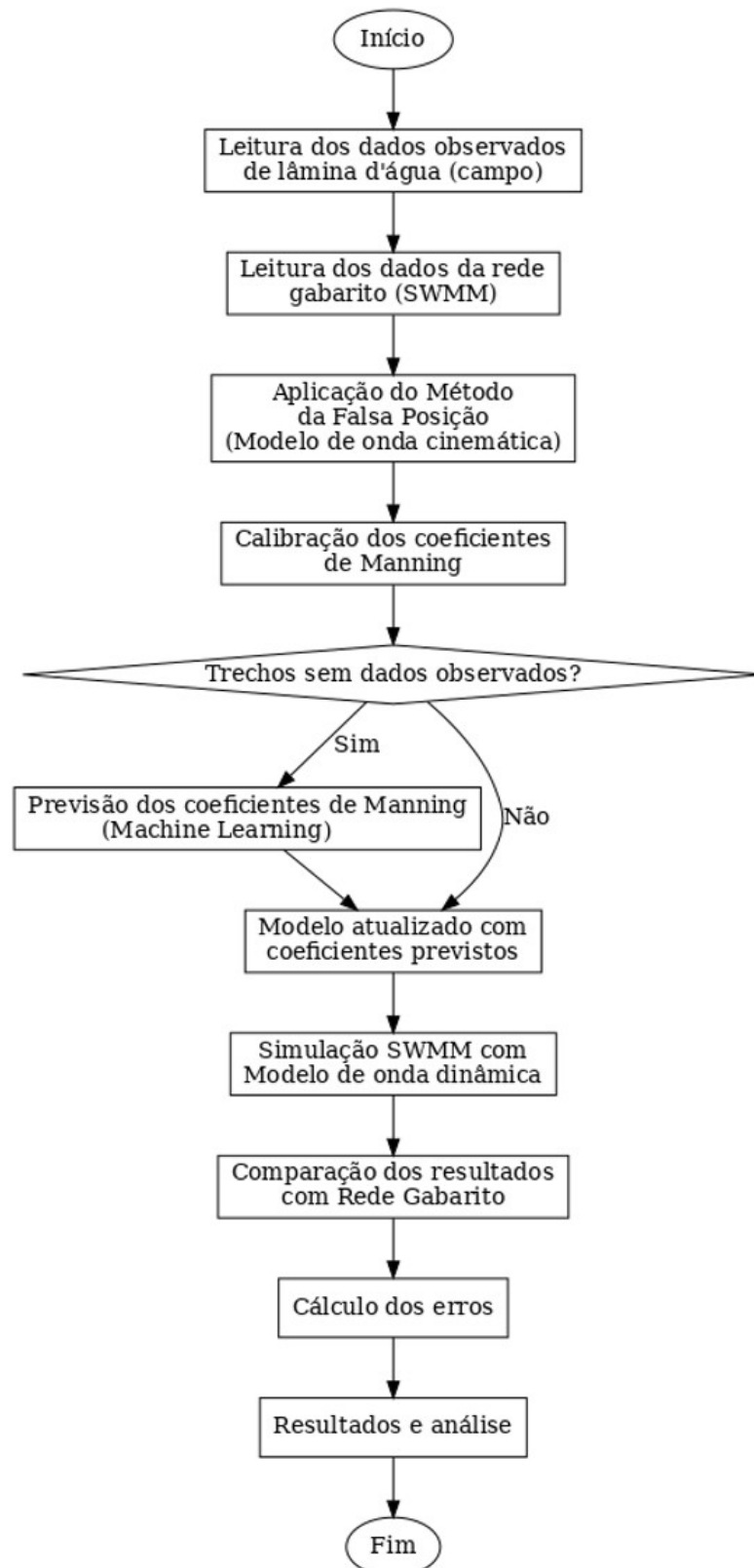
2. Pré-processamento: as *features* são pré-processadas, incluindo tratamento de valores ausentes e normalização/padronização para que todas as features tenham uma escala comparável.
3. Seleção e Treinamento de Modelos: diversos algoritmos de regressão são disponibilizados, incluindo Regressão Linear, Ridge, Lasso, ElasticNet, Support Vector Regression (SVR), Random Forest Regressor e Gradient Boosting Regressor. O programa permite o treinamento individual desses modelos ou a criação de um *ensemble*. A função objetivo para o treinamento é a minimização de uma métrica de erro, como o Erro Quadrático Médio (MSE), entre os valores de profundidade previstos e calibrados para os trechos com dados observados no conjunto de treinamento:

$$MSE_{ML} = \frac{1}{N_{treino}} \sum_{j=1}^{N_{treino}} (\log(\hat{n}_j) - \log(n_{cal,j}))^2 \quad (56)$$

onde \hat{n}_j é o valor de Manning previsto pelo modelo para o conduto j e $n_{cal,j}$ o valor calibrado.

4. Avaliação: os modelos treinados são avaliados em um conjunto de teste (separado do conjunto de treinamento) usando métricas como RMSE, Coeficiente de Determinação (R^2) e Erro Absoluto Médio (MAE), tanto na escala logarítmica quanto na original.
5. Predição: uma vez treinado e validado, o modelo selecionado é utilizado para prever o coeficiente de Manning para condutos que não possuem dados observados, com base em suas características físicas.

Figura 17 - Fluxograma do algoritmo proposto para calibração do coeficiente de Manning em galerias de redes de drenagem



Fonte: Autor (2025).

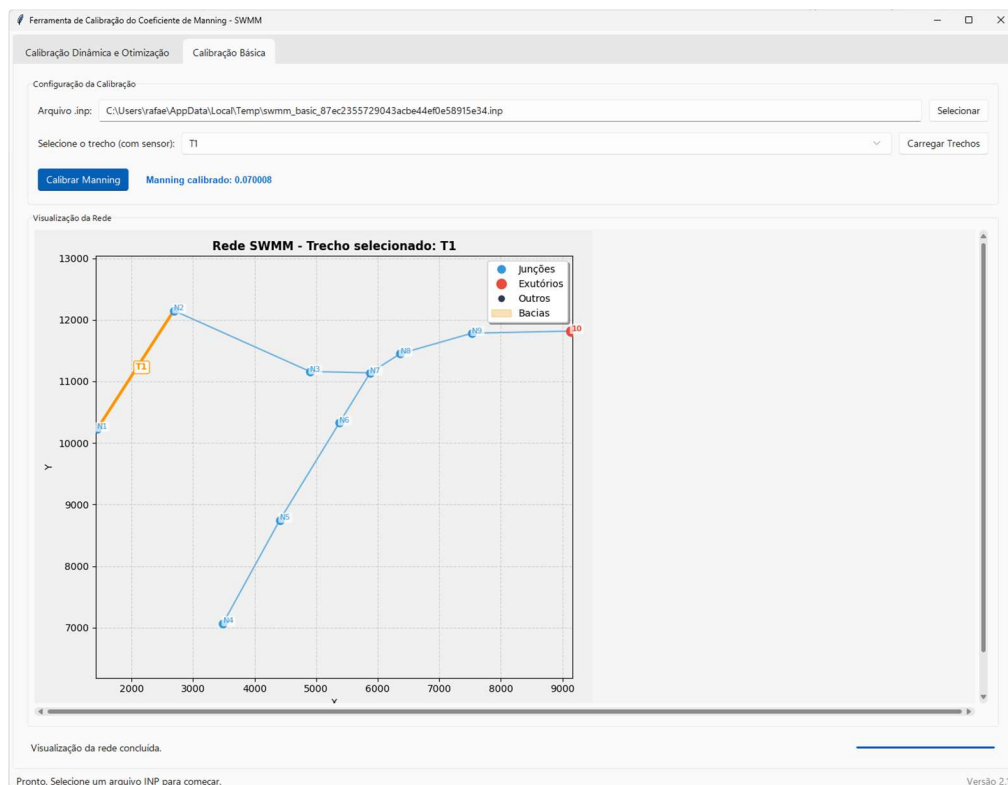
3.5.4 Interface do módulo de calibração do manning para galerias

3.5.4.1 Interface de calibração básica

O Programa 2, destinado à calibração de coeficientes de rugosidade de Manning em galerias, apresenta uma interface gráfica intuitiva denominada "Calibração Básica". Esta interface foi concebida para permitir ao usuário realizar a calibração individual de trechos específicos da rede de drenagem através do arquivo .inp base, como forma de testar o funcionamento do método de calibração por falsa posição em trechos de galerias. Além da funcionalidade de calibração, a interface oferece um módulo de visualização da rede, facilitando a identificação e seleção dos elementos de interesse.

O módulo da "Calibração Básica" não é destinado a calibração de campo propriamente dita (que exigiria dados medidos externamente), mas sim a uma etapa de verificação e validação do método numérico de calibração proposto. O objetivo dessa interface é trabalhar com os dados da rede analisada como dados observados, para que o método de calibração implementado possa ser colocado a prova. A Figura 18 apresenta a interface de calibração básica por trecho desenvolvida.

Figura 18 – Interface de calibração por trecho

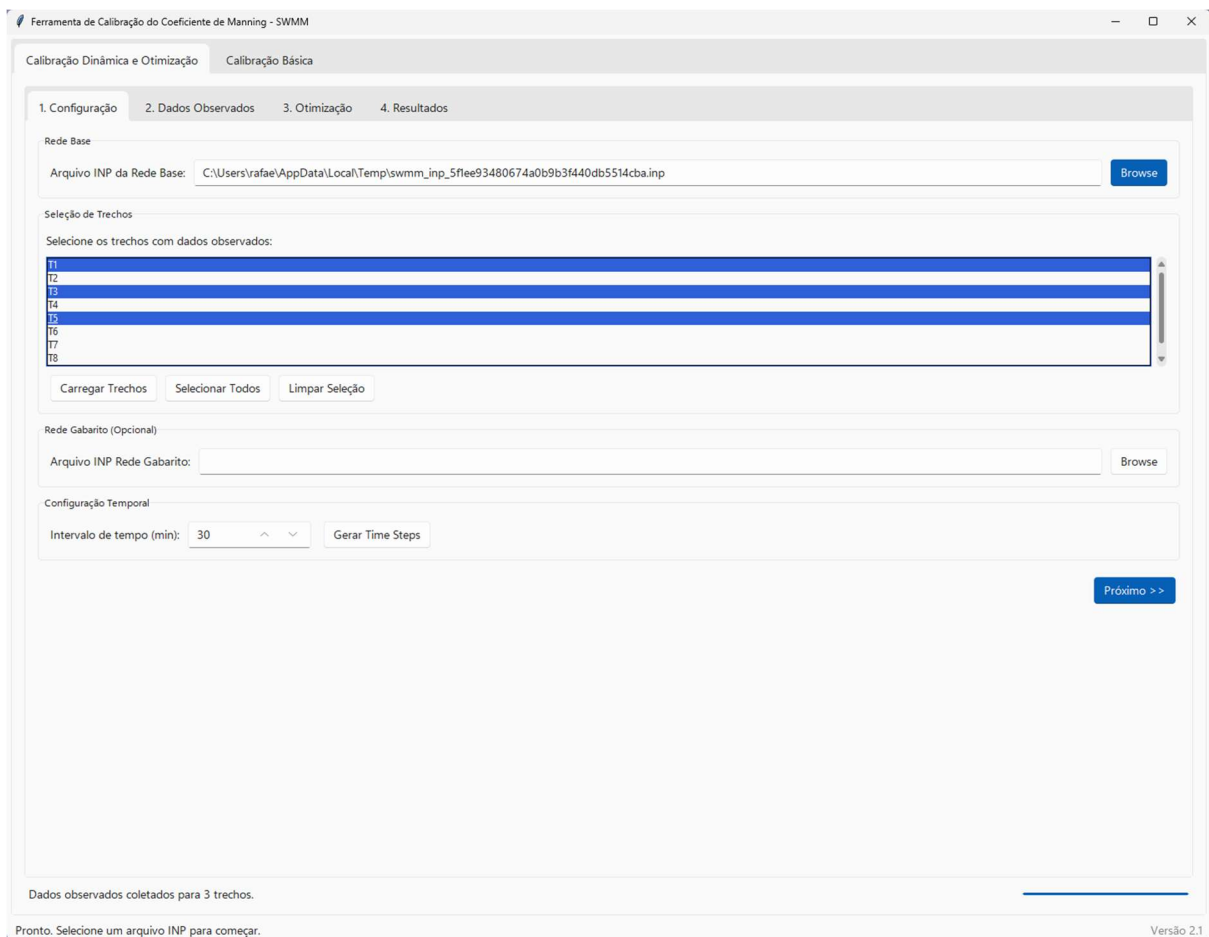


Fonte: Autor (2025).

3.5.4.2 Interface de calibração dinâmica e otimização

O Programa 2, além da calibração básica, oferece um módulo mais completo denominado "Calibração Dinâmica e Otimização", acessível através de uma aba principal na interface gráfica. Este módulo é projetado para cenários de calibração mais complexos, envolvendo múltiplos trechos, a utilização de dados observados e aplicação de técnicas de aprendizado de máquina para estimativa de parâmetros em trechos não monitorados, e a comparação com modelos de referência. A Figura 19 apresenta a interface de configuração da aba "1. Configuração" do processo de Calibração Dinâmica e Otimização.

Figura 19 - Interface de configuração do processo de Calibração Dinâmica e Otimização.



Fonte: Autor (2025).

Uma vez definidas as configurações básicas na aba anterior, o usuário pode inserir os dados observados em uma seção específica da interface do programa. O propósito dessa seção da interface é permitir a entrada das séries temporais de dados medidos de lâmina d'água para os trechos (condutos) que foram selecionados previamente e que possuem monitoramento.

Estes dados são a base para a calibração direta dos parâmetros e para o treinamento e validação dos modelos de aprendizado de máquina.

A base metodológica do Programa 2 fundamenta-se na calibração individual dos trechos com dados de profundidade observados através do Método da Falsa Posição, utilizando os dados de saída produzidos para tentar prever o coeficiente de Manning nos trechos restantes que não possuem dados observados medidos utilizando-se da aplicação das técnicas de aprendizado de máquina. A Figura 20 apresenta a interface seção de entrada dos dados observados.

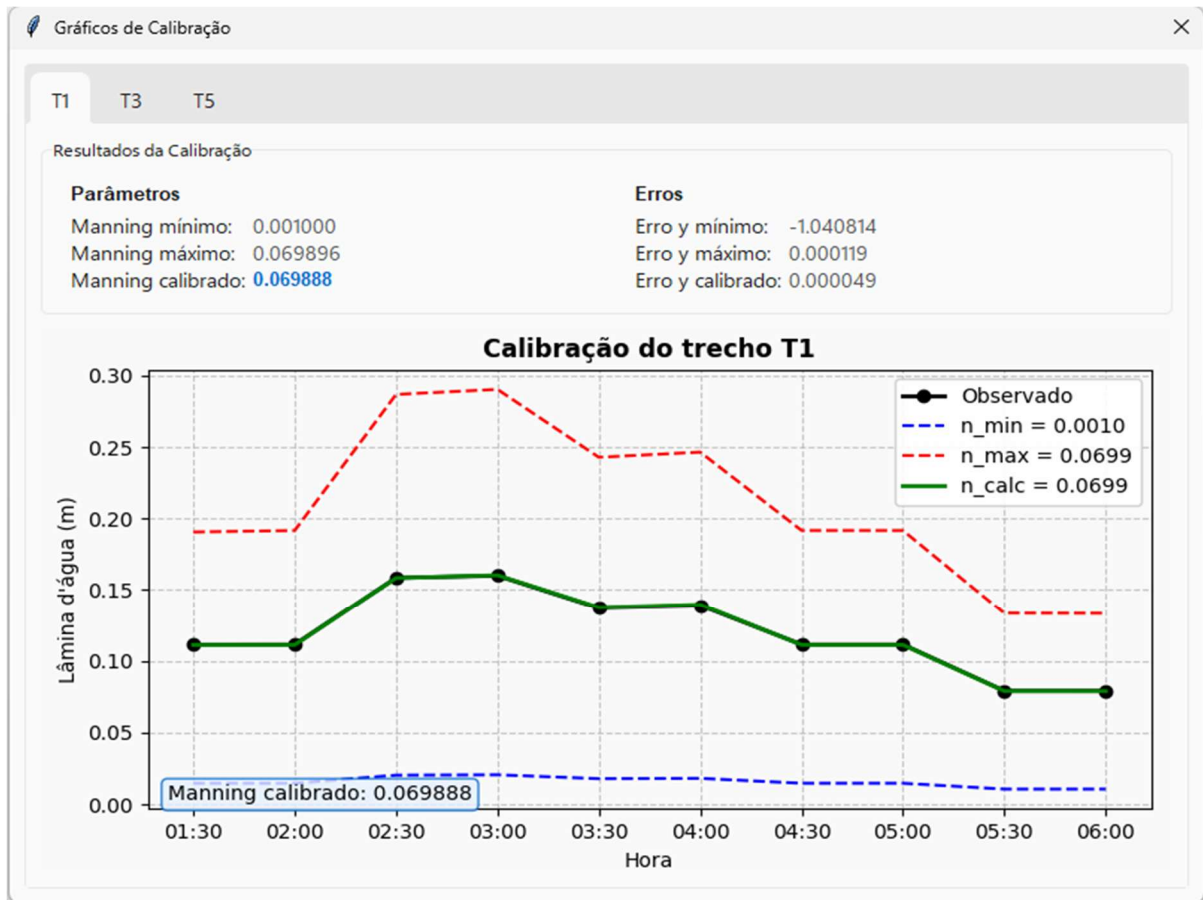
Figura 20 - Interface de configuração da aba "1. Configuração" do processo de Calibração Dinâmica e Otimização.

Time	T1	T3	T5
2025-02-05 00:00:00			
2025-02-05 00:30:00			
2025-02-05 01:00:00			
2025-02-05 01:30:00	0.1113	0.064	0.0625
2025-02-05 02:00:00	0.1114	0.064	0.0625
2025-02-05 02:30:00	0.1585	0.0897	0.0877
2025-02-05 03:00:00	0.16	0.0906	0.0884
2025-02-05 03:30:00	0.1372	0.0783	0.0765
2025-02-05 04:00:00	0.1389	0.0792	0.0774
2025-02-05 04:30:00	0.1114	0.064	0.0625
2025-02-05 05:00:00	0.1114	0.064	0.0625
2025-02-05 05:30:00	0.0791	0.0462	0.0451
2025-02-05 06:00:00	0.0791	0.0462	0.0451

Fonte: Autor (2025).

É possível ainda gerar os gráficos de ajuste das lâminas d'água calibradas para os trechos com dados observados inseridos. A Figura 21 apresenta um modelo de gráfico com os resultados da calibração de um trecho com dados observados.

Figura 21 – Interface do gráfico de calibração para trecho com dados observados



Fonte: Autor (2025).

Após a inserção e processamento dos dados observados, o Programa 2 oferece ao usuário a opção de escolher ferramentas baseadas em Aprendizado de Máquina (ML) para estimar os coeficientes de Manning nos trechos sem dados observados. Os modelos de previsão disponíveis são o de Regressão Linear, Ridge, Random Forest, SVR e uma abordagem híbrida que combina os modelos em busca de melhorar o resultado. Esta etapa é muito importante para generalizar os resultados da calibração para toda a rede, especialmente para os condutos sem medições diretas. As Figuras 22, 23 e 24 ilustram a interface da de otimização do processo de calibração para condutos sem dados observados.

Figura 22 – Interface para seleção das *features* e modelo de ML

Ferramenta de Calibração do Coeficiente de Manning - SWMM

Calibração Dinâmica e Otimização | Calibração Básica

1. Configuração | 2. Dados Observados | 3. Otimização | 4. Resultados

Seleção de Features

- Slope (Declividade do conduto)
- Length (Comprimento do conduto)
- Diameter (Diâmetro da seção)
- AvgDepth (Profundidade média simulada)
- Flow (Vazão média simulada)

Machine Learning

Parâmetros Machine Learning

Número de Simulações: 1000 | Modelo de Previsão: RF

Random Forest (Floresta Aleatória). Robusto e eficaz para vários tipos de dados.

Executar Otimização com Machine Learning

Atualizar Rede com Manning Final

<< Anterior | Próximo >>

7 time steps gerados. Preencha os valores observados.

Pronto. Selecione um arquivo INP para começar. Versão 2.1

Fonte: Autor (2025).

Figura 23 – Interface da aba para seleção dos parâmetros do GA

Ferramenta de Calibração do Coeficiente de Manning - SWMM

Calibração Dinâmica e Otimização | Calibração Básica

1. Configuração | 2. Dados Observados | 3. Otimização | 4. Resultados

Seleção de Features

- Slope (Declividade do conduto)
- Length (Comprimento do conduto)
- Diameter (Diâmetro da seção)
- AvgDepth (Profundidade média simulada)
- Flow (Vazão média simulada)

Machine Learning

Parâmetros Algoritmos Genéticos

Tamanho da População: 50 | Tamanho do Torneio: 3

Número de Gerações: 20 | Número de Elites: 5

Prob. de Crossover: 0.8 | Manning Mínimo: 0.001

Prob. de Mutação: 0.2 | Manning Máximo: 0.2

Otimização por Algoritmos Genéticos faz simulações com diversas combinações de coeficientes, evoluindo a solução através de operações inspiradas na seleção natural.

Use o botão abaixo para executar a otimização com algoritmo genético sem necessidade de selecionar na aba de Machine Learning.

Executar Otimização com Algoritmo Genético

Atualizar Rede com Manning Final

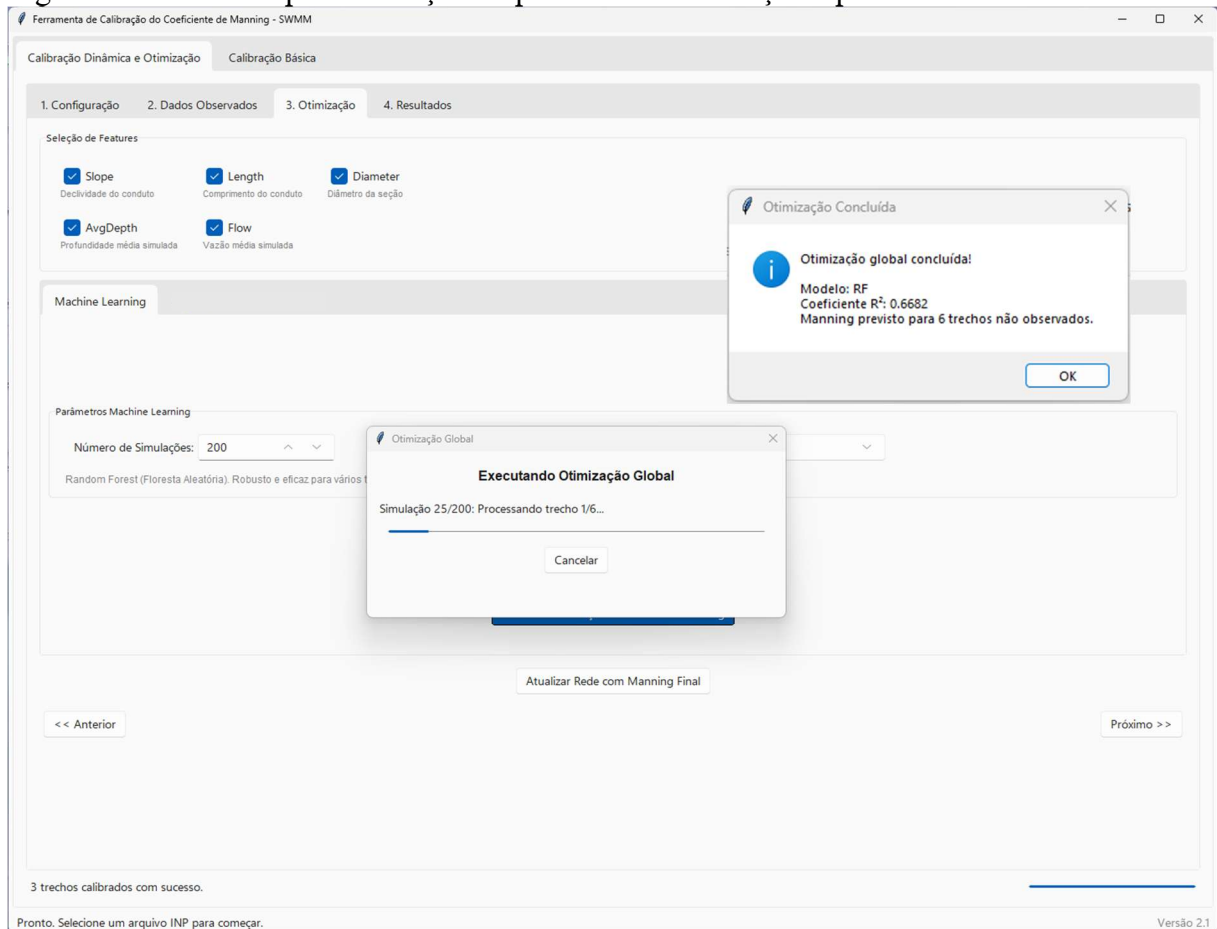
<< Anterior | Próximo >>

7 time steps gerados. Preencha os valores observados.

Pronto. Selecione um arquivo INP para começar. Versão 2.1

Fonte: Autor (2025).

Figura 24 – Interface para execução do processo de calibração e previsão

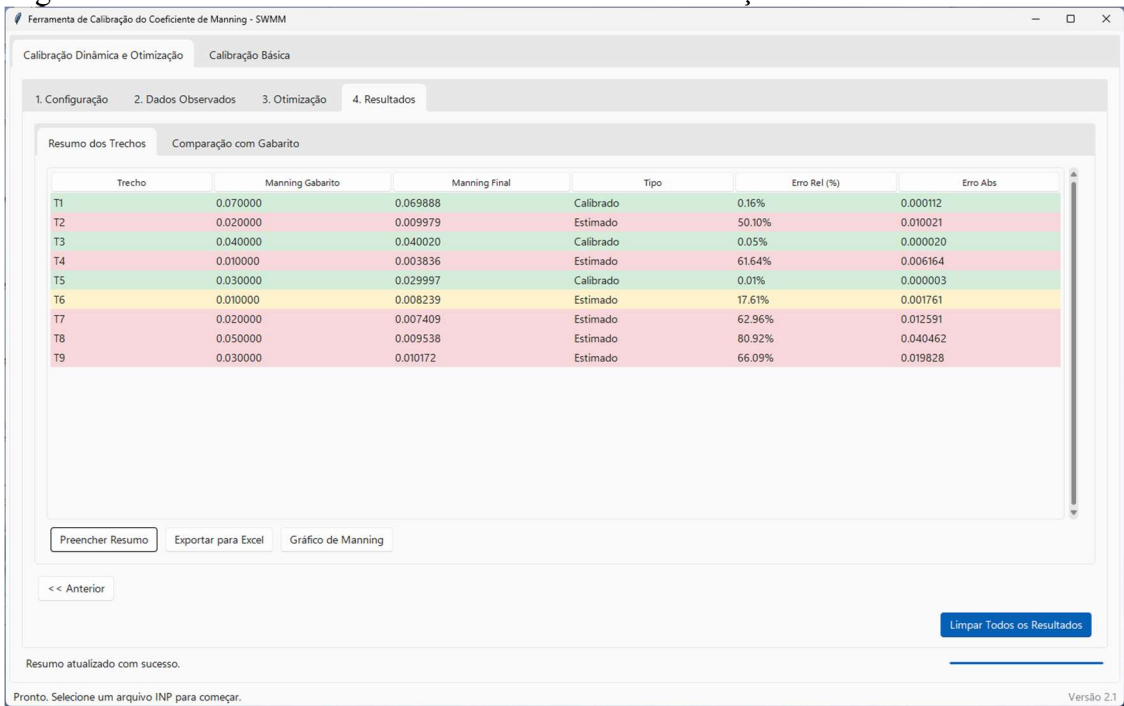


Fonte: Autor (2025).

O Programa 2 possibilita que o usuário consiga visualizar os resultados consolidados dos processos de calibração (para trechos com dados observados) e de estimativa/otimização de parâmetros (para trechos sem dados observados), permitindo uma análise detalhada, assim como a exportação dos dados e gráficos gerados para o formato .xlsm.

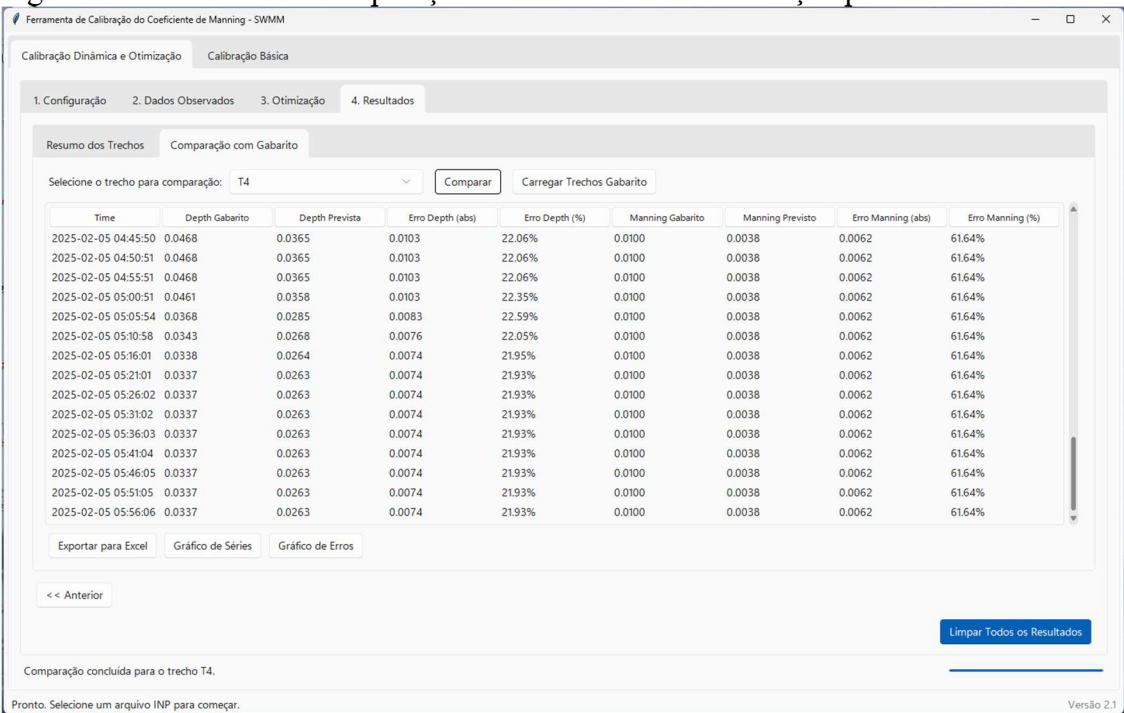
É possível entrar com um arquivo .inp de rede gabarito para que o usuário consiga simular redes fictícias, tornando viável a comparação direta com os resultados da calibração trecho a trecho. Ainda é possível gerar gráficos comparativos de barras entre os n calibrados e n gabarito, assim como gráficos de profundidade x tempo. As Figuras 25, 26 e 27 ilustram os dados de saída e gráficos gerados no final de todo o processo de calibração e predição.

Figura 25 – Interface de resumo dos resultados da simulação



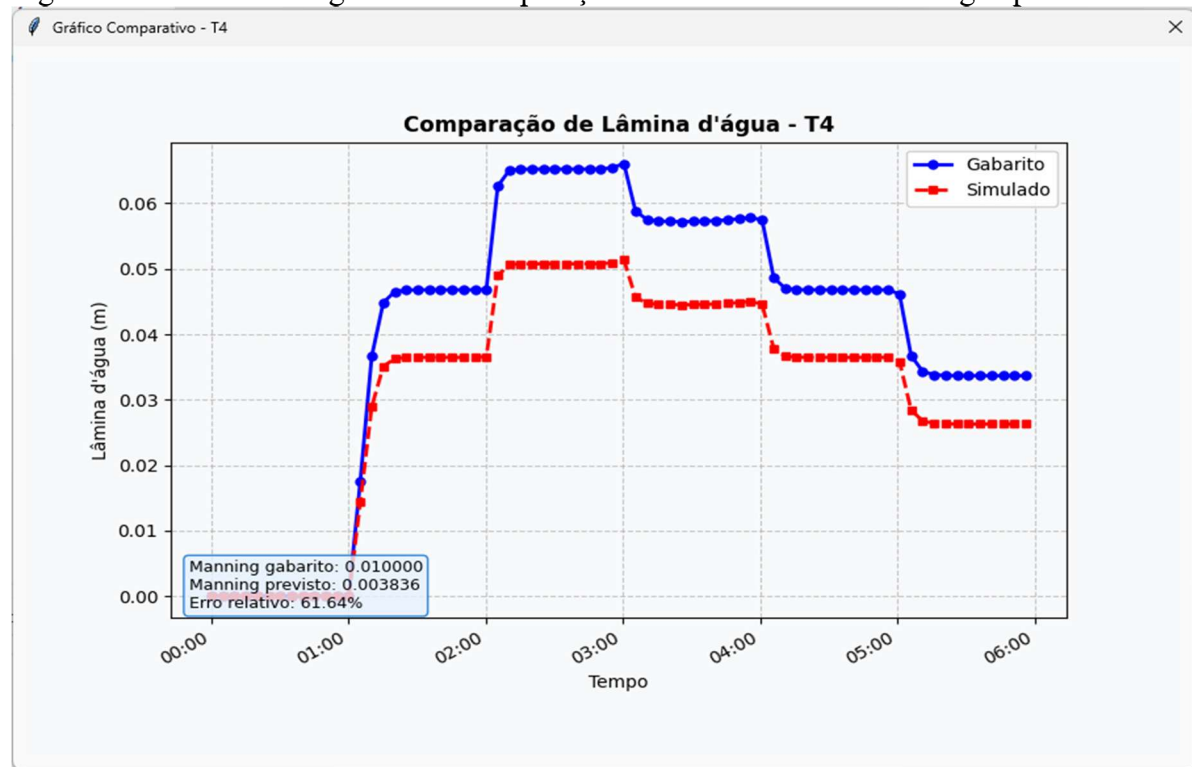
Fonte: Autor (2025).

Figura 26 – Interface de comparação dos resultados da simulação por trecho



Fonte: Autor (2025).

Figura 27 – Interface do gráfico de comparação das alturas de lâminas d'água por trecho



Fonte: Autor (2025).

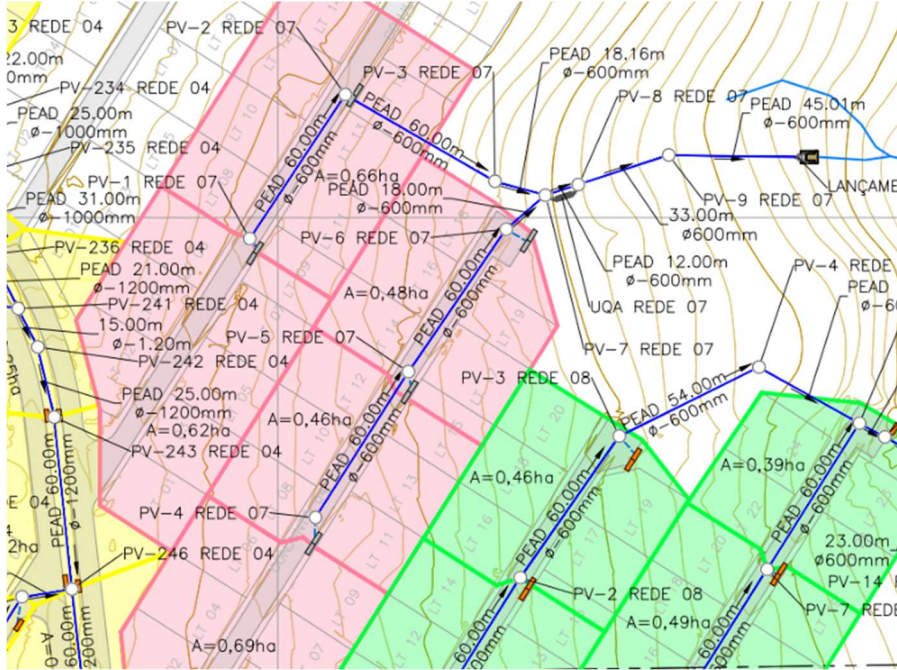
3.5.5 Rede gabarito de estudo (Programa 02)

Para a condução do estudo e avaliação das funcionalidades do Programa 2, foi empregado um modelo de rede de drenagem pluvial. Este modelo foi concebido com base nas características de um sistema existente em um condomínio residencial localizado na cidade de Brasília-DF, servindo como um caso de estudo representativo. A configuração da rede compreende nove trechos de galeria interligados e um único ponto de lançamento final (exutório).

A representação esquemática da rede estudada, detalhando a disposição de seus componentes, é apresentada nas Figuras 28 e 29. As especificações geométricas e hidráulicas de cada trecho, incluindo comprimentos, diâmetros e cotas, estão disponíveis para consulta na Tabela 10.

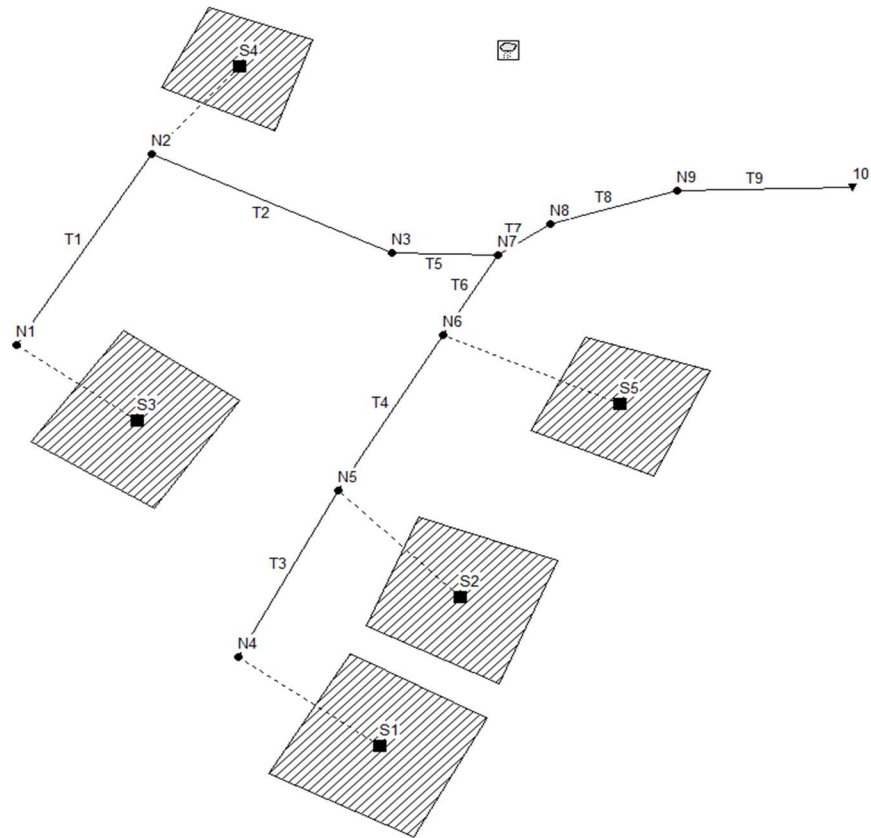
Com o propósito de avaliar a capacidade de generalização dos algoritmos de calibração e estimativa implementados no Programa 2, foram atribuídos, intencionalmente, coeficientes de Manning distintos para cada um dos trechos da rede modelo. Ao introduzir tal variabilidade, buscou-se testar a capacidade e aptidão da ferramenta desenvolvida em identificar e estimar corretamente esses parâmetros sob um espectro diversificado de condições hidráulicas e de rugosidade.

Figura 28 – Rede do estudo



Fonte: Autor (2025)

Figura 29 – Rede modelada no Programa 2



Fonte: Autor (2025).

Tabela 10 – Dados da rede do estudo do Programa 2

Trecho	Nó Entrada	Nó Saída	Comprimento (m)	Diâmetro (m)	Manning (n)	Declividade (m/m)
1	1	2	60	0.492	0.07	0.0137
2	2	3	60	0.492	0.02	0.097
3	4	5	60	0.492	0.015	0.0425
4	5	6	60	0.492	0.01	0.047
5	3	7	18.16	0.492	0.03	0.1046
6	6	7	18	0.492	0.01	0.0756
7	7	8	12	0.492	0.02	0.0933
8	8	9	33	0.492	0.05	0.0885
9	9	10	45.01	0.492	0.03	0.0898

Fonte: Autor (2025).

A Tabela 11 apresenta os dados observados a serem utilizados no estudo. Os dados de profundidade observados foram gerados através de uma simulação realizada diretamente no SWMM.

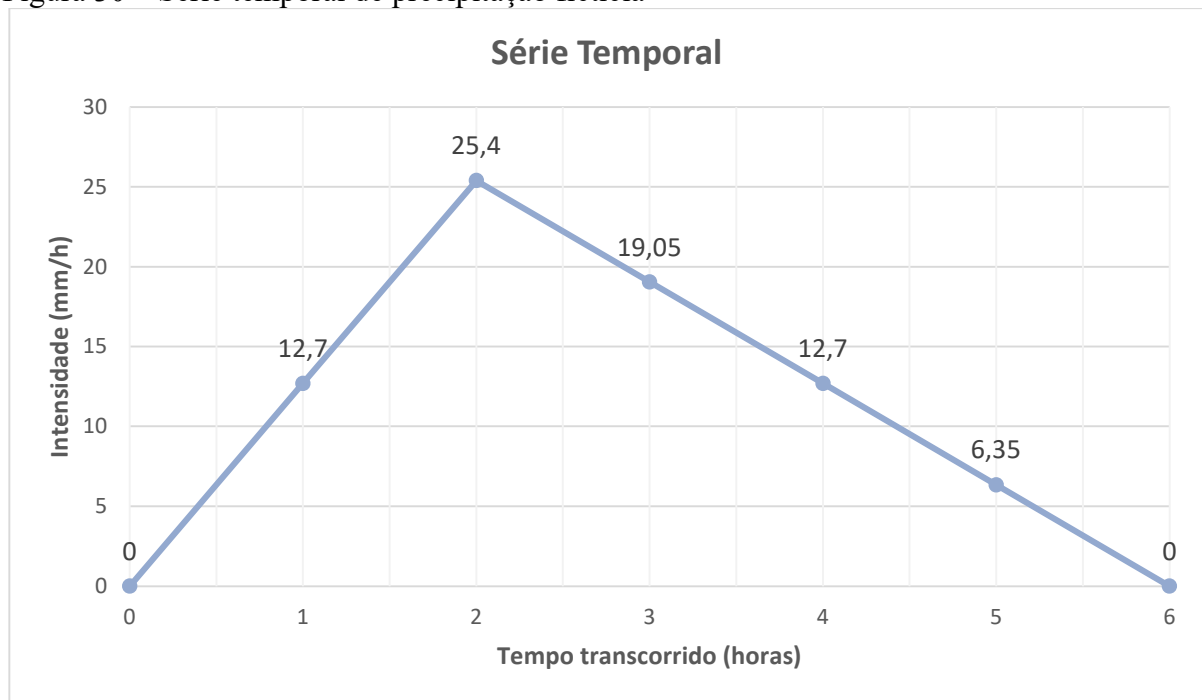
Tabela 11 – Dados observados gerados em simulação no SWMM5 para rede do Programa 2

Instante	Profundidade por trecho (m)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0:15:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0:30:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0:45:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:15:00	0.1028	0.0488	0.0609	0.0427	0.0568	0.0464	0.0765	0.1204	0.0916
1:30:00	0.1113	0.0538	0.064	0.045	0.0625	0.0491	0.0826	0.1319	0.1016
1:45:00	0.1114	0.0538	0.064	0.0451	0.0625	0.0492	0.0826	0.1319	0.1017
2:00:00	0.1114	0.0538	0.064	0.0451	0.0625	0.0492	0.0826	0.1319	0.1017
2:15:00	0.1584	0.0731	0.0897	0.0624	0.0876	0.0678	0.1162	0.1895	0.1442
2:30:00	0.1585	0.0732	0.0897	0.0624	0.0877	0.0678	0.1163	0.1897	0.1443
2:45:00	0.1585	0.0732	0.0897	0.0624	0.0877	0.0678	0.1163	0.1897	0.1443
3:00:00	0.1601	0.0739	0.0906	0.0631	0.0884	0.0684	0.1174	0.1915	0.1456
3:15:00	0.1375	0.0641	0.0784	0.0548	0.0767	0.0591	0.1013	0.1637	0.1254
3:30:00	0.1372	0.064	0.0783	0.0547	0.0765	0.0591	0.1011	0.1633	0.1251
3:45:00	0.1376	0.0642	0.0785	0.0549	0.0767	0.0592	0.1014	0.1638	0.1255
4:00:00	0.1389	0.0647	0.0792	0.0553	0.0774	0.0597	0.1022	0.1653	0.1265
4:15:00	0.1116	0.0539	0.0641	0.0451	0.0627	0.0492	0.0828	0.1322	0.1019
4:30:00	0.1114	0.0538	0.064	0.0451	0.0625	0.0492	0.0826	0.1319	0.1017
4:45:00	0.1114	0.0538	0.064	0.0451	0.0625	0.0492	0.0826	0.1319	0.1017
5:00:00	0.1114	0.0538	0.064	0.0451	0.0625	0.0492	0.0826	0.1319	0.1017
5:15:00	0.0798	0.0382	0.0465	0.0326	0.0457	0.0353	0.0593	0.0942	0.0731
5:30:00	0.0791	0.0379	0.0462	0.0324	0.0451	0.0351	0.0588	0.0932	0.0723
5:45:00	0.0791	0.0379	0.0462	0.0324	0.0451	0.0351	0.0588	0.0932	0.0723
6:00:00	0.0791	0.0379	0.0462	0.0324	0.0451	0.0351	0.0588	0.0932	0.0723

Fonte: Autor (2025).

O hietograma fictício de entrada empregado para as simulações conduzidas com o Programa 2 é apresentado graficamente na Figura 30. Adicionalmente, os demais parâmetros de entrada das sub-bacias e configurações específicas do modelo SWMM, essenciais para a execução das simulações, encontram-se consolidados na Tabela 12.

Figura 30 – Série temporal de precipitação fictícia



Fonte: Autor (2025).

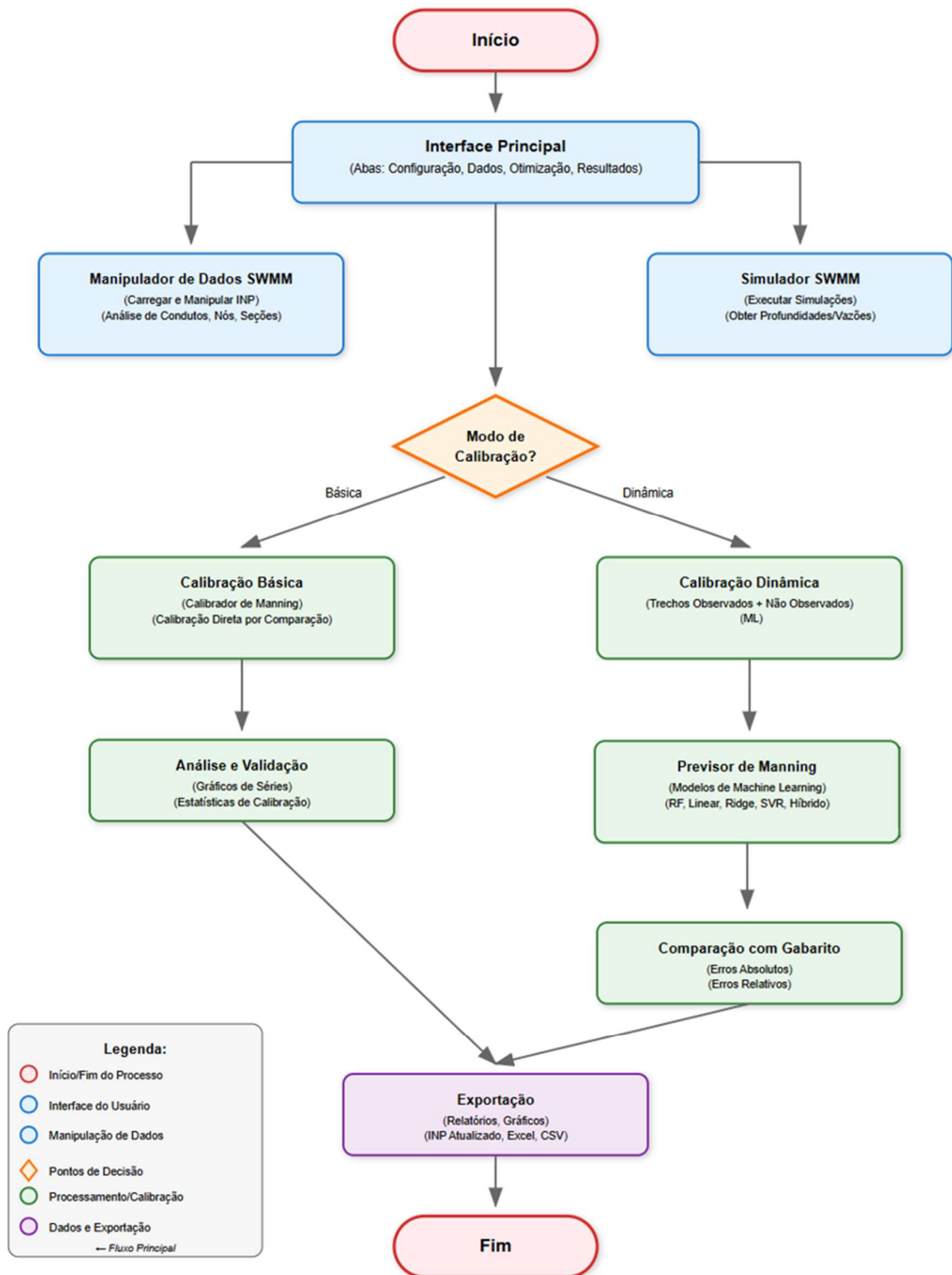
Tabela 12 –Parâmetros das sub-bacias

Parâmetro	Valor
Área (ha)	1.00
Largura (m)	150
% Declividade	0.5
% Impermeável	50
n-Impermeável	0.01
n-Permeável	0.1
PA-Impermeável	1.25
PA-Permeável	1.25
% A. imp s/ arm.	25
Prog.Escoamento	OUTLET
% Propagada	100
Infiltração	GREEN_AMPT

Fonte: Autor (2025).

Por fim, na Figura 31 está esquematizado o fluxo geral de funcionamento do Programa 2.

Figura 31 – Fluxograma de funcionamento geral do Programa 2



Fonte: Autor (2025).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Programa 1

Os parâmetros utilizados nos testes com GA constam na Tabela 13. O Teste 1 estabelece uma configuração com população de 50 indivíduos, 30 gerações, taxa de mutação de 0,2 e fração de elite de 0,2, caracterizando uma parametrização conservadora e equilibrada. O Teste 2 implementa uma estratégia de exploração mais intensificada, mantendo o tamanho populacional e o número de gerações, mas elevando a taxa de mutação para 0,3 e reduzindo a fração de elite para 0,1, promovendo maior diversidade na busca. O Teste 3 estende a convergência temporal, dobrando o número de gerações para 60, mantendo os demais parâmetros do Teste 1, com o objetivo de verificar a existência de melhorias adicionais na qualidade das soluções. Os Testes 4, 5 e 6 foram realizados utilizando os mesmos parâmetros de GA, porém trabalhando com dados de vazão de escoamento superficial (*runoff*) das sub-bacias estudadas.

Vale ressaltar que os valores configurados para as faixas de variação mínima e máxima dos coeficientes de Manning em áreas impermeáveis e permeáveis foram de 0,010 a 0,030 e 0,030 a 0,50, respectivamente.

Tabela 13 – Configurações de parâmetros utilizadas nos testes com GA

Parâmetro	Arranjo 1	Arranjo 2	Arranjo 3
Tamanho da população	50	50	50
Gerações	30	30	60
Taxa de mutação	0.2	0.3	0.2
Fração de elite	0.2	0.1	0.2

Fonte: Autor (2025).

A justificativa técnica para estes parâmetros fundamenta-se em princípios consolidados da literatura de algoritmos evolutivos. O tamanho populacional de 50 indivíduos mostra-se adequado para problemas bidimensionais, proporcionando diversidade genética suficiente sem incorrer em custos computacionais excessivos. As taxas de mutação empregadas (0,2 a 0,3) situam-se dentro da faixa recomendadas, mantendo o equilíbrio apropriado na exploração do espaço de busca. A fração de elite utilizada (0,1 a 0,2) preserva as melhores soluções encontradas, permitindo renovação populacional para evitar convergência prematura.

Vale ressaltar que a condição para inclusão no banco de soluções equifinais requer que o RMSE seja inferior a 0,01. Na ausência de candidatos que atendam a esse critério, o algoritmo seleciona automaticamente a solução com o menor RMSE global entre todas as configurações avaliadas.

Para as calibrações realizadas com dados de vazão de escoamento superficial, adotou-se o critério $RMSE < 0,1$, uma vez que, devido às unidades de medida em L/s, a magnitude dos erros tende a ser maior. Essa adaptação visa garantir a filtragem adequada de candidatos para a análise de equifinalidade, a ser discutida posteriormente.

4.1.1 Teste 1 utilizando dados de profundidade

Os candidatos equifinais selecionados para os coeficientes N-Imperv e N-Perv, resultantes da análise de equifinalidade implementada, encontram-se sistematizados nas Tabelas A1, A2 e A3 do Apêndice A para as sub-bacias S1, S2 e S3, respectivamente. Na Tabela 14 encontram-se todos os parâmetros de saída calculados pelo Programa 1 para as três sub-bacias da Rede 01. Nas Tabelas 15 e 16 os desvios e erros relativos absolutos foram calculados para N-Imperv e N-Perv.

As Figura 32, 33 e 34 apresentam os gráficos de dispersão das soluções candidatas do banco de equifinalidade para as sub-bacia S1, S2 e S3, respectivamente, onde é possível observar a localização da solução ideal dentro de todo o banco de dados construído pelo Programa 1.

Tabela 14 – Parâmetros e soluções encontradas no Teste 1 com dados de profundidade por sub-bacia

Métrica	Sub-bacia		
	S1	S2	S3
RMSE	0.0006	0.0024	0.0009
NSE	0.9999	0.9999	0.9997
PBIAS	-0.5093	0.1663	-0.0243
R ²	0.9999	0.9999	0.9997
KGE	0.9936	0.9938	0.9979
Manning Imperv Calibrado	0.0174	0.0116	0.0100
Manning Perv Calibrado	0.0619	0.3000	0.1986
Melhor RMSE	0.0006	0.0024	0.0009
Tipo Escolhido	mediana	moda	mediana

Fonte: Autor (2025).

Tabela 15 – Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 1 com dados de profundidade para Manning impermeável

N-Imperv (Superfícies Impermeáveis)				
Sub-bacia	Calibrado	Gabarito	Desvio Absoluto	Erro Relativo Absoluto (%)
S1	0.0174	0.0200	-0.00255	12.76%
S2	0.0116	0.0150	-0,00099	22.64%
S3	0.0100	0.0100	-0,00018	0.02%

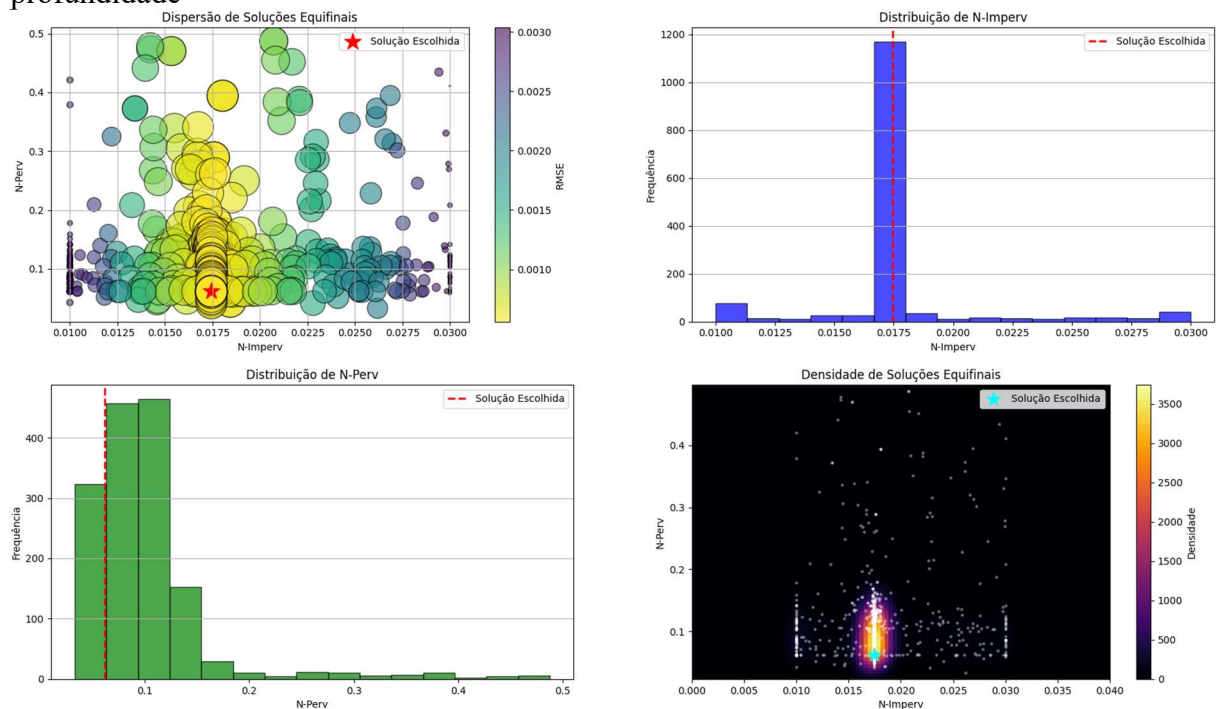
Fonte: Autor (2025).

Tabela 16 – Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 1 com dados de profundidade para Manning permeável

N-Perv (Superfícies Permeáveis)				
Sub-bacia	Calibrado	Gabarito	Desvio Absoluto	Erro Relativo Absoluto (%)
S1	0.0619	0.0400	0.02189	54.73%
S2	0.3000	0.3000	0,00099	0.01%
S3	0.1986	0.1000	0,00018	98.64%

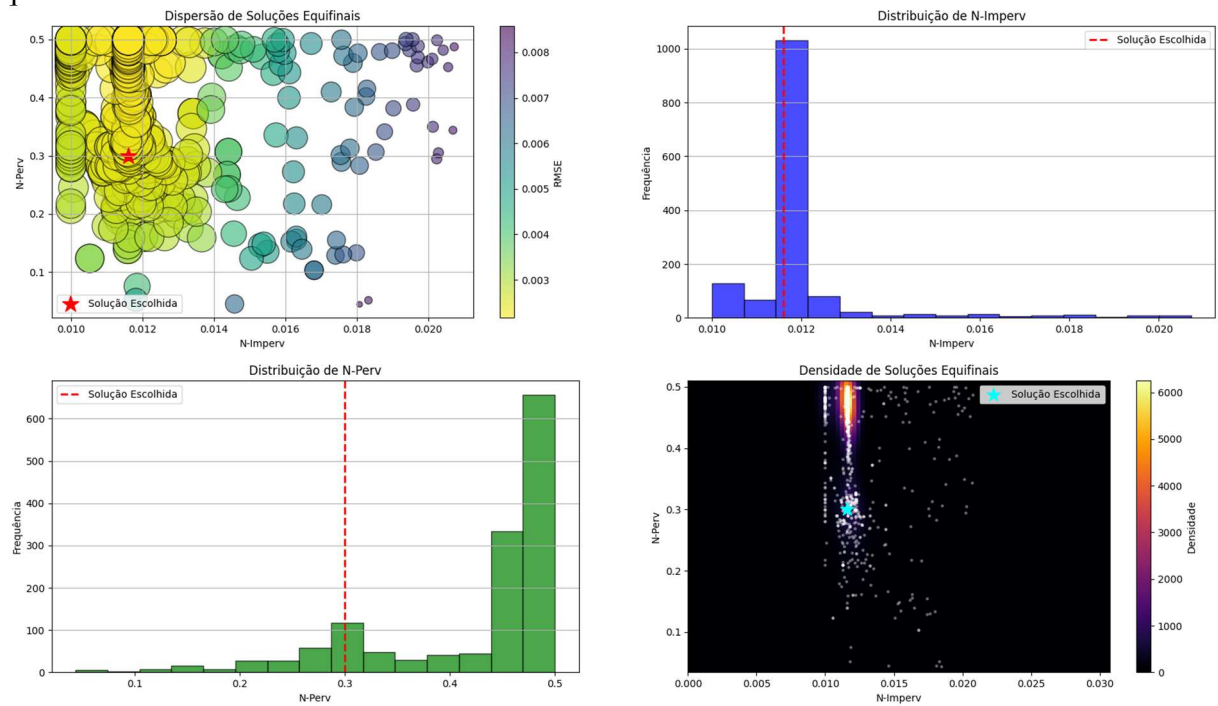
Fonte: Autor (2025).

Figura 32 – Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S1 no Teste 1 com dados de profundidade



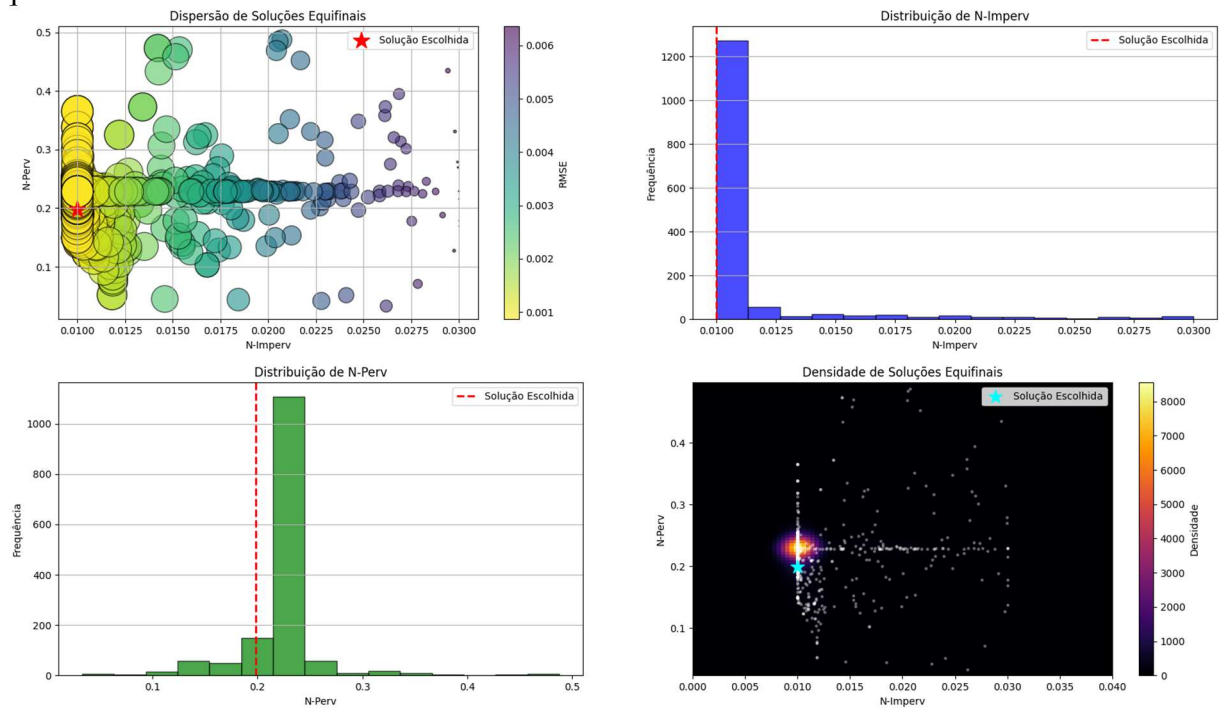
Fonte: Autor (2025).

Figura 33 – Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S2 no Teste 1 com dados de profundidade



Fonte: Autor (2025).

Figura 34 – Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S3 no Teste 1 com dados de profundidade



Fonte: Autor (2025).

4.1.2 Teste 2 utilizando dados de profundidade

Os candidatos equifinais selecionados para os coeficientes N-Imperv e N-Perv, resultantes da análise de equifinalidade implementada, encontram-se sistematizados nas Tabelas A4, A5 e A6 do Apêndice A para as sub-bacias S1, S2 e S3, respectivamente. Na Tabela 17 encontram-se todos os parâmetros de saída calculados pelo Programa 1 para as três sub-bacias da Rede 01. Nas Tabelas 18 e 19 os desvios e erros relativos absolutos foram calculados para N-Imperv e N-Perv.

As Figura 35, 36 e 37 apresentam os gráficos de dispersão das soluções candidatas do banco de equifinalidade para as sub-bacia S1, S2 e S3, respectivamente, onde é possível observar a localização da solução ideal dentro de todo o banco de dados construído pelo Programa 1.

Tabela 17 – Parâmetros e soluções encontradas no Teste 2 com dados de profundidade por sub-bacia

Métrica	Sub-bacia		
	S1	S2	S3
RMSE	0.00056	0.00234	0.00086
NSE	0.99987	0.99991	0.99973
PBIAS	-0.5148	0.15022	-0.03
R ²	0.99991	0.99995	0.99974
KGE	0.99354	0.994	0.99782
Manning Imperv Calibrado	0.01743	0.01163	0.01
Manning Perv Calibrado	0.06285	0.33678	0.21787
Melhor RMSE	0.00056	0.00234	0.00086
Tipo Escolhido	mediana	moda	mediana

Fonte: Autor (2025).

Tabela 18 – Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 2 com dados de profundidade para Manning impermeável

Sub-bacia	N-Imperv (Superfícies Impermeáveis)			
	Calibrado	Gabarito	Desvio Absoluto	Erro Relativo Absoluto (%)
S1	0.0174	0.0200	0.00257	12.83%
S2	0.0116	0.0150	0,00099	22.49%
S3	0.0100	0.0100	0,00018	0.00%

Fonte: Autor (2025).

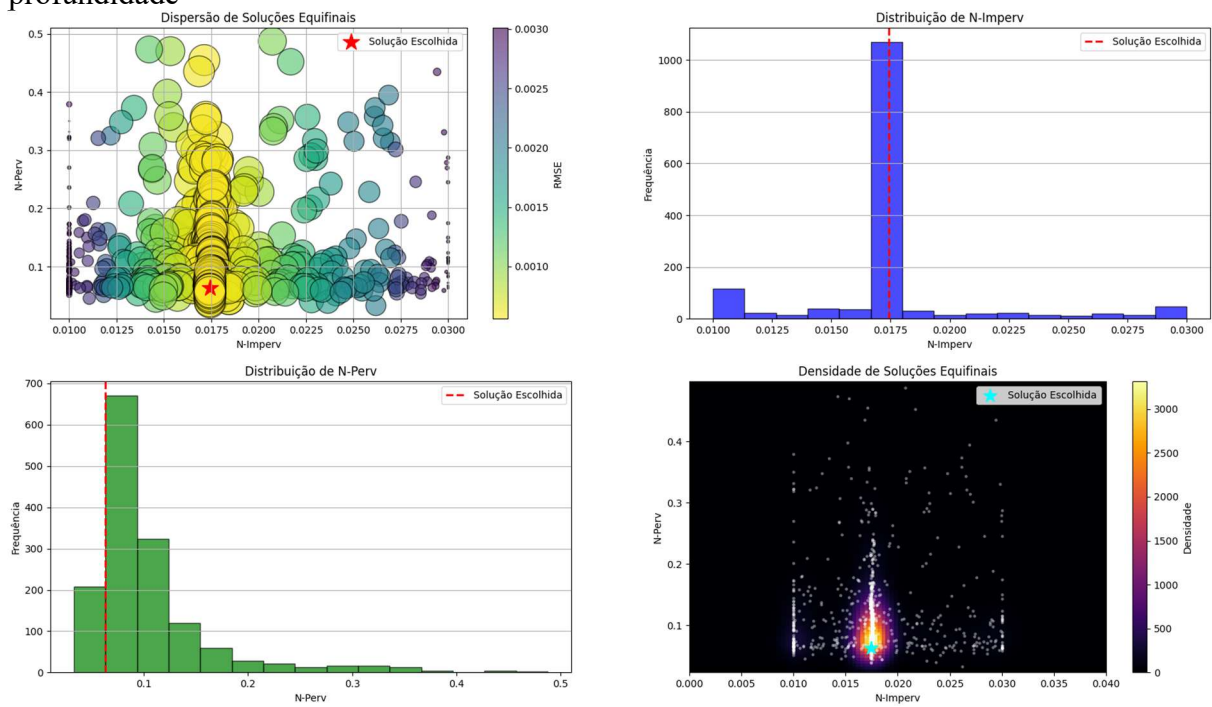
Tabela 19 – Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 2 com dados de profundidade para Manning permeável

N-Perv (Superfícies Permeáveis)

Sub-bacia	Calibrado	Gabarito	Desvio Absoluto	Erro Relativo Absoluto (%)
S1	0.0628	0.0400	0.02285	57.12%
S2	0.3368	0.3000	0.03678	12.26%
S3	0.2179	0.1000	0.11787	117.87%

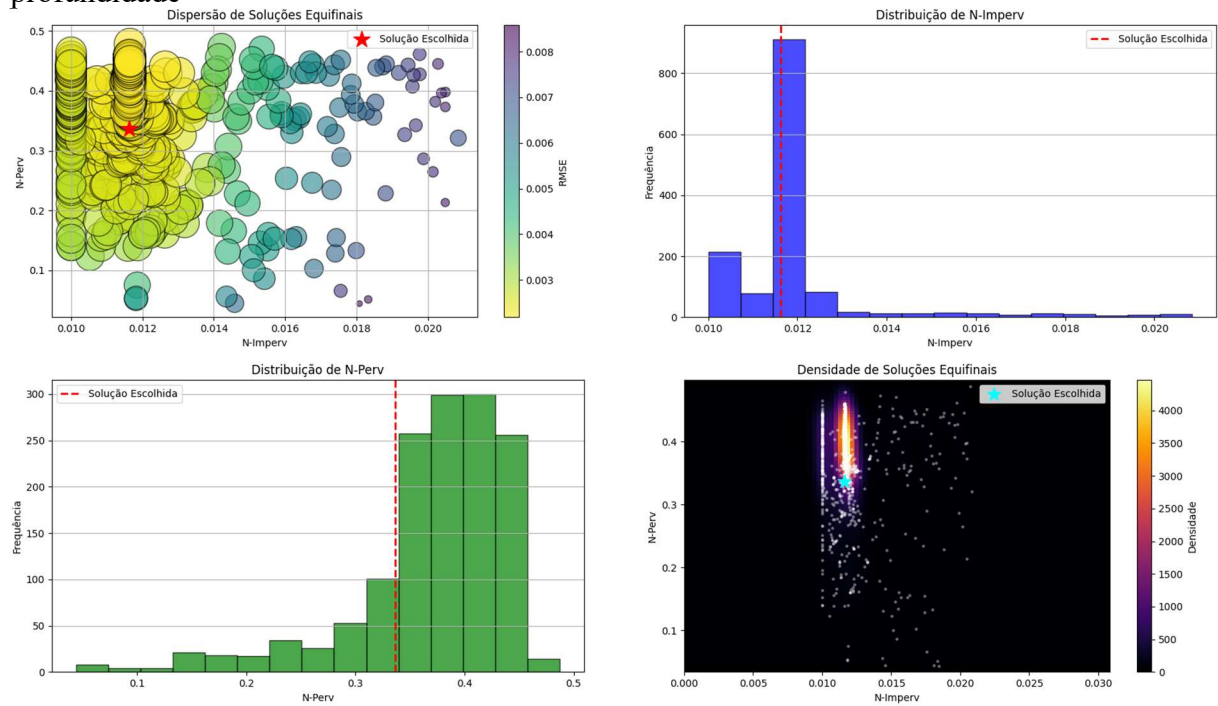
Fonte: Autor (2025).

Figura 35 – Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S1 no Teste 2 com dados de profundidade



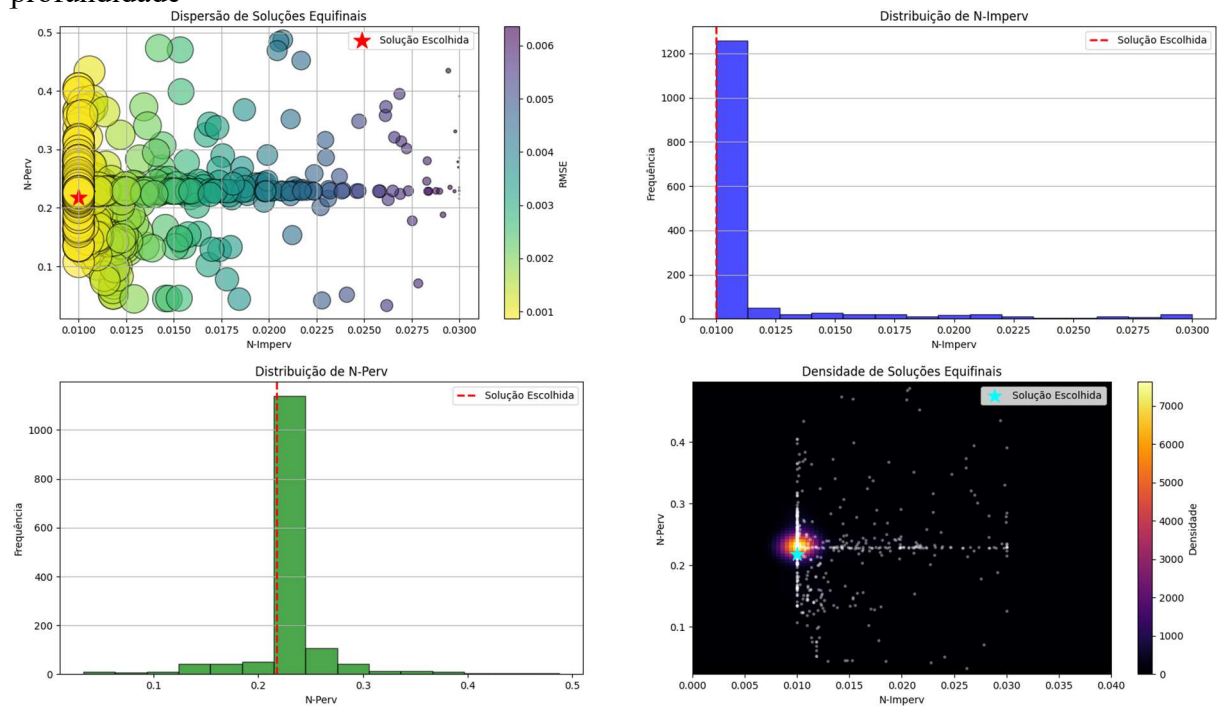
Fonte: Autor (2025).

Figura 36 – Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S2 no Teste 2 com dados de profundidade



Fonte: Autor (2025).

Figura 37 – Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S3 no Teste 2 com dados de profundidade



Fonte: Autor (2025).

4.1.3 Teste 3 utilizando dados de profundidade

Os candidatos equifinais selecionados para os coeficientes N-Imperv e N-Perv, resultantes da análise de equifinalidade implementada, encontram-se sistematizados nas Tabelas A7, A8 e A9 do Apêndice A para as sub-bacias S1, S2 e S3, respectivamente. Na Tabela 20 encontram-se todos os parâmetros de saída calculados pelo Programa 1 para as três sub-bacias da Rede 01. Nas Tabelas 21 e 22 os desvios e erros relativos absolutos foram calculados para N-Imperv e N-Perv.

As Figura 38, 39 e 40 apresentam os gráficos de dispersão das soluções candidatas do banco de equifinalidade para as sub-bacia S1, S2 e S3, respectivamente, onde é possível observar a localização da solução ideal dentro de todo o banco de dados construído pelo Programa 1.

Tabela 20 – Parâmetros e soluções encontradas no Teste 3 com dados de profundidade por sub-bacia

Métrica	Sub-bacia		
	S1	S2	S3
RMSE	0.00056	0.00221	0.00086
NSE	0.99987	0.99992	0.99973
PBIAS	-0.50654	0.11586	-0.03069
R ²	0.99991	0.99995	0.99974
KGE	0.99357	0.99437	0.99781
Manning Imperv Calibrado	0.01744	0.01160	0.01000
Manning Perv Calibrado	0.06033	0.44459	0.22087
Melhor RMSE	0.00056	0.00221	0.00086
Tipo Escolhido	mediana	moda	mediana

Fonte: Autor (2025).

Tabela 21 – Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 3 com dados de profundidade para Manning impermeável

Sub-bacia	N-Imperv (Superfícies Impermeáveis)			
	Calibrado	Gabarito	Desvio Absoluto	Erro Relativo Absoluto (%)
S1	0.0174	0.0200	-0.00256	12.79%
S2	0.0116	0.0150	-0,00099	22.64%
S3	0.0100	0.0100	-0,00018	0.00%

Fonte: Autor (2025).

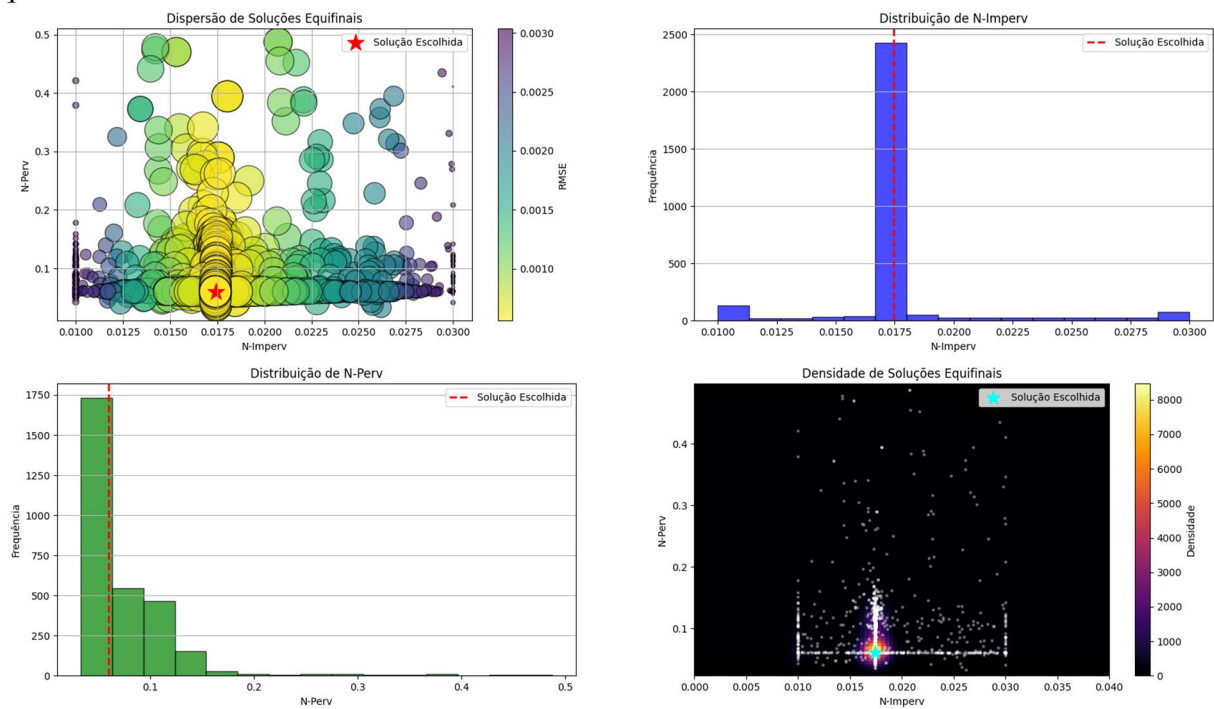
Tabela 22 – Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 3 com dados de profundidade para Manning permeável

N-Perv (Superfícies Permeáveis)

Sub-bacia	Calibrado	Gabarito	Desvio Absoluto	Erro Relativo Absoluto (%)
S1	0.0603	0.0400	0.02033	50.82%
S2	0.4446	0.3000	0.14459	48.20%
S3	0.2209	0.1000	0.12087	120.87%

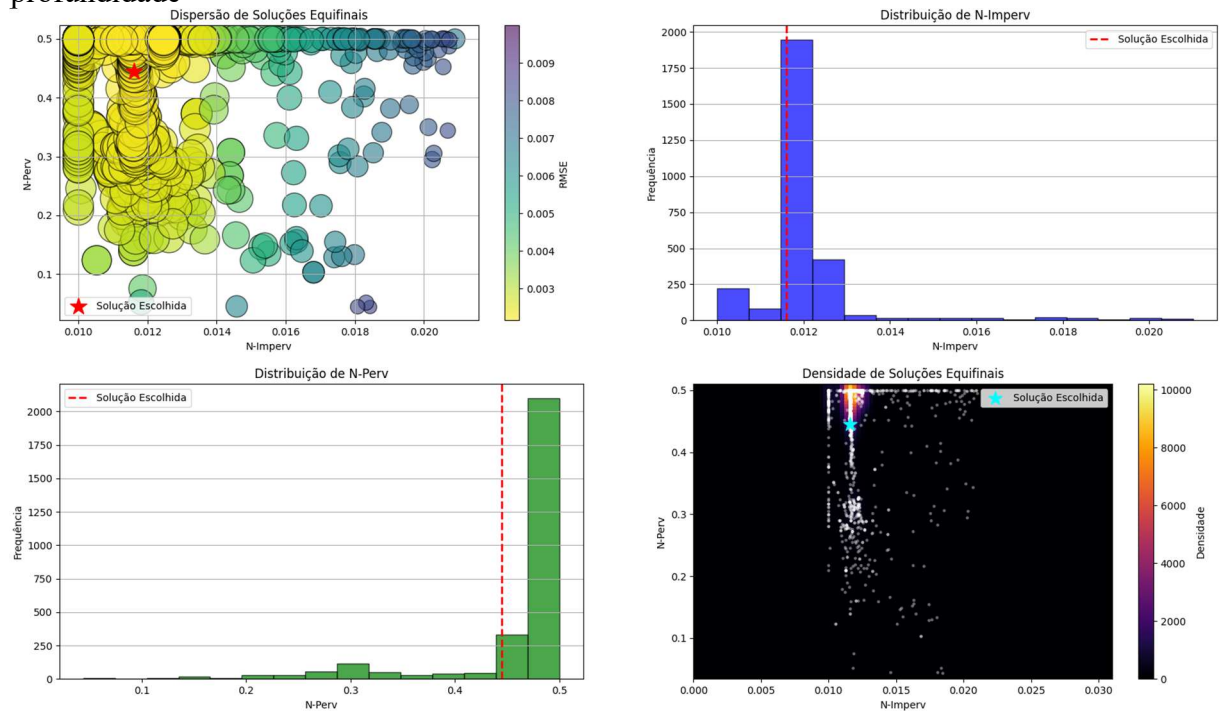
Fonte: Autor (2025).

Figura 38 – Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S1 no Teste 3 com dados de profundidade



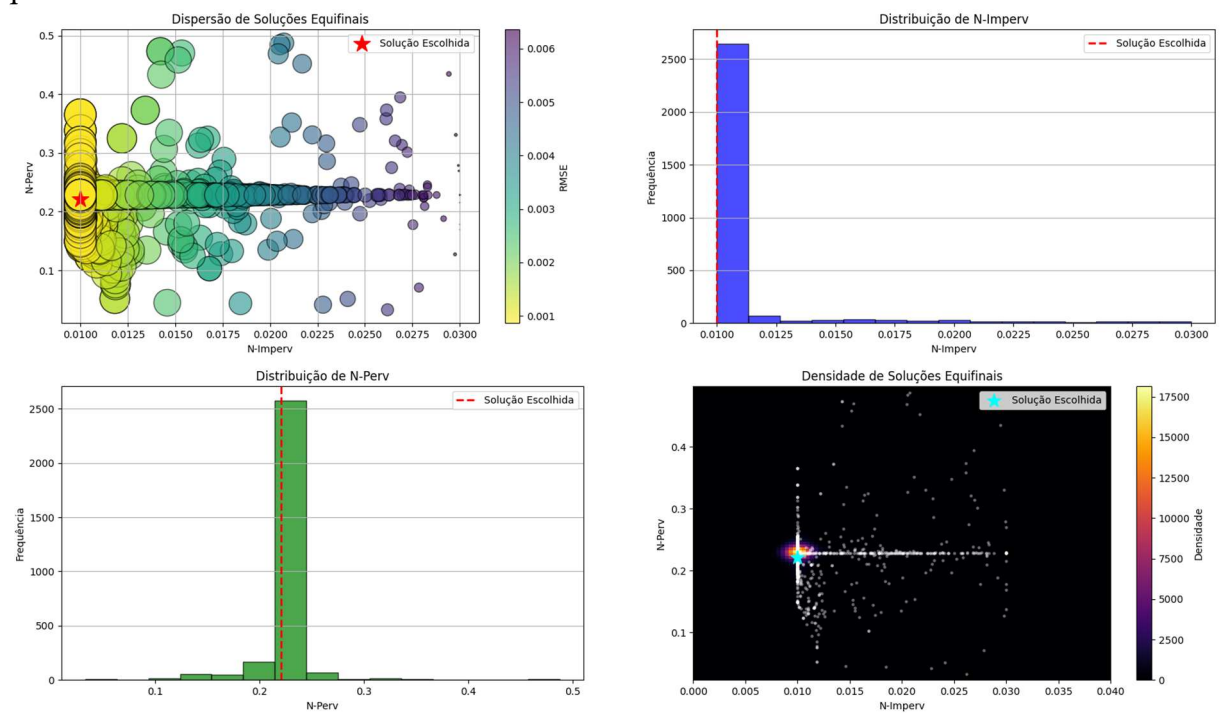
Fonte: Autor (2025).

Figura 39 – Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S2 no Teste 3 com dados de profundidade



Fonte: Autor (2025).

Figura 40 – Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S3 no Teste 3 com dados de profundidade



Fonte: Autor (2025).

4.1.4 Teste 4 utilizando dados de vazão de escoamento

Os candidatos equifinais selecionados para os coeficientes N-Imperv e N-Perv, resultantes da análise de equifinalidade implementada, encontram-se sistematizados nas Tabelas A10, A11 e A12 para as sub-bacias S1, S2 e S3, respectivamente. Na Tabela 23 encontram-se todos os parâmetros de saída calculados pelo Programa 1 para as três sub-bacias da Rede 01. Nas Tabelas 24 e 25 os desvios e erros relativos absolutos foram calculados para N-Imperv e N-Perv.

As Figuras 41, 42 e 43 apresentam os gráficos de dispersão das soluções candidatas do banco de equifinalidade para as sub-bacia S1, S2 e S3, respectivamente, onde é possível observar a localização da solução ideal dentro de todo o banco de dados construído pelo Programa 1.

Tabela 23 – Parâmetros e soluções encontradas no Teste 4 com dados de escoamento superficial por sub-bacia

Métrica	Sub-bacia		
	S1	S2	S3
RMSE	0.02625	0.01376	0.01087
NSE	1.00000	1.00000	1.00000
PBIAS	0.02914	0.03056	0.00879
R ²	1.00000	1.00000	1.00000
KGE	0.99959	0.99952	0.99989
Manning Imperv Calibrado	0.01997	0.01500	0.01000
Manning Perv Calibrado	0.06288	0.31758	0.15929
Melhor RMSE	0.02625	0.01376	0.01087
Tipo Escolhido	mediana	moda	mediana

Fonte: Autor (2025).

Tabela 24 – Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 4 com dados de escoamento superficial para Manning impermeável

Sub-bacia	N-Imperv (Superfícies Impermeáveis)			
	Calibrado	Gabarito	Desvio Absoluto	Erro Relativo Absoluto (%)
S1	0.0200	0.0200	0.0000	0.14%
S2	0.0150	0.0150	0.0000	0.01%
S3	0.0100	0.0100	0.0000	0.00%

Fonte: Autor (2025).

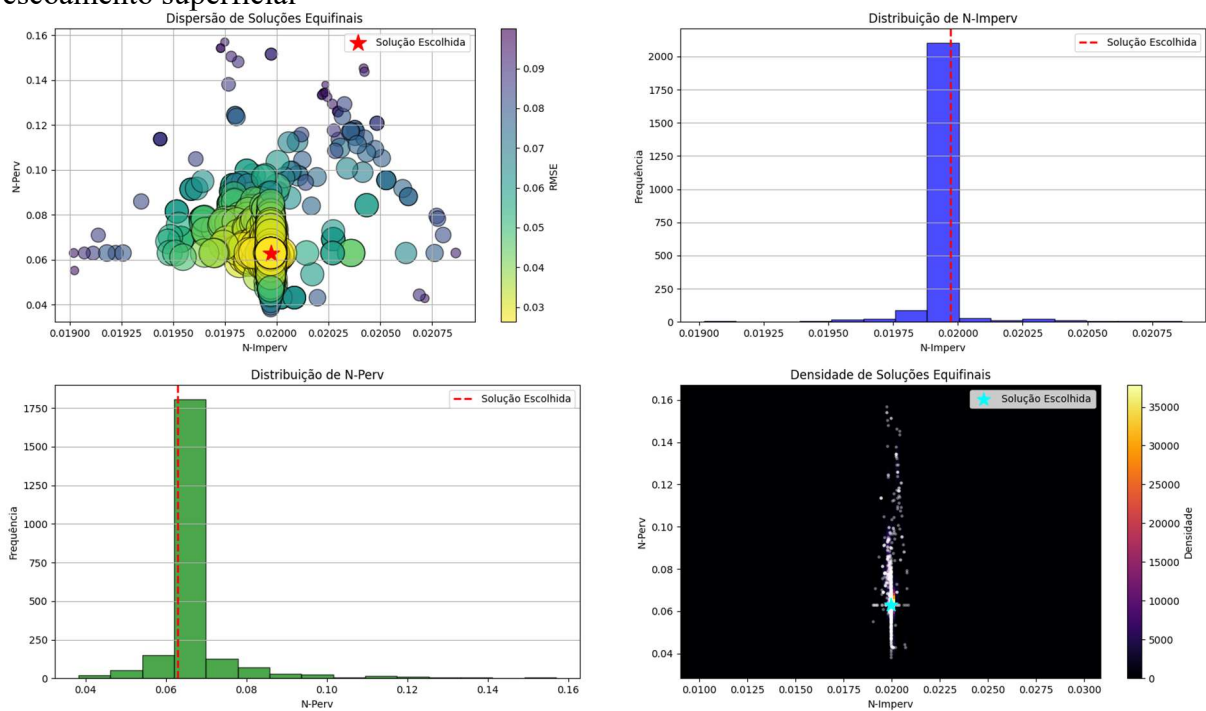
Tabela 25 – Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 4 com dados de escoamento superficial para Manning permeável

N-Perv (Superfícies Permeáveis)

Sub-bacia	Calibrado	Gabarito	Desvio Absoluto	Erro Relativo Absoluto (%)
S1	0.0629	0.0400	0.02288	57.21%
S2	0.3176	0.3000	0,00099	5.86%
S3	0.1593	0.1000	0,00018	59.29%

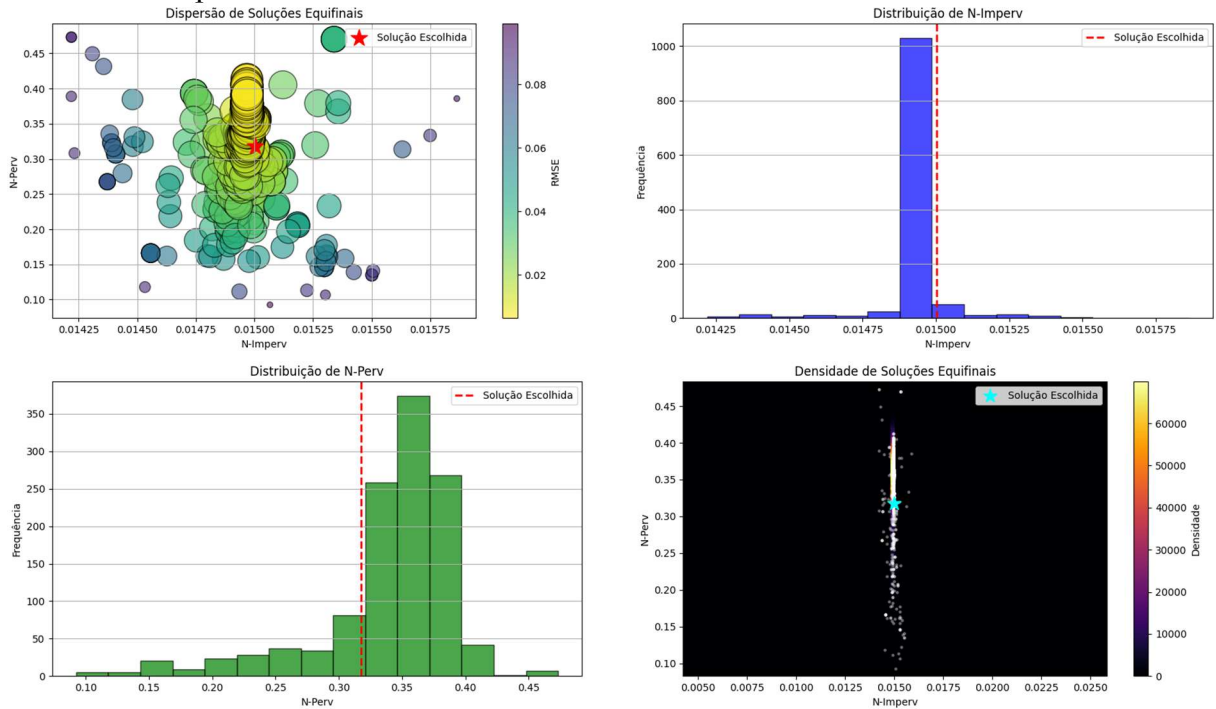
Fonte: Autor (2025).

Figura 41 – Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S1 no Teste 4 com dados de escoamento superficial



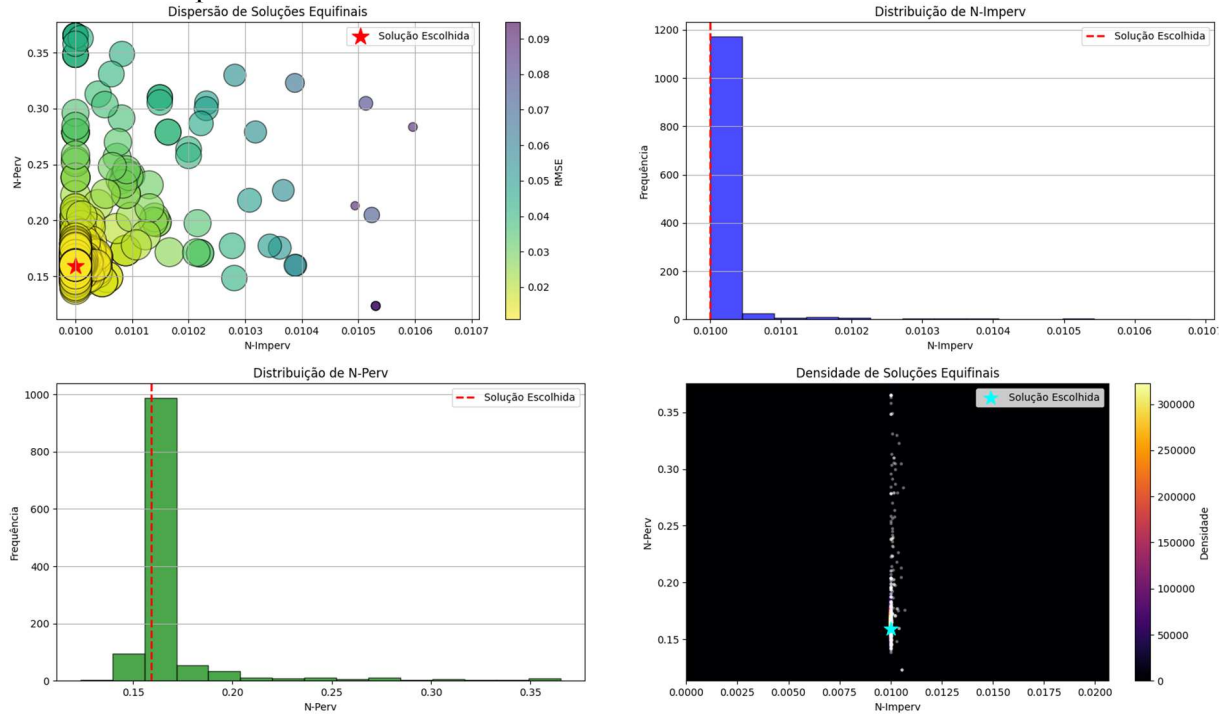
Fonte: Autor (2025).

Figura 42 – Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S2 no Teste 4 com dados de escoamento superficial



Fonte: Autor (2025).

Figura 43 – Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S3 no Teste 4 com dados de escoamento superficial



Fonte: Autor (2025).

4.1.5 Teste 5 utilizando dados de vazão de escoamento

Os candidatos equifinais selecionados para os coeficientes N-Imperv e N-Perv, resultantes da análise de equifinalidade implementada, encontram-se sistematizados nas Tabelas A13, A14 e A15 para as sub-bacias S1, S2 e S3, respectivamente. Na Tabela 26 encontram-se todos os parâmetros de saída calculados pelo Programa 1 para as três sub-bacias da Rede 01. Nas Tabelas 27 e 28 os desvios e erros relativos absolutos foram calculados para N-Imperv e N-Perv.

As Figuras 44, 45 e 46 apresentam os gráficos de dispersão das soluções candidatas do banco de equifinalidade para as sub-bacia S1, S2 e S3, respectivamente, onde é possível observar a localização da solução ideal dentro de todo o banco de dados construído pelo Programa 1.

Tabela 26 – Parâmetros e soluções encontradas no Teste 5 com dados de escoamento superficial por sub-bacia

Métrica	Sub-bacia		
	S1	S2	S3
RMSE	0.02625	0.01709	0.01099
NSE	1.00000	1.00000	1.00000
PBIAS	0.02856	0.03751	0.01174
R ²	1.00000	1.00000	1.00000
KGE	0.99960	0.99941	0.99984
Manning Imperv Calibrado	0.01997	0.01501	0.01000
Manning Perv Calibrado	0.06302	0.29212	0.15610
Melhor RMSE	0.02625	0.01709	0.01099
Tipo Escolhido	mediana	moda	mediana

Fonte: Autor (2025).

Tabela 27 – Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 5 com dados de escoamento superficial para Manning impermeável

Sub-bacia	N-Imperv (Superfícies Impermeáveis)			
	Calibrado	Gabarito	Desvio Absoluto	Erro Relativo Absoluto (%)
S1	0.0200	0.0200	0.0000	0.14%
S2	0.0150	0.0150	0.0000	0.01%
S3	0.0100	0.0100	0.0000	0.00%

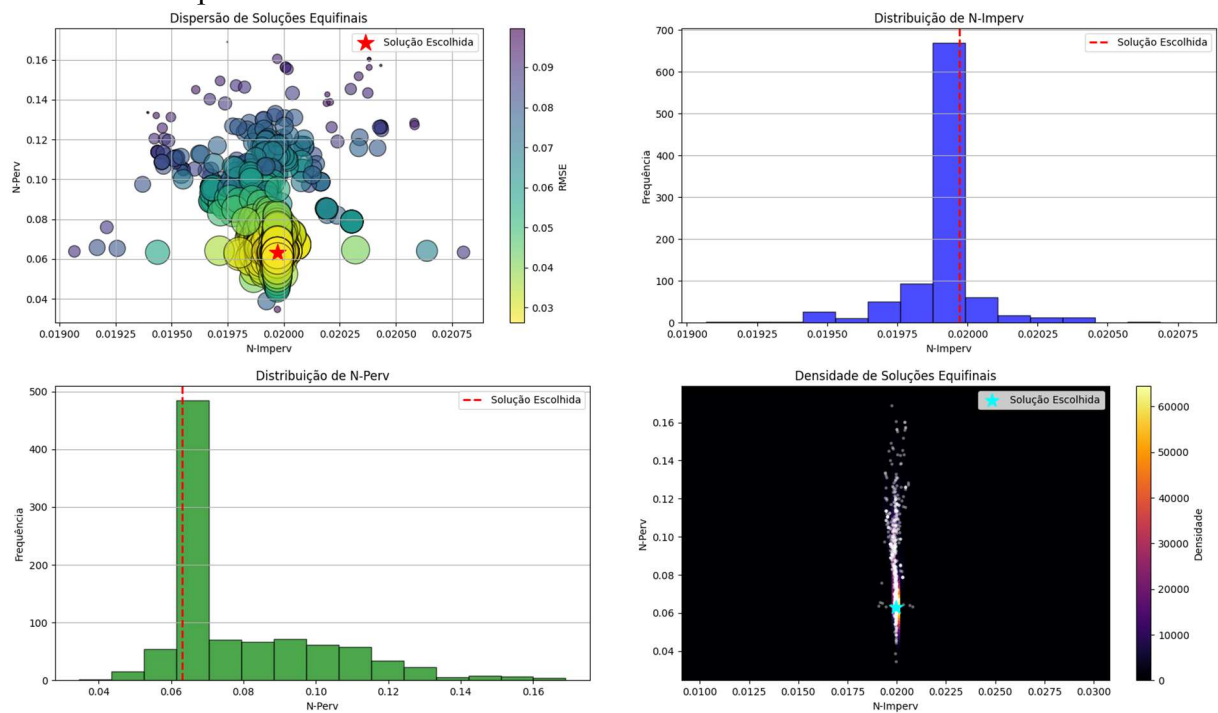
Fonte: Autor (2025).

Tabela 28 – Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 5 com dados de escoamento superficial para Manning permeável

N-Perv (Superfícies Permeáveis)				
Sub-bacia	Calibrado	Gabarito	Desvio Absoluto	Erro Relativo Absoluto (%)
S1	0.0630	0.0400	0.02302	57.55%
S2	0.2921	0.3000	0,00099	2.63%
S3	0.1561	0.1000	0,00018	56.10%

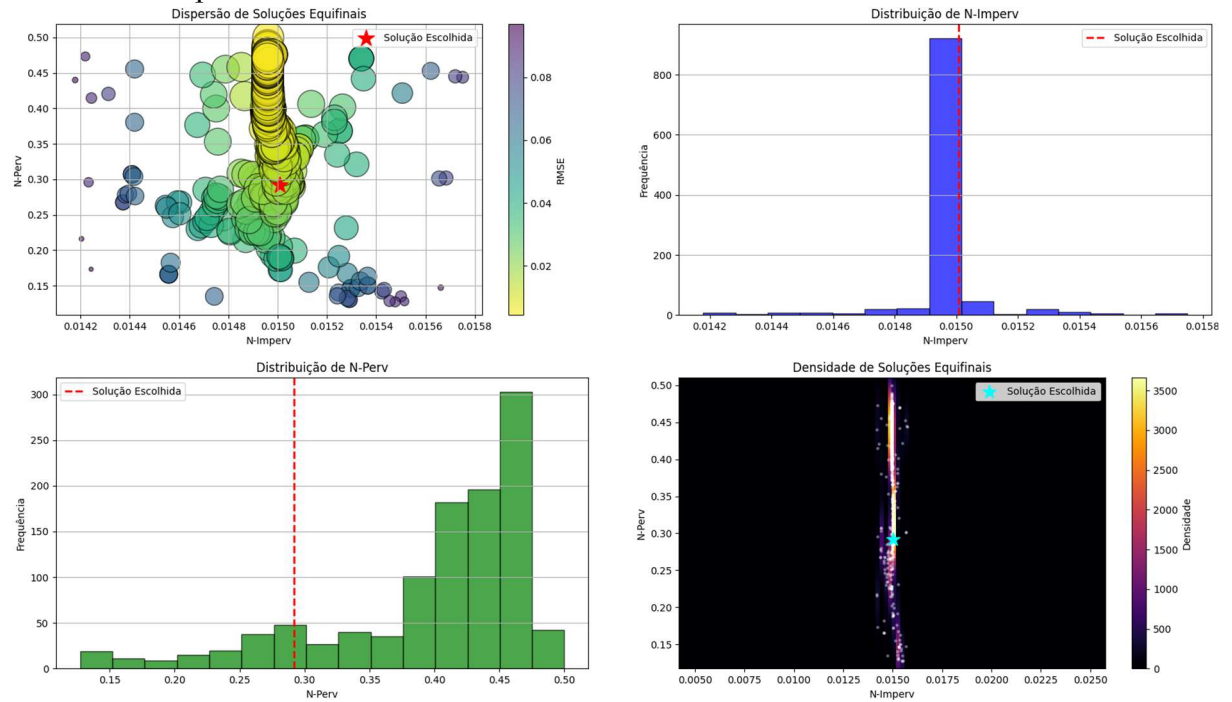
Fonte: Autor (2025).

Figura 44 – Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S1 no Teste 5 com dados de escoamento superficial



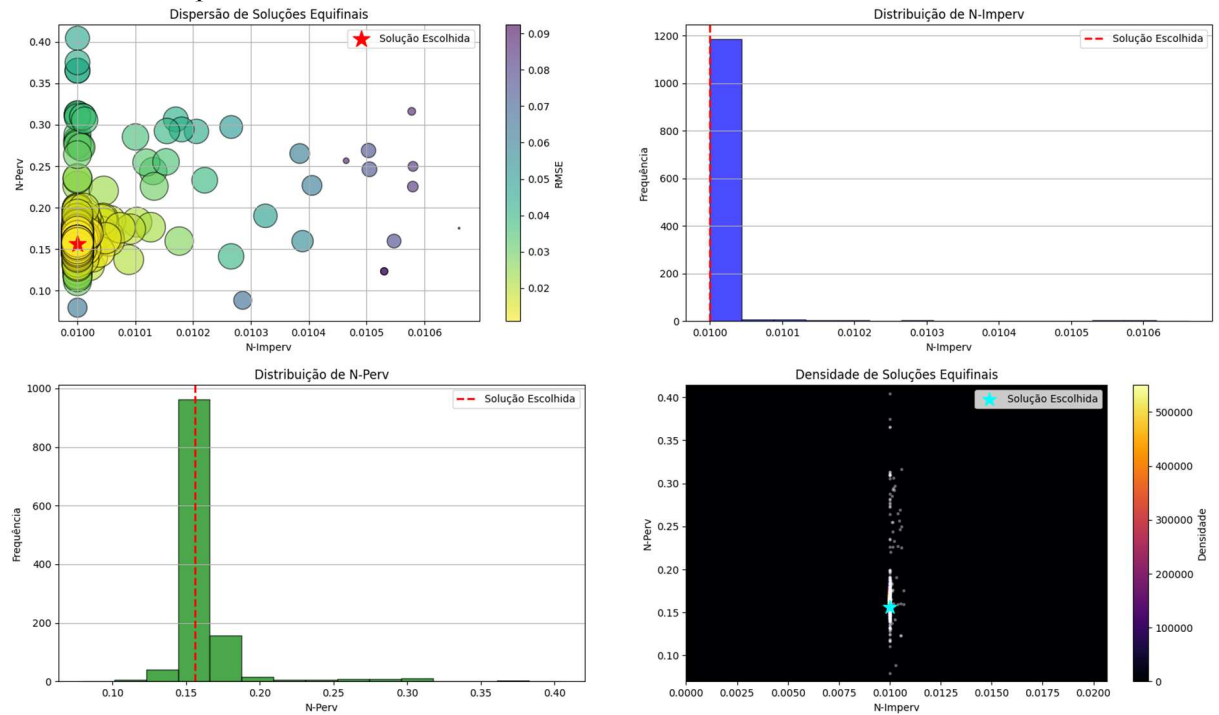
Fonte: Autor (2025).

Figura 45 – Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S2 no Teste 5 com dados de escoamento superficial



Fonte: Autor (2025).

Figura 46 – Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S3 no Teste 5 com dados de escoamento superficial



Fonte: Autor (2025).

4.1.6 Teste 6 utilizando dados de vazão de escoamento

Os candidatos equifinais selecionados para os coeficientes N-Imperv e N-Perv, resultantes da análise de equifinalidade implementada, encontram-se sistematizados nas Tabelas A16, A17 e A18 para as sub-bacias S1, S2 e S3, respectivamente. Na Tabela 29 encontram-se todos os parâmetros de saída calculados pelo Programa 1 para as três sub-bacias da Rede 01. Nas Tabelas 30 e 31 os desvios e erros foram relativos absolutos foram calculados para N-Imperv e N-Perv.

As Figuras 47, 48 e 49 apresentam os gráficos de dispersão das soluções candidatas do banco de equifinalidade para as sub-bacia S1, S2 e S3, respectivamente, onde é possível observar a localização da solução ideal dentro de todo o banco de dados construído pelo Programa 1.

Tabela 29 – Parâmetros e soluções encontradas no Teste 6 com dados de escoamento superficial por sub-bacia

Métrica	Sub-bacia		
	S1	S2	S3
RMSE	0.02625	0.01270	0.01087
NSE	1.00000	1.00000	1.00000
PBIAS	0.02914	0.02840	0.00859
R ²	1.00000	1.00000	1.00000
KGE	0.99959	0.99954	0.99989
Manning Imperv Calibrado	0.01997	0.01497	0.01000
Manning Perv Calibrado	0.06288	0.33004	0.15951
Melhor RMSE	0.02625	0.01270	0.01087
Tipo Escolhido	mediana	mediana	mediana

Fonte: Autor (2025).

Tabela 30 – Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 6 com dados de escoamento superficial para Manning impermeável

Sub-bacia	N-Imperv (Superfícies Impermeáveis)			
	Calibrado	Gabarito	Desvio Absoluto	Erro Relativo Absoluto (%)
S1	0.0200	0.0200	0.0000	0.14%
S2	0.0150	0.0150	0.0000	0.23%
S3	0.0100	0.0100	0.0000	0.00%

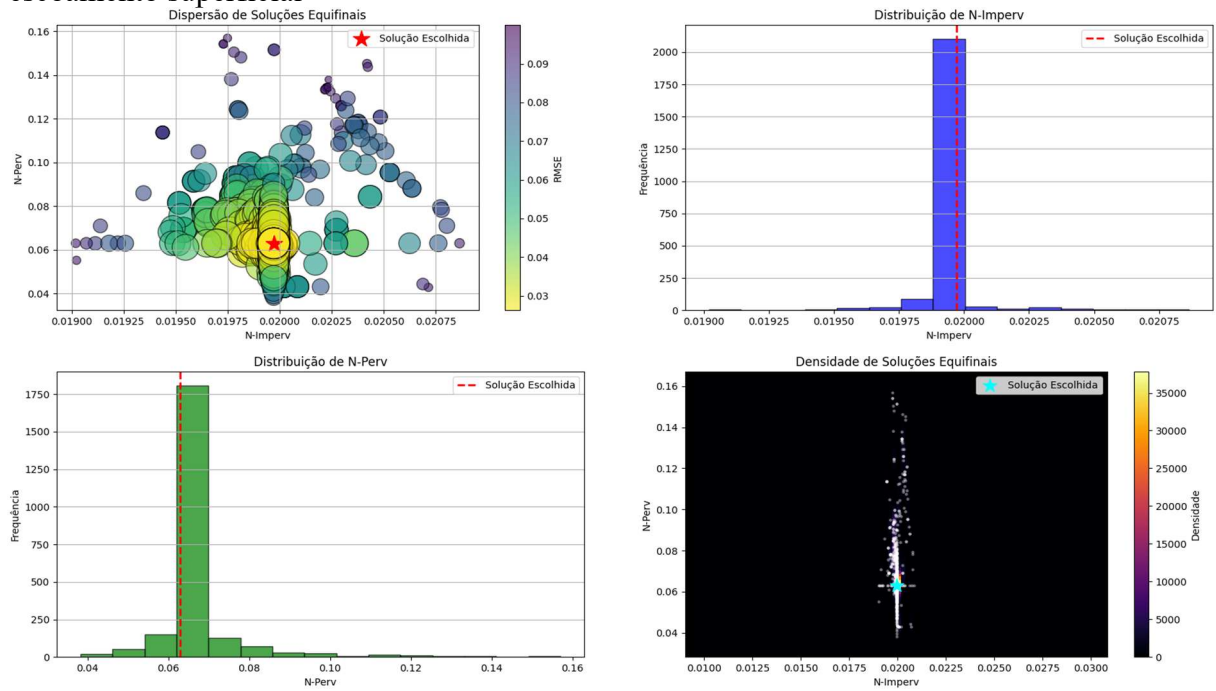
Fonte: Autor (2025).

Tabela 31 – Análise comparativa das soluções calibradas vs gabarito no Teste 6 com dados de escoamento superficial para Manning permeável

N-Perv (Superfícies Permeáveis)				
Sub-bacia	Calibrado	Gabarito	Desvio Absoluto	Erro Relativo Absoluto (%)
S1	0.0629	0.0400	0.02288	57.21%
S2	0.3300	0.3000	0,00099	10.01%
S3	0.1595	0.1000	0,00018	59.51%

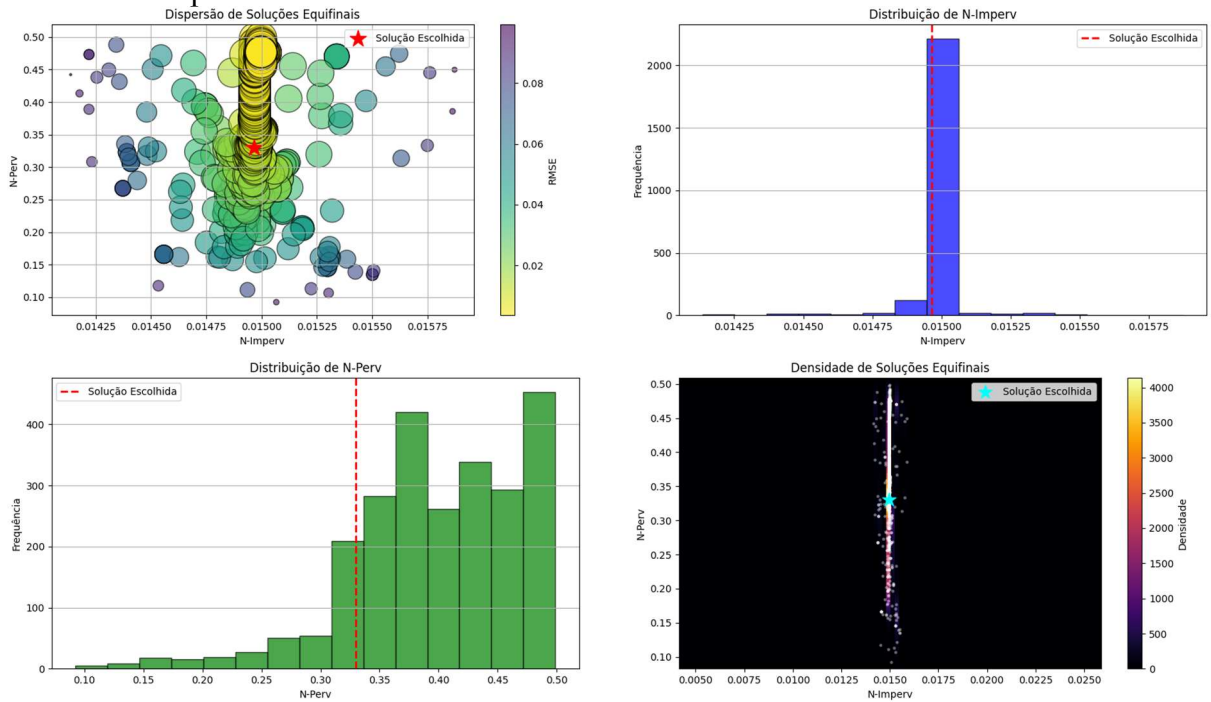
Fonte: Autor (2025).

Figura 47 – Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S1 no Teste 6 com dados de escoamento superficial



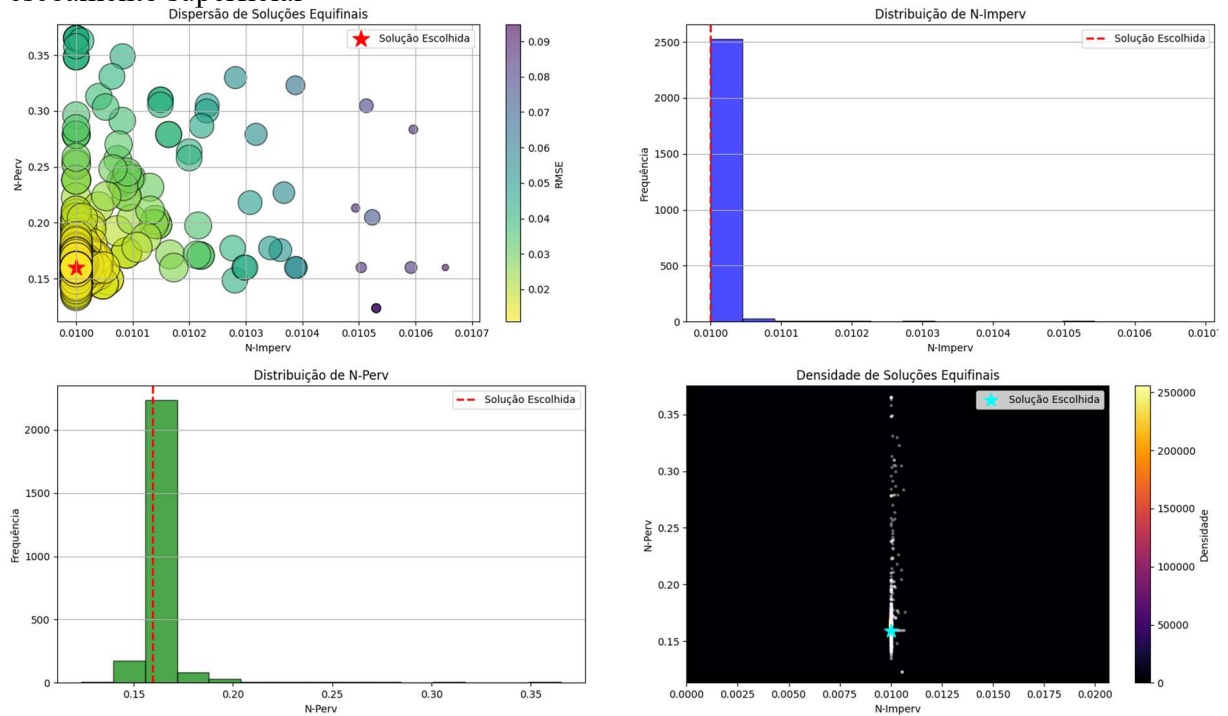
Fonte: Autor (2025).

Figura 48 – Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S2 no Teste 6 com dados de escoamento superficial



Fonte: Autor (2025).

Figura 49 – Dispersão de soluções equifinais para a sub-bacia S3 no Teste 6 com dados de escoamento superficial



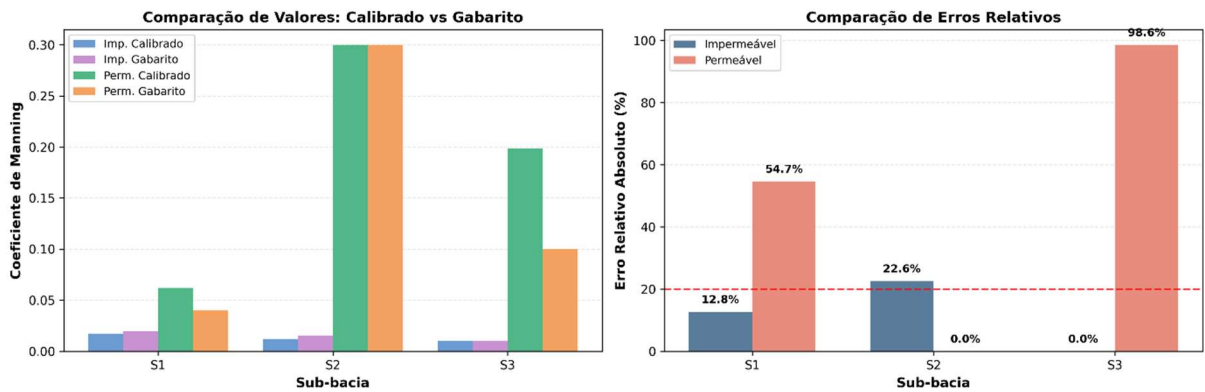
Fonte: Autor (2025).

4.1.7 Resumo geral dos resultados e discussões (Programa 1)

Os testes foram estruturados em duas metodologias distintas para avaliar a eficácia na identificação dos parâmetros de rugosidade Coeficiente de Manning n . O objetivo principal é comparar diretamente o desempenho de cada abordagem, avaliando a capacidade do Programa 1 em identificar os valores corretos dos coeficientes N-impermeável e N-permeável para as três sub-bacias (S1, S2 e S3).

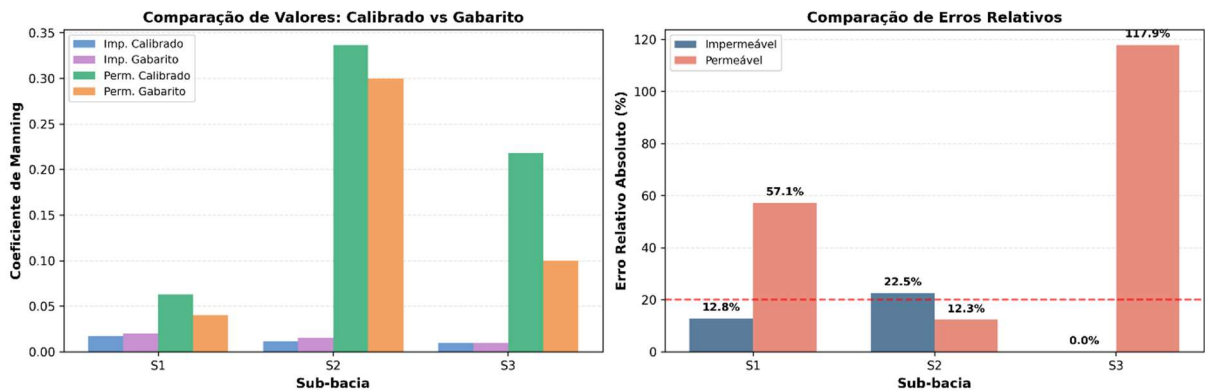
Os Gráficos das Figuras 50, 51, 52, 53, 54 e 55 ilustram a comparação de valores: calibrado vs gabarito e a comparação de erros relativos para cada um dos seis testes. Por fim, será apresentado um resumo comparativo geral através dos Gráficos das Figuras 56 e 57, consolidando o desempenho médio de ambas as metodologias, por fim permitindo uma avaliação conclusiva.

Figura 50 – Gráficos de comparação e erros relativos (Teste 1)



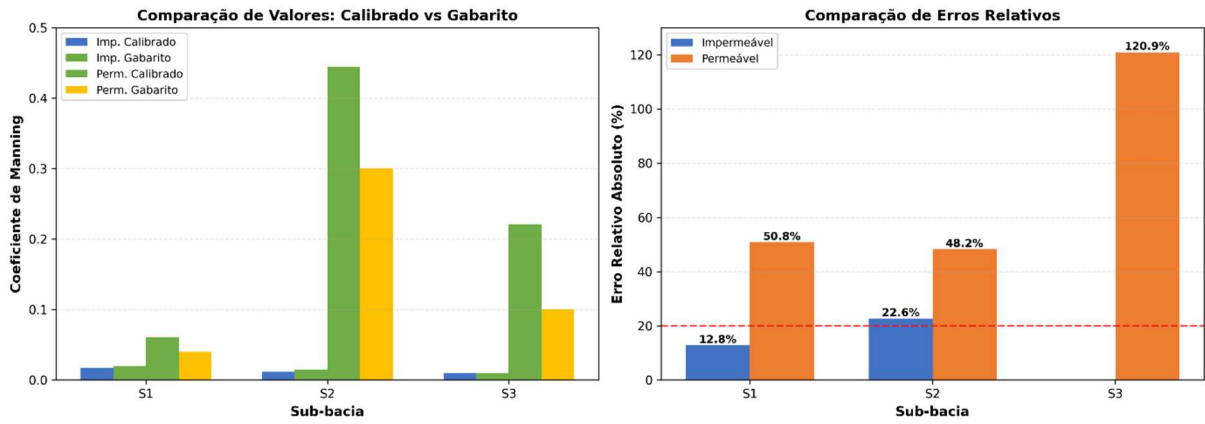
Fonte: Autor (2025).

Figura 51 – Gráficos de comparação e erros relativos (Teste 2)



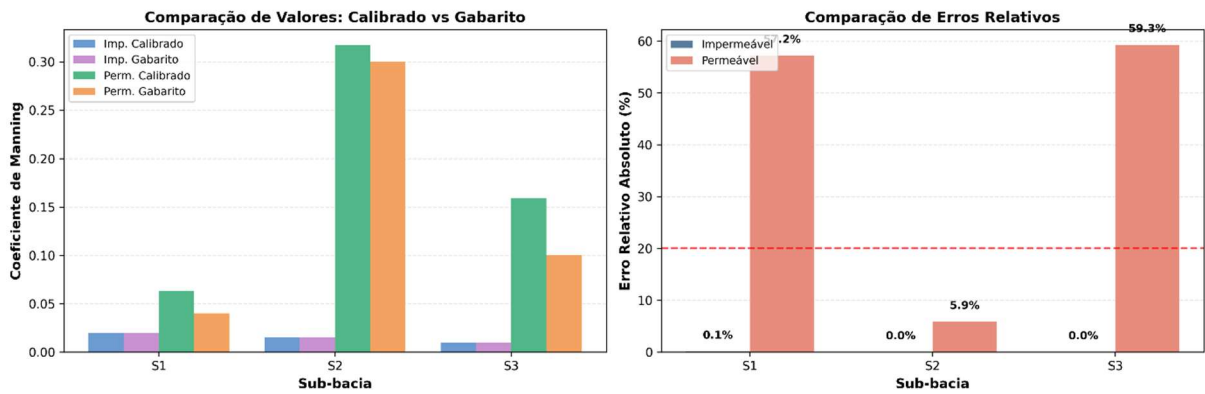
Fonte: Autor (2025).

Figura 52 – Gráficos de comparação e erros relativos (Teste 3)



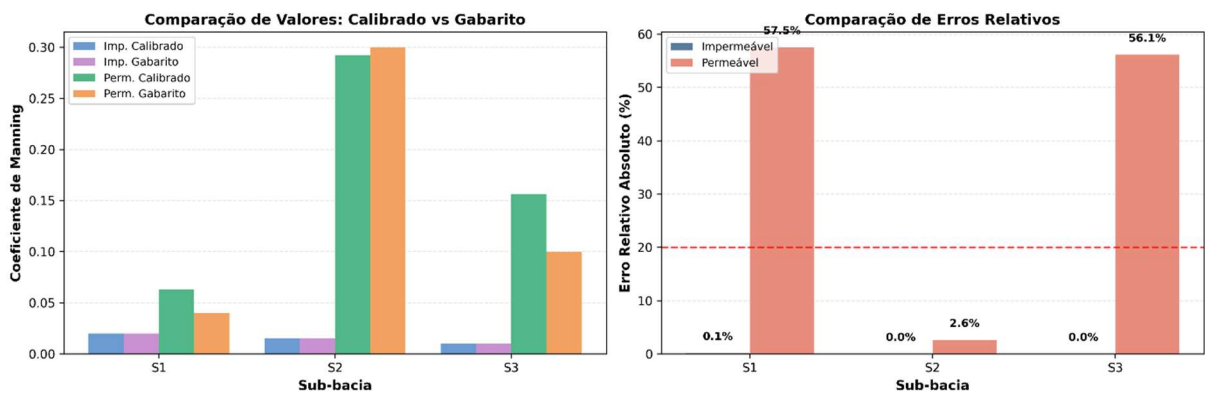
Fonte: Autor (2025).

Figura 53– Gráficos de comparação e erros relativos (Teste 4)



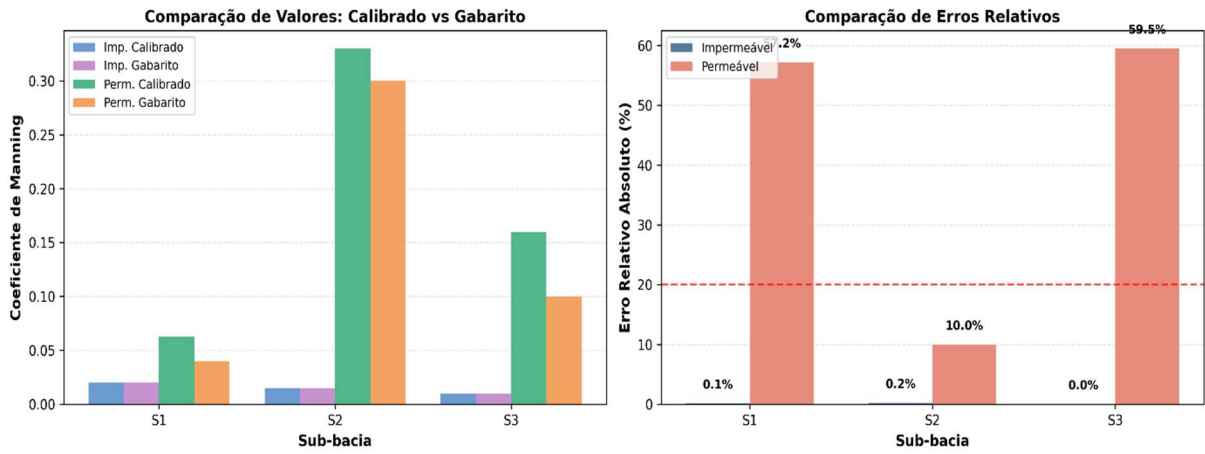
Fonte: Autor (2025).

Figura 54 – Gráficos de comparação e erros relativos (Teste 5)



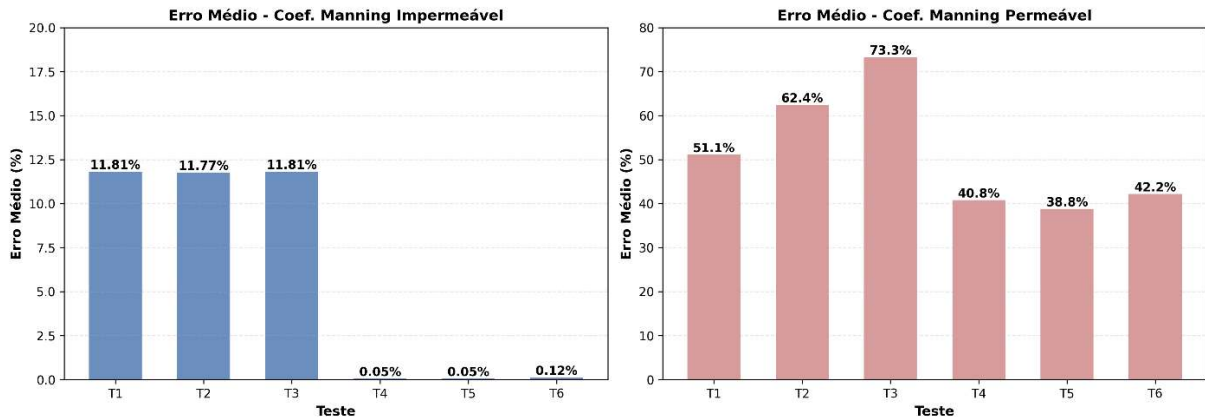
Fonte: Autor (2025).

Figura 55 – Gráficos de comparação e erros relativos (Teste 6)



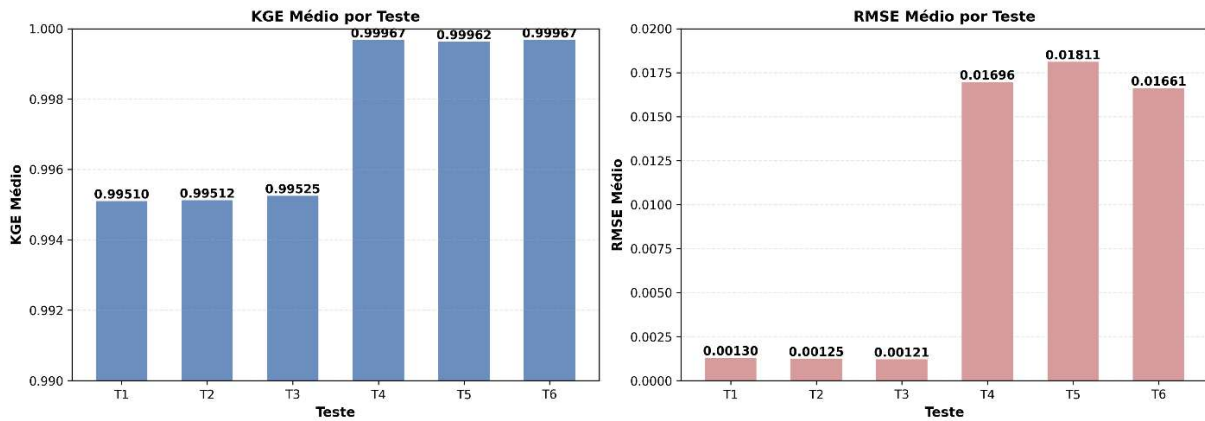
Fonte: Autor (2025).

Figura 56 – Resumo comparativo dos erros médios por teste realizado



Fonte: Autor (2025).

Figura 57 – KGE e RMSE médios por teste realizado



Fonte: Autor (2025).

A análise dos resultados obtidos nos 6 testes de calibração do Programa 1 permite uma comparação direta da eficácia entre o uso de dados de profundidade (Testes 1, 2 e 3) e dados de vazão de escoamento superficial (Testes 4, 5 e 6) para a identificação dos coeficientes de Manning impermeáveis e permeáveis.

Os testes que utilizaram dados de profundidade (T1, T2, T3) revelaram-se significativamente eficazes para a correta identificação dos parâmetros de rugosidade em áreas impermeáveis. O erro médio para o N-impermeável nestes testes situou-se entre 11,77% e 11,81%. Porém, a situação para o N-permeável demonstrou-se relativamente problemática, onde os erros médios dispararam, atingindo 51,1% (T1), 62,4% (T2) e um pico de 73,3% (T3). Uma análise detalhada por sub-bacia, visível nos Gráfico 50, 51 e 52 corroboram com esse cenário. Os valores calibrados para o N-permeável falham relativamente em se aproximar dos valores de gabarito, evidenciando uma certa dificuldade do modelo em identificar este parâmetro sensível usando apenas dados de profundidade.

Em contrapartida, a calibração utilizando dados de vazão (Testes 4, 5 e 6) apresentou resultados vastamente superiores, estabelecendo-se como a metodologia preferencial. O destaque principal é a identificação quase perfeita do coeficiente de Manning impermeável. O gráfico da Figura 56 mostra que os erros médios para este parâmetro em T4, T5 e T6 foram de apenas 0,05%, 0,05% e 0,12%, respectivamente.

Para o coeficiente de Manning permeável, um parâmetro notoriamente de difícil calibração, os resultados são mais complexos, mas ainda assim superiores aos da calibração por profundidade. O erro médio geral foi reduzido para a faixa de 38,8% a 42,2%. A observação mais relevante, no entanto, vem da análise por sub-bacia:

- Enquanto as sub-bacias S1 e S3 continuaram a apresentar erros relativos elevados para o N-permeável (consistentemente entre 56% e 62%), a sub-bacia S2 demonstrou uma calibração bem-sucedida.
- Nos testes T4, T5 e T6, os erros relativos para o N-permeável na sub-bacia S2 foram de apenas 5,9%, 2,6% e 10,0%, respectivamente. Isso é visualmente confirmado nos gráficos da esquerda.

Os resultados demonstram que a calibração baseada em dados de vazão é superior à baseada em dados de profundidade para a identificação dos parâmetros de rugosidade. A metodologia com dados de vazão foi capaz de identificar o N-impermeável com precisão excepcional (erro < 0,2%) em todos os cenários.

O desafio da calibração do N-permeável é confirmado, mas os dados de vazão permitiram uma identificação precisa em ao menos uma sub-bacia (S2). Isso sugere que,

embora o parâmetro seja identificável, sua sensibilidade e, portanto, a capacidade do modelo de calibrá-lo corretamente, varia espacialmente entre as sub-bacias. A falha em S1 e S3 pode indicar que as características dessas sub-bacias tornam o N-permeável um parâmetro de baixa sensibilidade (pouco identificável) para as séries de vazão utilizadas.

4.1.8 Análise de robustez frente a diferentes configurações do modelo

A fim de verificar o impacto de outros parâmetros característicos das sub-bacias presentes no SWMM, foi realizada uma breve análise acerca da influência da alteração desses parâmetros na calibração. O parâmetro analisado em cada teste foi modificado em escalas distintas para cada uma das sub-bacias da rede estudada, mantendo-se os demais constantes. Os parâmetros alterados foram: o percentual de área impermeável, o tipo de propagação do escoamento e o modelo de infiltração utilizados. Vale ressaltar que os testes foram realizados com dados de vazão de escoamento, pois, além de terem produzido anteriormente, nos Testes 4, 5 e 6, resultados significativamente melhores do que aqueles obtidos com dados de profundidade, as simulações com dados de escoamento superficial não impactam os resultados das demais sub-bacias da rede. Em relação aos parâmetros do GA, serão utilizados os mesmos do Teste 5, visto que produziu os menores erros entre todos os cenários. Logo, o Teste 5 será considerado o “*baseline*”.

Os três testes (Tabelas 32, 33 e 34) de robustez foram realizados, cada um alterando um parâmetro específico:

- Teste de Robustez 1: alteração do percentual de área impermeável (80%, 30% e 20% para S1, S2 e S3, respectivamente);
- Teste de Robustez 2: alteração do tipo de propagação do escoamento (IMPERVIOUS, PERVIOUS e OUTLET para S1, S2 e S3);
- Teste de Robustez 3: alteração do modelo de infiltração (substituição de GREEN_AMPT por HORTON em todas as sub-bacias).

Os parâmetros utilizados no modelo de infiltração de Horton foram: taxa máxima de infiltração de 3,0, taxa mínima de infiltração de 0,5, descaimento constante igual a 4, tempo seco de 7 e volume máximo igual a 0.

Tabela 32 – Alteração do percentual de área impermeável (Teste 1)

Parâmetro	Sub-bacia		
	S1	S2	S3
Área (ha)	1.62	1.62	1.62
Largura (m)	122	122	122
% Declividade	0.50	0.50	0.50
% Impermeável	80	30	20
n-Impermeável	0.02	0.015	0.01
n-Permeável	0.04	0.30	0.1
PA-Impermeável	1.25	1.25	1.25
PA-Permeável	1.25	1.25	1.25
% A. imp s/ arm.	25	25	25
Prog.Escoamento	OUTLET	OUTLET	OUTLET
% Propagada	100	100	100
Infiltração	GREEN_AMPT	GREEN_AMPT	GREEN_AMPT

Fonte: Autor (2025).

Tabela 33 – Alteração do tipo de propagação do escoamento (Teste 2)

Parâmetro	Sub-bacia		
	S1	S2	S3
Área (ha)	1.62	1.62	1.62
Largura (m)	122	122	122
% Declividade	0.50	0.50	0.50
% Impermeável	50	50	50
n-Impermeável	0.02	0.015	0.01
n-Permeável	0.04	0.30	0.1
PA-Impermeável	1.25	1.25	1.25
PA-Permeável	1.25	1.25	1.25
% A. imp s/ arm.	25	25	25
Prog.Escoamento	IMPREVIOUS	PREVIOUS	OUTLET
% Propagada	100	100	100
Infiltração	GREEN_AMPT	GREEN_AMPT	GREEN_AMPT

Fonte: Autor (2025).

Tabela 34 – Alteração do modelo de infiltração (Teste 3)

Parâmetro	Sub-bacia		
	S1	S2	S3
Área (ha)	1.62	1.62	1.62
Largura (m)	122	122	122
% Declividade	0.50	0.50	0.50
% Impermeável	50	50	50
n-Impermeável	0.02	0.015	0.01

n-Permeável	0.04	0.30	0.1
PA-Impermeável	1.25	1.25	1.25
PA-Permeável	1.25	1.25	1.25
% A. imp s/ arm.	25	25	25
Prog.Escoamento	OUTLET	OUTLET	OUTLET
% Propagada	100	100	100
Infiltração	HORTON	HORTON	HORTON

Fonte: Autor (2025).

As Tabelas 35, 36, 37, 38, 39 e 40 apresentam os resultados das calibrações de N-Imperv e N-Perv para cada um dos testes realizados.

Tabela 35 – Resultados da simulação de N-Imperv para o Teste 1

N-Imperv (Superfícies Impermeáveis)				
Sub-bacia	Calibrado	Gabarito	Desvio Absoluto	Erro Relativo Absoluto (%)
S1	0.0200	0.0200	0.00001	0.03%
S2	0.0149	0.0150	0.00009	0.59%
S3	0.0100	0.0100	0.00000	0.00%

Fonte: Autor (2025).

Tabela 36 – Resultados da simulação de N-Perv para o Teste 1

N-Perv (Superfícies Permeáveis)				
Sub-bacia	Calibrado	Gabarito	Desvio Absoluto	Erro Relativo Absoluto (%)
S1	0.0590	0.0400	-0.01900	47.50%
S2	0.3645	0.3000	-0.06452	21.51%
S3	0.1570	0.1000	-0.05703	57.03%

Fonte: Autor (2025).

Tabela 37 – Resultados da simulação de N-Imperv para o Teste 2

N-Imperv (Superfícies Impermeáveis)				
Sub-bacia	Calibrado	Gabarito	Desvio Absoluto	Erro Relativo Absoluto (%)
S1	0.0199	0.0200	0.0001	0.34%
S2	0.0142	0.0150	0.0008	5.53%
S3	0.0100	0.0100	0.0000	0.00%

Fonte: Autor (2025).

Tabela 38 – Resultados da simulação de N-Perv para o Teste 2

N-Perv (Superfícies Permeáveis)				
Sub-bacia	Calibrado	Gabarito	Desvio Absoluto	Erro Relativo Absoluto (%)
S1	0.1218	0.0400	0.0818	204.38%
S2	0.3067	0.3000	0.0067	2.22%
S3	0.1403	0.1000	0.0403	40.31%

Fonte: Autor (2025).

Tabela 39 – Resultados da simulação de N-Imperv para o Teste 3

N-Imperv (Superfícies Impermeáveis)				
Sub-bacia	Calibrado	Gabarito	Desvio Absoluto	Erro Relativo Absoluto (%)
S1	0.0200	0.0200	0.0000	0.00%
S2	0.0150	0.0150	0.0000	0.00%
S3	0.0100	0.0100	0.0000	0.00%

Fonte: Autor (2025).

Tabela 40 – Resultados da simulação de N-Perv para o Teste 3

N-Perv (Superfícies Permeáveis)				
Sub-bacia	Calibrado	Gabarito	Desvio Absoluto	Erro Relativo Absoluto (%)
S1	0.1627	0.0400	0.1227	306.80%
S2	0.2323	0.3000	0.0677	22.56%
S3	0.1735	0.1000	0.0735	73.54%

Fonte: Autor (2025).

4.1.8.1 Teste de Robustez 1

O Teste de Robustez 1 produziu erro médio de 42,01%, representando aumento moderado de 3,25 pontos percentuais em relação ao *baseline* (38,76%). A alteração mais notável ocorreu na sub-bacia S2, cujo erro aumentou significativamente de 2,63% para 21,51%. Este resultado sugere que o percentual de área impermeável influencia a identificabilidade do N-Permeável, provavelmente porque maiores proporções de áreas permeáveis (70% em S2 no Teste de Robustez, contra 50% no *baseline*) tornam o parâmetro mais identificável, mas também mais suscetível a compensações com outros parâmetros do modelo.

É importante notar que a sub-bacia S1 apresentou melhoria na calibração, com redução do erro de 57,55% para 47,50%, indicando que o aumento da área impermeável para 80% paradoxalmente facilitou a identificação do N-Permeável. Este comportamento contraintuitivo pode ser explicado pela redução do espaço de soluções equifinais: com maior área impermeável, o N-Permeável tem menor influência relativa no hidrograma de saída, tornando sua calibração mais estável e menos sujeita a compensações.

4.1.8.2 Teste de Robustez 02

O Teste de Robustez 2 revelou o maior impacto entre todos os cenários, com erro de 82,30%, representando aumento de 43,54 pontos percentuais em relação ao *baseline* (que era de 38,76%). O resultado mais crítico foi observado na sub-bacia S1, que registrou erro bastante elevado de 204,38% quando configurada com propagação do tipo IMPERVIOUS. Este comportamento indica incompatibilidade estrutural entre a configuração de propagação e o processo físico que governa o escoamento em superfícies permeáveis.

A propagação exclusivamente por superfícies impermeáveis elimina ou distorce severamente a contribuição das áreas permeáveis no hidrograma resultante, tornando o N-Permeável basicamente não-identificável ou forçando o algoritmo a convergir para valores compensatórios irrealistas. A sub-bacia S2, configurada com propagação PERVIOUS, manteve excelente calibração (2,22%), demonstrando que quando a propagação é adequadamente configurada para refletir a natureza física do processo, o N-Permeável pode ser identificado com erro menor.

4.1.8.3 Teste de Robustez 03

O Teste de Robustez 3 produziu os piores resultados observados em toda a análise, com erro médio de 134,30%, valor 3,5 vezes superior ao *baseline* (38,76%). A substituição do modelo de infiltração de Green-Ampt por Horton impactou dramaticamente todas as sub-bacias, com destaque para S1 (erro de 306,80%). Este resultado evidencia que o coeficiente N-Permeável possui forte acoplamento com o modelo de infiltração escolhido.

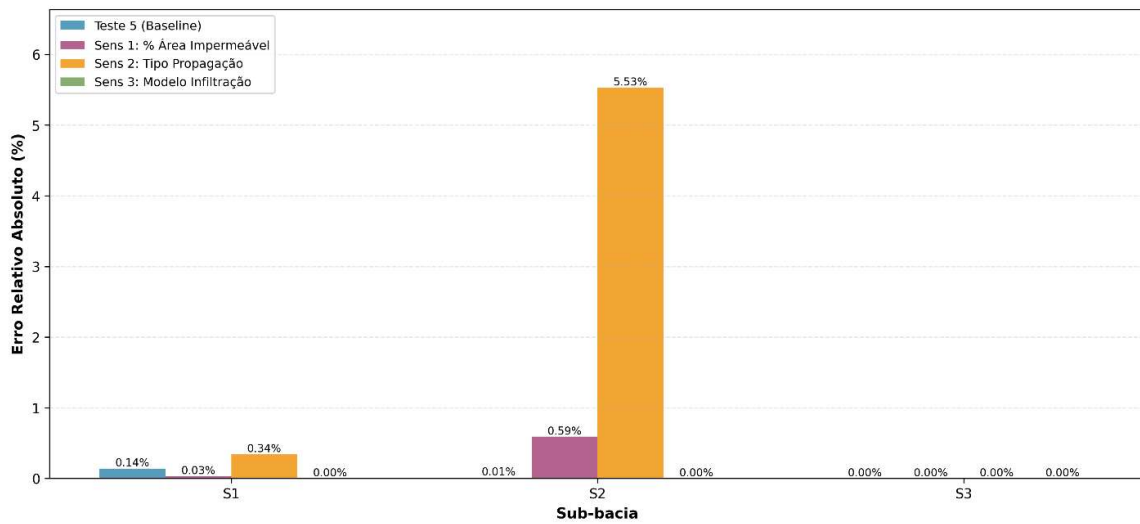
A divergência entre os modelos de Green-Ampt e Horton reside em suas formulações físico-matemáticas fundamentais. O modelo de Green-Ampt baseia-se na equação de Richards simplificada com frente de umedecimento definida, enquanto o modelo de Horton utiliza função exponencial empírica de decaimento da capacidade de infiltração. Esta diferença

estrutural altera significativamente a partição entre infiltração e escoamento superficial, forçando o algoritmo de calibração a compensar as discrepâncias através de valores irrealistas de N-permeável.

4.1.8.4 Análise dos resultados dos testes de robustez

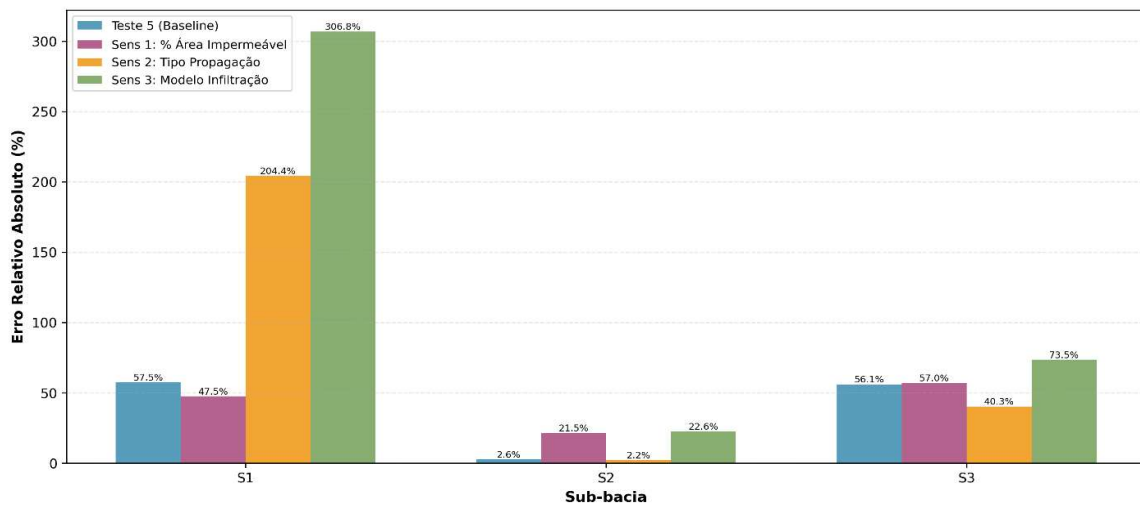
As Figuras 58 e 59 introduzem os gráficos com os erros calculados entre os testes de sensibilidade o teste *baseline* (Teste 5).

Figura 58 – Análise de robustez: erros para coeficiente de Manning impermeável



Fonte: Autor (2025).

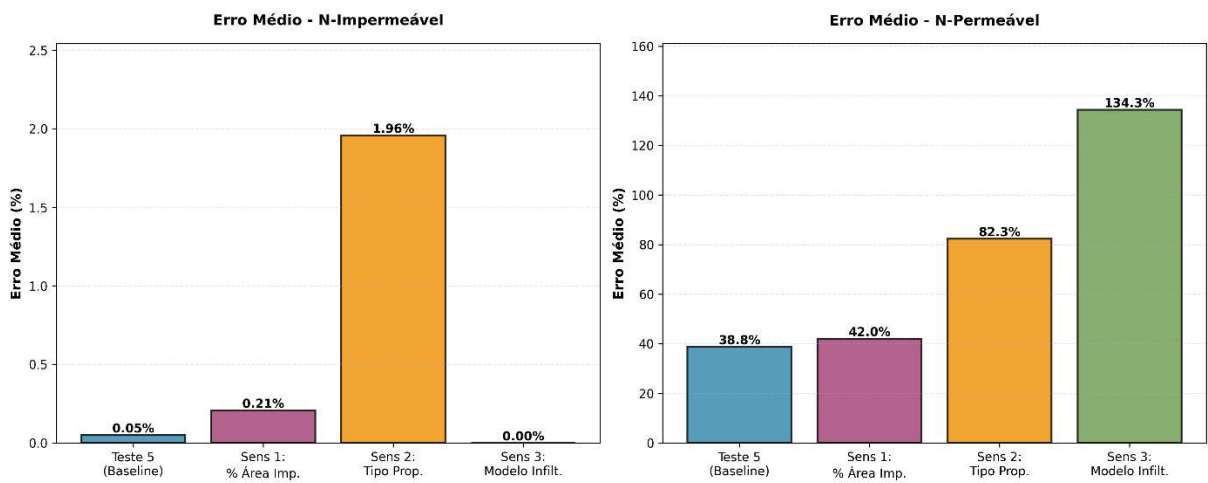
Figura 59 – Análise de robustez: erros para coeficiente de Manning permeável



Fonte: Autor (2025).

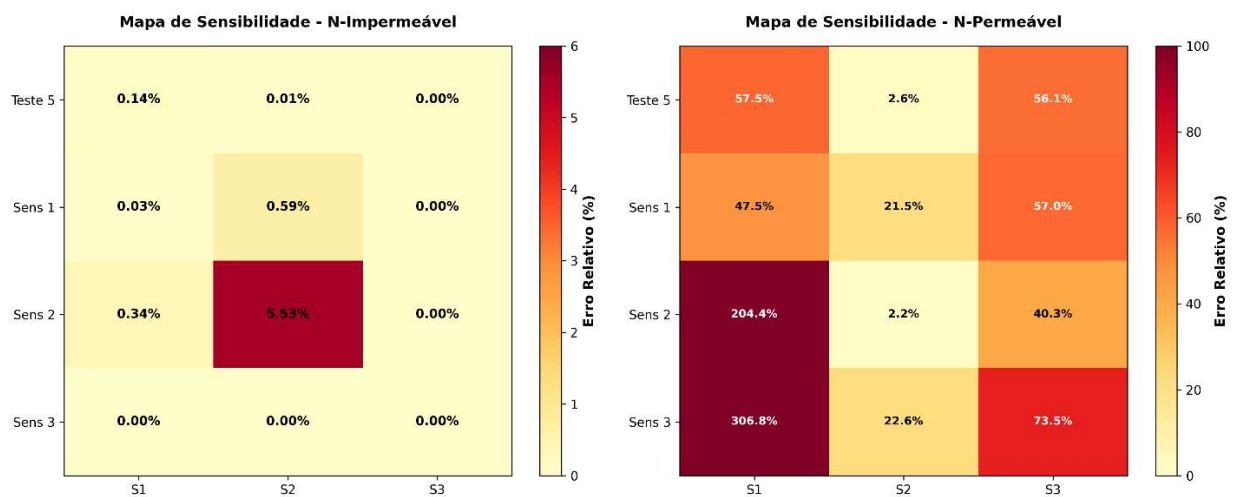
Para o N-Permeável, observa-se progressão nos erros médios: 38,76% (*baseline*), 42,01% (Teste 1), 82,30% (Teste 2) e 134,30% (Teste 3). Este comportamento demonstra que a Robustez do N-Permeável segue hierarquia específica: menor sensibilidade ao percentual de área impermeável, sensibilidade moderada ao tipo de propagação, e alta sensibilidade ao modelo de infiltração. As Figuras 60 e 61 contêm os gráficos com os erros médios calculados para N-Imperv e N-Perv nos três testes de robustez realizados, assim como o teste *baseline*, Teste 5.

Figura 60 – Comparação dos erros médios entre Teste 5 e testes de robustez



Fonte: Autor (2025).

Figura 61 – Matriz de sensibilidade dos parâmetros



Fonte: Autor (2025).

Logo, a configuração adequada do tipo de propagação do escoamento é crítica para a identificabilidade do N-Permeável. Recomenda-se utilizar configuração OUTLET

(propagação para o exutório) como padrão, evitando configurações IMPERVIOUS ou PERVIOUS que possam distorcer a representação física dos processos hidrológicos.

O modelo de Green-Ampt demonstrou maior estabilidade na calibração do N-Permeável e deve ser preferido quando dados adequados de solos estiverem disponíveis. Os resultados confirmam que dados de vazão de escoamento superficial são superiores aos dados de profundidade para calibração de coeficientes de Manning. Esta metodologia deve ser priorizada sempre que dados observacionais de vazão estiverem disponíveis.

4.1.9 Teste de Sensibilidade dos parâmetros de rugosidade

Com o objetivo de avaliar a influência dos coeficientes de rugosidade de Manning nas respostas hidrológicas simuladas, foi realizada uma análise de sensibilidade por meio do módulo desenvolvido no programa criado pelo autor. Nessa etapa, os parâmetros de rugosidade das áreas impermeáveis (N-Imperv) e permeáveis (N-Perv) foram variados em torno dos valores obtidos na calibração base. As faixas de variação consideradas abrangeram valores entre 0,005 e 0,024 para o N-Imperv e entre 0,030 e 0,50 para o N-Perv, permitindo observar o comportamento do modelo frente a alterações graduais em cada parâmetro. A análise foi conduzida mantendo um dos parâmetros fixo enquanto o outro era modificado, resultando em um total de 16 simulações automáticas. A partir desses resultados, o programa calculou os índices de sensibilidade para as variáveis de saída vazão de pico, eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE) e erro quadrático médio (RMSE). Foram calculados Índices de Sensibilidade para as sub-bacias S1, S2 e S3 utilizando como *baseline* o Teste 5.

Os relatórios dos testes de sensibilidade e os gráficos gerados pelo Programa 1 estão todos disponíveis no Apêndice C desta tese.

4.1.9.1 Sensibilidade ao Coeficiente N-Imperv

A vazão de pico demonstrou notável estabilidade frente às variações de N-Imperv, com alterações inferiores a 0.02% em todas as sub-bacias. Os índices de sensibilidade calculados foram S1: 0.0002, S2: 0.0002 e S3: 0.0002. Esta baixa sensibilidade indica que o coeficiente de Manning para superfícies impermeáveis exerce pouca influência sobre o valor máximo instantâneo de vazão, sugerindo que outros fatores (como área impermeável e declividade) são mais determinantes para a magnitude do pico.

Todavia, as métricas de aderência global do modelo, RMSE e NSE, mostraram-se muito mais sensíveis. A sub-bacia S1, por exemplo, apresentou os maiores índices de sensibilidade para ambas: 3.154 para o RMSE e 0.0326 para o NSE.

Tabela 41 - Métricas de Ajuste (RMSE e NSE)

Sub-bacia	N-Imperv		
	Sensibilidade RMSE	Varição RMSE (L/s)	Sensibilidade NSE
S1	3.154	0.096 - 3.774	0.0326
S2	1.789	0.112 - 1.505	0.0052
S3	1.46	0.011 - 1.468	0.0049

Fonte: Autor (2025).

A discrepância entre a estabilidade da vazão de pico e a sensibilidade do RMSE (Tabela 41) evidencia que N-Imperv afeta primariamente a forma do hidrograma (*timing* e distribuição temporal), sem alterar significativamente sua magnitude máxima. Valores menores de N-Imperv aceleram o escoamento superficial, modificando o tempo de concentração e a curva de recessão, mas mantendo o volume total e o pico relativamente constantes devido às características geométricas da bacia.

4.1.9.2 Sensibilidade ao Coeficiente N-Perv

N-Perv demonstrou influência mais pronunciada sobre a vazão de pico, com índices de sensibilidade aproximadamente 50 vezes superiores aos de N-Imperv. Os índices de sensibilidade calculados foram de 0,0105 (Q_{pico}) para as três sub-bacias.

Tabela 42 - Comportamento do RMSE em relação a N-Perv

Sub-bacia	N-Perv		
	Sensibilidade RMSE	Faixa ótima N-Perv	RMSE mínimo (L/s)
S1	0.569	0.050 - 0.100	0.041
S2	2.505	0.300 - 0.500	0.004
S3	1.469	0.100 - 0.200	0.012

Fonte: Autor (2025).

Observa-se que S2, caracterizada por maior rugosidade de áreas permeáveis (N-Perv calibrado = 0.292), apresenta sensibilidade de RMSE (Tabela 42) significativamente

superior, sugerindo que sub-bacias com maior proporção de cobertura vegetal ou solos rugosos são mais sensíveis a este parâmetro.

4.2 Programa 2

Os coeficientes de Manning dos trechos da Rede 2 foram calibrados para cinco disposições diferentes de trechos com dados observados de altura de lâmina d'água. A Tabela 43 mostra quais foram as disposições adotadas e os respectivos trechos com dados observados de altura de lâmina d'água.

Tabela 43 – Disposições dos trechos com dados observados de pressão (Rede 1)

Trechos analisados	Quantidade de trechos com dados observados
T1	1
T1 e T3	2
T1, T3 e T5	3
T1, T3, T5 e T7	4
T1, T3, T5, T7 e T9	5
T1, T2, T3, T4, T5, T8 e T9	7

Fonte: Autor (2025)

As calibrações foram realizadas seguindo uma metodologia híbrida que combina calibração direta com dados observados e predição por algoritmos de Machine Learning. Para cada configuração analisada, os trechos com dados observados de profundidade da lâmina d'água foram inicialmente calibrados utilizando método iterativo da Falsa Posição baseado em interpolação linear, buscando a convergência dos coeficientes de Manning dentro de limites fisicamente aceitáveis (0,001 a 0,100).

Os coeficientes calibrados serviram como dados de treinamento para os algoritmos de Machine Learning, permitindo a predição de coeficientes para trechos sem monitoramento direto. O processo de treinamento utilizou como variáveis independentes as propriedades geométricas dos condutos (declividade, comprimento, diâmetro) e características hidráulicas obtidas por simulação (profundidade média e vazão média durante eventos).

Para garantir robustez estatística, foram geradas múltiplas simulações com diferentes combinações aleatórias de coeficientes de Manning, criando um *dataset* sintético abrangente. O número de iterações (10, 100, 1000) representa diferentes volumes deste *dataset*

de treinamento, permitindo avaliar o impacto da quantidade de dados na performance preditiva dos algoritmos.

4.2.1 Resumo geral dos resultados e discussões (Programa 2)

A Tabela 44 evidencia uma tendência de melhoria da capacidade preditiva dos algoritmos com o aumento do número de trechos monitorados e do volume de dados de treinamento. Esta melhoria condiz com os princípios fundamentais de Machine Learning, onde maior representatividade amostral resulta em modelos mais precisos e generalizáveis.

Tabela 44 – R² por combinação de trechos com dados de profundidade observados

Previsão	Iterações	R ² por combinação de trechos com dados observados de profundidade					
		T1	T1 E T3	T1, T3 E T5	T1, T3, T5 E T7	T1, T3, T5, T7 E T9	T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 E T9
HÍBRIDO	10	0.1116	0.259	0.529	0.782	0.55	0.9368
	100	0.5006	0.6428	0.721	0.829	0.8419	0.7534
	1000	0.5834	0.5861	0.6966	0.7857	0.8855	0.8635
LINEAR	10	0.0858	0.259	0.4096	0.7042	0.5206	0.7974
	100	0.3823	0.5954	0.6848	0.7375	0.6969	0.6942
	1000	0.4477	0.5036	0.6213	0.6725	0.7688	0.7253
RF	10	0.0481	0.0286	0.7064	0.8361	0.4141	0.6336
	100	0.6173	0.6346	0.6793	0.8943	0.9738	0.8935
	1000	0.6555	0.6232	0.7296	0.8757	0.9921	0.9968
RIDGE	10	0.0895	0.1143	0.3752	0.6574	0.5	0.7034
	100	0.3823	0.6405	0.6849	0.7373	0.6987	0.399
	1000	0.4477	0.6537	0.6213	0.6725	0.7688	0.5901
SVR	10	-0.1133	0.2661	0.8966	0.9105	0.3636	0.8145
	100	0.3346	0.5689	0.7475	0.8377	0.8473	0.3064
	1000	0.4353	0.4927	0.6272	0.7182	0.8374	0.6776

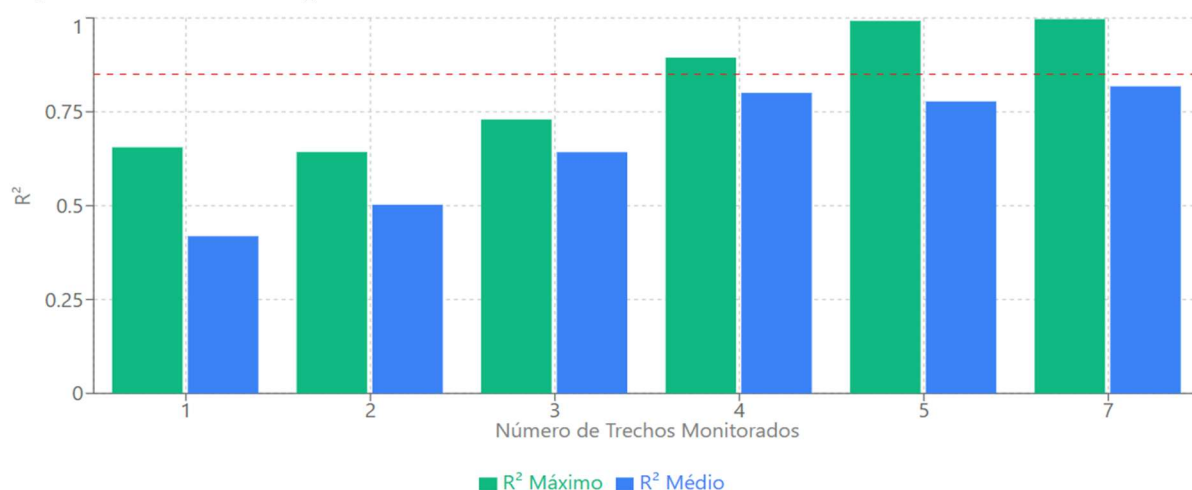
Fonte: Autor (2025).

O Programa 2 avaliou a calibração de coeficientes de Manning em redes de drenagem utilizando uma metodologia híbrida que combina calibração direta por falsa posição com predição por algoritmos de Machine Learning. Foram testados cinco métodos de previsão (Híbrido, Linear, Random Forest, Ridge e SVR) em seis configurações diferentes, variando o

número de trechos com dados observados de profundidade da lâmina d'água: desde apenas um trecho monitorado (T1) até sete trechos (T1, T2, T3, T4, T5, T8 e T9).

O gráfico da Figura 62 demonstra a progressão da performance com o aumento estratégico do número de trechos instrumentados. Os resultados mostram uma melhoria contínua, desde R^2 de 0,656 com um único trecho até 0,997 com sete trechos monitorados, representando 78% da rede total. Esta progressão evidencia que não há saturação do monitoramento nas configurações testadas, indicando que a seleção estratégica de pontos de monitoramento pode maximizar a informação hidráulica capturada sem necessidade de instrumentação completa da rede.

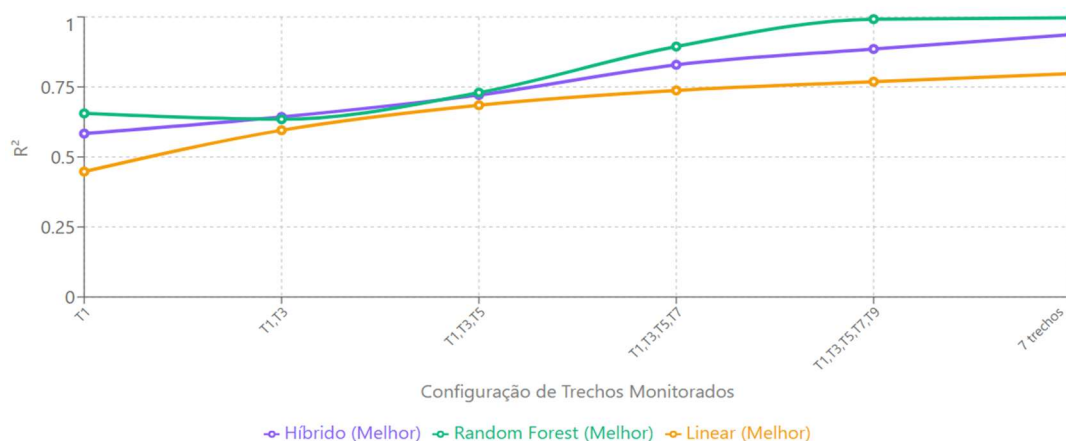
Figura 62 – Gráfico de ponto ótimo de melhoramento



Fonte: Autor (2025).

Já o gráfico da Figura 63 compara a performance máxima dos três principais métodos (Híbrido, Random Forest e Linear) considerando o melhor resultado obtido independentemente do número de simulações. Esta abordagem revela o potencial real de cada algoritmo. Random Forest demonstra melhor performance, atingindo R^2 de 0,997 na configuração de sete trechos, seguido pelo método Híbrido com 0,937, enquanto métodos lineares mostram limitações estruturais com performance máxima de 0,797.

Figura 63 – Gráfico de performance dos métodos: melhor resultado por configuração



Fonte: Autor (2025).

A Tabela 45 apresenta os erros relativos médios entre as profundidades calibradas e os gabaritos calculados por configuração de trechos com dados disponíveis para cada um dos métodos de predição utilizados. As Tabelas completas encontram-se no Apêndice B. A Tabela 46 apresenta os erros médios calculados em relação ao coeficiente de Manning.

Tabela 45 – Erro médio relativo calculado entre as profundidades calibradas e os gabaritos

Método	Erro Médio Relativo de lâmina d'água (%)					
	T1	T1,T3	T1,T3,T5	T1,T3,T5,T7	T1,T3,T5,T7 eT9	T1,T2,T3,T4,T5,T8 eT9
Híbrido	25.95%	20.89%	14.85%	11.50%	9.02%	0.86%
Linear	25.48%	21.31%	17.02%	11.55%	8.93%	4.49%
Random Forest	26.21%	22.56%	14.88%	10.85%	9.08%	5.61%
Ridge	25.47%	23.49%	15.49%	11.60%	8.93%	2.58%
SVR	23.63%	21.62%	13.31%	16.46%	10.21%	4.53%

Fonte: Autor (2025).

Tabela 46 - Erro médio relativo calculado entre os coeficientes de Manning calibrados e os gabaritos

Método	Erro Médio Relativo do Coeficiente de Manning (%)					
	T1	T1,T3	T1,T3,T5	T1,T3,T5,T7	T1,T3,T5,T7 eT9	T1,T2,T3,T4,T5,T8 eT9
Híbrido	56.51%	44.83%	34.43%	26.10%	20.26%	0.98%
Linear	55.43%	46.89%	37.76%	27.48%	20.59%	6.41%
Random Forest	55.75%	48.23%	35.40%	24.30%	20.49%	7.43%
Ridge	55.42%	49.96%	37.89%	27.55%	20.59%	8.56%
SVR	51.82%	44.63%	39.90%	46.22%	23.44%	7.57%

Fonte: Autor (2025).

Os resultados demonstram que o aumento progressivo do número de trechos monitorados proporciona melhorias na capacidade preditiva de todos os métodos avaliados. Com apenas um trecho observado, os erros médios relativos para lâmina d'água variaram entre 23,63% e 26,21%, enquanto para o coeficiente de Manning ficaram entre 51,82% e 56,51%. Já na configuração com sete trechos monitorados, esses erros reduziram drasticamente para 0,86% a 5,61% na lâmina d'água e 0,98% a 8,56% no coeficiente de Manning, evidenciando ganhos de precisão superiores a 80% em relação às configurações com menor monitoramento.

O Método Híbrido destacou-se como a melhor abordagem geral, apresentando desempenho superior em praticamente todas as configurações testadas. Na configuração com sete trechos monitorados, o método alcançou erros baixos de 0,86% para lâmina d'água e 0,98% para o coeficiente de Manning, significativamente menores que os demais métodos. Esse resultado confirma a eficácia da estratégia que combina múltiplos algoritmos para capturar a complexidade das relações hidráulicas em redes de drenagem.

O Random Forest demonstrou performance consistente e estável ao longo de todas as configurações, evidenciando capacidade satisfatória na modelagem de relações não-lineares complexas. Com configurações intermediárias de três a cinco trechos monitorados, este método manteve erros competitivos e, em alguns casos, superou o método Híbrido, destacando-se particularmente na configuração com quatro trechos onde alcançou o menor erro relativo de lâmina d'água (10,85%). Esta estabilidade torna o Random Forest uma alternativa confiável quando não se dispõe de monitoramento extensivo da rede.

Os métodos de Regressão Linear e Ridge apresentaram comportamentos similares e limitações iniciais com poucos trechos monitorados, mas mostraram melhoria substancial com o aumento da base de dados. Os erros relativos para lâmina d'água reduziram de aproximadamente 25% com um trecho para 4,49% (Linear) e 2,58% (Ridge) com sete trechos. Estes resultados confirmam que relações lineares são adequadas para modelar parte significativa do comportamento hidráulico, especialmente quando há quantidade suficiente de dados de treinamento.

O Support Vector Regression (SVR) exibiu maior variabilidade nos resultados, apresentando desempenho competitivo com poucos trechos monitorados (erros de 23,63% e 51,82% com apenas T1), mas performance inferior em configurações intermediárias, particularmente com quatro trechos onde os erros de Manning atingiram 46,22%. Esta

variabilidade sugere maior sensibilidade do SVR à qualidade e distribuição espacial dos dados de treinamento, tornando-o menos previsível que os demais métodos.

Uma análise complementar sobre o impacto do volume de dados revelou que o incremento de 10 para 1000 iterações no processo de geração de cenários sintéticos proporcionou melhorias significativas, especialmente nas configurações com maior quantidade de trechos monitorados. O coeficiente de determinação (R^2) dos modelos evoluiu consideravelmente com este aumento, alcançando valores superiores a 0,88 para o método Híbrido e próximos a 1,0 para o Random Forest na configuração com sete trechos e 1000 iterações, demonstrando a importância da representatividade amostral para a precisão dos algoritmos de Machine Learning.

Em síntese, os resultados do Programa 2 evidenciam que a metodologia híbrida desenvolvida é a mais eficaz dentre as estudadas para calibração da rede de drenagem, com o método Híbrido apresentando desempenho superior geral. A configuração ótima identificada foi a utilização de sete trechos estrategicamente distribuídos na rede, combinada com volume extenso de dados sintéticos para treinamento (1000 iterações).

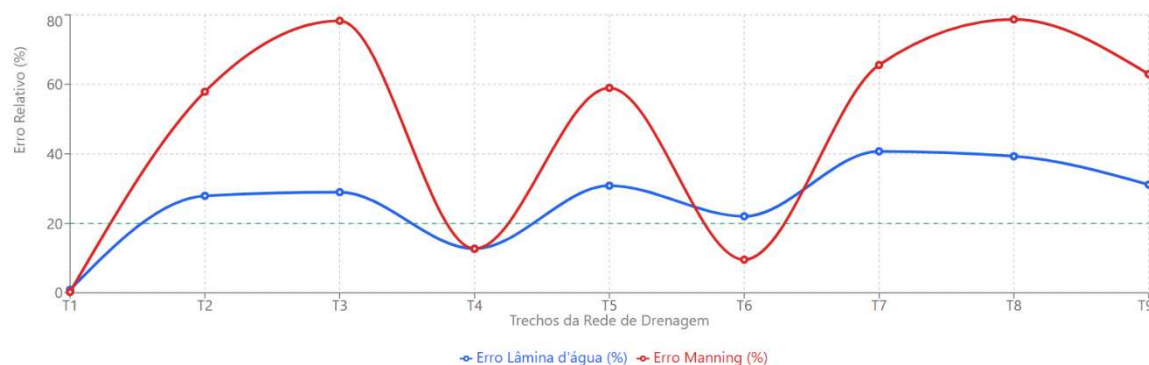
A metodologia híbrida implementada demonstrou eficácia ao combinar calibração direta por falsa posição para trechos com dados observados e predição por Machine Learning para trechos não monitorados. Na fase de calibração individual, o método da falsa posição utilizando o algoritmo de onda cinemática “KINWAVE” apresentou desempenho superior, convergindo consistentemente para soluções com erros relativos inferiores a 1% em praticamente todos os trechos calibrados. A escolha do KINWAVE para esta etapa mostrou-se estratégica, pois a simplificação das equações hidrodinâmicas elimina instabilidades numéricas e mantém uma relação monotônica direta entre o coeficiente de Manning e a resposta hidráulica, favorecendo a convergência rápida do método iterativo.

Posteriormente, o sistema transiciona para o método de onda dinâmica “DYNWAVE” durante a geração de cenários sintéticos para treinamento dos algoritmos de Machine Learning, capturando efeitos de remanso e propagação hidráulica que enriquecem significativamente o *dataset* de treinamento com interações complexas entre trechos da rede.

O gráfico da Figura 64 fornece evidência empírica do problema de equifinalidade através da comparação entre erros relativos na lâmina d'água e nos coeficientes de Manning. Os dados do método Híbrido com apenas T1 calibrado mostram que erros substanciais nos coeficientes de Manning (frequentemente superiores a 50-80%) não se traduzem proporcionalmente em erros nas profundidades simuladas (tipicamente entre 20-40%). Esta desconexão exemplifica como diferentes combinações paramétricas podem produzir respostas

hidráulicas similares, um fenômeno bem estabelecido na literatura hidrológica que limita a distinguibilidade de parâmetros em modelos complexos.

Figura 64 – Gráfico de evidência de equifinalidade: erro de lâmina vs erro de Manning



Fonte: Autor (2025).

5 CONCLUSÃO

O trabalho desenvolveu e validou duas ferramentas computacionais para calibração automática dos coeficientes de rugosidade de Manning em redes de drenagem urbana, considerando tanto o escoamento superficial nas sub-bacias quanto o escoamento em galerias.

Os resultados mostraram avanços importantes na redução de limitações metodológicas, especialmente quanto ao problema da equifinalidade e à aplicação de métodos híbridos que combinam algoritmos genéticos, métodos numéricos e aprendizado de máquina.

O Programa 1 tratou da calibração dos coeficientes de Manning em sub-bacias e demonstrou que a calibração baseada em dados de vazão é mais precisa que aquela baseada em profundidade, provavelmente devido ao impacto da interação com os outros elementos da rede nos dados de altura de lâmina d'água. A estratégia proposta para lidar com a equifinalidade, utilizando análises estatísticas das soluções com menores erros, mostrou-se eficaz e revelou que diferentes combinações de parâmetros podem gerar desempenhos equivalentes.

Através dos testes realizados foi possível concluir que o Programa 1 apresenta desempenho bastante satisfatório em calibrar o coeficiente de Manning para áreas impermeáveis. Todavia, observou-se também uma certa dificuldade em calibrar esse mesmo parâmetro para área permeáveis. Logo, conclui-se que o Manning permeável é um parâmetro sensível e de menor identificabilidade. A análise de sensibilidade (realizada no Programa 1) reforçou essa distinção: o N-Imperv (impermeável) demonstrou baixa influência sobre a vazão de pico, afetando primariamente a forma e o tempo do hidrograma. Em contraste, o N-Perv (permeável) revelou uma influência muito mais pronunciada sobre a vazão de pico, com índices

de sensibilidade cerca de 50 vezes superiores. Além disso, a sensibilidade ao N-Perv mostrou-se maior em sub-bacias já caracterizadas por maior rugosidade (como S2)

Os testes de robustez evidenciaram forte influência do modelo de infiltração e do tipo de propagação do escoamento sobre o coeficiente de Manning permeável, indicando que este não é um parâmetro independente, mas dependente das configurações adotadas no modelo SWMM. A configuração adequada do tipo de propagação do escoamento é crítica para a identificabilidade do N-Permeável. Nos casos em que não seja possível utilizar a configuração OUTLET (propagação para o exutório), recomenda-se realizar análise de sensibilidade dos parâmetros de rugosidade para as configurações IMPERVIOUS ou PERVIOUS, a fim de avaliar o impacto dessas simplificações na representação dos processos de escoamento superficial e garantir que os resultados não sejam significativamente comprometidos pela escolha do método de propagação. O modelo de Green-Ampt demonstrou maior estabilidade na calibração do N-Permeável e deve ser preferido quando dados adequados de solos estiverem disponíveis. Em contextos reais, pode ser necessário aceitar faixas amplas de valores aceitáveis para o N-Permeável ao invés de buscar valor único ótimo.

O Programa 2 apresentou uma metodologia híbrida que combina o método da falsa posição com algoritmos de aprendizado de máquina, voltada à estimativa de parâmetros em trechos não monitorados. A integração entre os algoritmos KINWAVE e DYNWAVE mostrou-se eficiente. Porém, resultados apontaram que o aumento do número de trechos monitorados impacta a precisão preditiva. Com cerca de 78% da rede instrumentada, obtiveram-se erros inferiores a 1%, comprovando a inviabilidade de calibrações de alta qualidade em cenários com dados limitados.

Entre os algoritmos testados, o método Híbrido e o Random Forest apresentaram os melhores desempenhos, enquanto o aumento do volume de dados sintéticos para treinamento melhorou consideravelmente os resultados, reforçando a importância da representatividade amostral.

A análise do problema da equifinalidade mostrou que grandes variações nos coeficientes de Manning nem sempre resultam em erros equivalentes nas profundidades simuladas, evidenciando as limitações na identificação de parâmetros em modelos complexos.

As ferramentas desenvolvidas atendem às necessidades práticas da engenharia de drenagem urbana, principalmente em contextos com poucos dados de monitoramento. As interfaces gráficas e a estrutura modular em Python favorecem o uso, a ampliação e a adaptação das ferramentas.

Metodologicamente, a tese demonstrou que a combinação entre modelos físicos, algoritmos de otimização e aprendizado de máquina é uma estratégia eficaz para calibração automática, aproveitando as vantagens de cada técnica. As principais limitações identificadas incluem a dependência da qualidade dos dados observacionais e a necessidade de testes em redes mais complexas.

Para estudos futuros, recomenda-se prioritariamente a aplicação das ferramentas em redes reais de drenagem urbana com dados de monitoramento contínuo. A utilização de dados observacionais é fundamental para identificar padrões e correlações entre características físicas das bacias (declividade, uso do solo, taxa de impermeabilização, densidade de edificações) e os parâmetros calibrados, permitindo o desenvolvimento de relações empíricas regionalizadas que possam ser extrapoladas para bacias não instrumentadas. A análise de múltiplas redes reais pode revelar tendências sistemáticas nos coeficientes de Manning em função de tipologias urbanas específicas (residencial, comercial, industrial), condições de manutenção da infraestrutura e materiais dos condutos, contribuindo para estabelecer valores de referência mais representativos da realidade brasileira.

A expansão da calibração automática deve incluir outros parâmetros críticos para o dimensionamento hidráulico-hidrológico no SWMM, tais como: largura característica das sub-bacias, declividade média, armazenamento em depressões superficiais, parâmetros de infiltração e geometrias de seções transversais de condutos, por exemplo. Dados reais permitiriam avaliar a interdependência entre esses parâmetros e identificar quais combinações produzem melhores resultados em diferentes contextos urbanos. A integração das ferramentas com plataformas de monitoramento em tempo real e sistemas de alerta de inundações urbanas pode constituir aplicação prática de alto valor para gestão de emergências. No geral, a pesquisa confirmou que abordagens híbridas são alternativa eficiente e viável para calibração automática de modelos de drenagem urbana, oferecendo contribuições práticas e metodológicas relevantes, especialmente para cenários com escassez de dados.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, S. A. *et al.* A framework for parameter estimation, sensitivity analysis, and uncertainty analysis for holistic hydrologic modeling using SWAT+. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 28, p. 21-48, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-28-21-2024>. Acesso em: 15 set. 2025.
- ABDALLA, E. M. H. *et al.* Evaluating different machine learning methods to simulate runoff from extensive green roofs. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 25, p. 5917-5935, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-25-5917-2021>. Acesso em: 02 out. 2025.
- ADEKUNLE, A. *et al.* Analysis of flow in water distribution network using numerical and experimental modelling. **Acta Technica Corviniensis: bulletin of engineering**, Hunedoara, v. 14, n. 4, p. 25-28, 2021.
- AHMADI, H. *et al.* Automated calibration of SWMM for improved stormwater model development and application. **Hydrology**, Basel, v. 12, n. 129, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/hydrology12060129>. Acesso em: 20 set. 2025.
- ALIZADEH, Z.; YAZDI, J. Calibration of hydrological models for ungauged catchments by automatic clustering using a differential evolution algorithm: the Gorganrood river basin case study. **Journal of Hydroinformatics**, London, v. 25, n. 3, p. 645-662, 2023. DOI: <https://doi.org/10.2166/hydro.2023.081>. Acesso em: 05 out. 2025.
- ASSAF, M. N. *et al.* New optimization strategies for SWMM modeling of stormwater quality applications in urban area. **Journal of Environmental Management**, London, v. 361, 121244, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121244>. Acesso em: 10 out. 2025.
- AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNÁNDEZ, M. F. **Manual de hidráulica**. 9. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2015. ISBN 978-85-2120-500-5.
- BALLIÑAS-GONZÁLEZ, H. A. *et al.* Sensitivity analysis of the rainfall-runoff modeling parameters in data-scarce urban catchment. **Hydrology**, Basel, v. 7, n. 4, 73, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/hydrology7040073>. Acesso em: 12 set. 2025.
- BAYAS-JIMÉNEZ, L.; IGLESIAS-REY, P. L.; MARTÍNEZ-SOLANO, F. J. Multi-objective optimization of drainage networks for flood control in urban area due to climate change. **Proceedings**, Basel, v. 48, n. 27, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ECWS-4-06451>. Acesso em: 25 set. 2025.
- BEHROUZ, M. S. *et al.* A new tool for automatic calibration of the Storm Water Management Model (SWMM). **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 581, 124436, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124436>. Acesso em: 08 out. 2025.
- BEVEN, K. A manifesto for the future of hydrology: equifinality and uncertainty. **Hydrological Processes**, Chichester, v. 20, n. 1, p. 18-20, 2006.
- BREIMAN, L. Random forests. **Machine Learning**, New York, v. 45, n. 1, p. 5-32, 2001.

CHAPRA, S. C.; CANALE, R. P. **Numerical methods for engineers**. 6. ed. Boston: McGraw-Hill Higher Education, 2010.

CHAUDHRY, M. H. **Open-channel flow**. 2. ed. New York: Springer, 2008.

CHOW, V. T. **Open-channel hydraulics**. New York: McGraw-Hill, 1959.

DEL GIUDICE, G.; PADULANO, R. Sensitivity analysis and calibration of a rainfall-runoff model with the combined use of EPA-SWMM and genetic algorithm. **Acta Geophysica**, Warsaw, v. 64, n. 5, p. 1753-1778, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1515/acgeo-2016-0062>. Acesso em: 18 out. 2025.

DIAZ-ORTIZ, J. *et al.* Water distribution system calibration using the Finite Element Method coupled to a Genetic Algorithm. **Journal of Water Process Engineering**, Amsterdam, v. 54, 104017, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104017>. Acesso em: 14 set. 2025.

DRUCKER, H. *et al.* Support vector regression machines. *In*: MOZER, M. C.; JORDAN, M. I.; PETSCHKE, T. (ed.). **Advances in neural information processing systems 9** (NIPS 1996). Cambridge, MA: MIT Press, 1997. p. 155-161.

EKMEKCIOĞLU, Ö. *et al.* Investigation of the low impact development strategies for highly urbanized area via auto-calibrated Storm Water Management Model (SWMM). **Water Science & Technology**, London, v. 84, n. 9, p. 2194-2213, 2021. DOI: [10.2166/wst.2021.432](https://doi.org/10.2166/wst.2021.432). Acesso em: 30 set. 2025.

EPA (United States Environmental Protection Agency). **Storm Water Management Model (SWMM) user's manual version 5.1**. Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency, 2015.

FAN, F. M. *et al.* Avaliação de um método de propagação de cheias em rios com aproximação inercial das equações de Saint-Venant. **RBRH: revista brasileira de recursos hídricos**, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 137-147, out./dez. 2014. DOI: [10.2113/RBRH.v19n4.p137-147](https://doi.org/10.2113/RBRH.v19n4.p137-147). Acesso em: 04 out. 2025.

FARAHANI, M. A. *et al.* Calibrating a large-domain land/hydrology process model in the age of AI: the SUMMA CAMELS emulator experiments. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 29, p. 4515-4537, 2025. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-29-4515-2025>. Acesso em: 22 set. 2025.

FASSONI-ANDRADE, A. C. *et al.* Comparison of numerical schemes of river flood routing with an inertial approximation of the Saint-Venant equations. **RBRH**, Porto Alegre, v. 23, n. 10, p. 68-79, 12 mar. 2018.

FENG, Y.; HUANG, X.; MA, D. A comparative analysis of auto-calibration strategies for the urban hydrologic model. **Hydrology Research**, London, v. 56, n. 8, p. 636-652, 2025. DOI: <https://doi.org/10.2166/nh.2025.159>. Acesso em: 11 out. 2025.

FREITAS, L. H. de. **Modelo hidrodinâmico para análise do transporte de sedimentos em rede de drenagem urbana utilizando o software SWMM+**. 2024. Dissertação (Mestrado

em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2024.

FRIEDMAN, J. H. Greedy function approximation: a gradient boosting machine. **The Annals of Statistics**, Hayward, v. 29, n. 5, p. 1189-1232, 2001.

GRANATA, F.; DI NUNNO, F.; MODONI, G. Hybrid machine learning models for soil saturated conductivity prediction. **Water**, Basel, v. 14, n. 11, p. 1729, 2022. DOI: 10.3390/w14111729. Acesso em: 16 set. 2025.

HASAN, F. *et al.* Advancing hydrology through machine learning: insights, challenges, and future directions using the CAMELS, Caravan, GRDC, CHIRPS, PERSIANN, NLDAS, GLDAS, and GRACE datasets. **Water**, Basel, v. 16, 1904, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/w16131904>. Acesso em: 09 out. 2025.

HERRERA, P. A.; MARAZUELA, M. A.; HOFMANN, T. Parameter estimation and uncertainty analysis in hydrological modeling. **WIREs Water**, Hoboken, v. 9, n. 1, e1569, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/wat2.1569>. Acesso em: 27 set. 2025.

JADHAO, R. D.; GUPTA, R. Calibration of water distribution network of the Ramanagar zone in Nagpur City using online pressure and flow data. **Applied Water Science**, Berlin, v. 8, n. 29, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0672-3>. Acesso em: 01 out. 2025.

JIN, X.; JIN, Y. Calibration of a distributed hydrological model in a data-scarce basin based on GLEAM datasets. **Water**, Basel, v. 12, n. 3, p. 897, 2020. DOI: 10.3390/w12030897. Acesso em: 23 set. 2025.

KAUR, M.; HEWAGE, K.; SADIQ, R. Investigating temporal dynamics of urban densification on the buried water infrastructure performance. **Cities**, London, v. 129, p. 103836, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103836>. Acesso em: 07 out. 2025.

KHADKA, A. *et al.* Towards natural water cycle in urban areas: modelling stormwater management designs. **Urban Water Journal**, London, v. 17, p. 587-597, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2019.1700285>. Acesso em: 19 set. 2025.

KHAN, W. A. Numerical and simulation analysis of nonparison of hydraulic network problem base on higher-order efficiency approach. **Alexandria Engineering Journal**, Alexandria, v. 60, p. 4889-4903, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.03.044>. Acesso em: 13 out. 2025.

KUHANESTANI, P. K.; BOMERS, A.; BOOIJ, M. J. **Hydraulic river model calibration and validation for comprehensive hydrograph simulation**: evaluating accuracy across discharge ranges. Enschede: University of Twente, 2025. Disponível em: <https://research.utwente.nl>. Acesso em: 28 out. 2025.

KUMAR, M. S.; RAO, S. V. A. Applications of machine learning in computer vision: a review. **Nanotechnology Perceptions**, Basel, v. 20, n. S14, 2024.

- KWON, S. H. *et al.* Incorporating pipe age and sizes into pipe roughness coefficient estimation for urban flood modeling: a scenario-based roughness approach. **Sustainability**, Basel, v. 17, n. 17, p. 7989, 2025. DOI: 10.3390/su17177989. Acesso em: 21 out. 2025.
- LAN, T. *et al.* Dynamics of hydrological-model parameters: mechanisms, problems and solutions. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 24, p. 1347-1366, 2020. DOI: 10.5194/hess-24-1347-2020. Acesso em: 06 set. 2025.
- LEGENDRE, A. M. **Nouvelles méthodes pour la détermination des orbites des comètes**. Paris: F. Didot, 1805.
- LENHART, T. *et al.* Comparison of two different approaches of sensitivity analysis. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, Amsterdam, v. 27, n. 9-22, p. 645-654, 2002.
- MAITY, R.; SRIVASTAVA, A.; SARKAR, S.; KHAN, M. I. Revolutionizing the future of hydrological science: impact of machine learning and deep learning amidst emerging explainable AI and transfer learning. **Applied Computing and Geosciences**, Amsterdam, v. 24, p. 100206, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.acags.2024.100206>. Acesso em: 26 out. 2025.
- MULETA, M. K. *et al.* Using genetic algorithms and particle swarm optimization for optimal design and calibration of large and complex urban stormwater management models. *In*: WORLD ENVIRONMENTAL AND WATER RESOURCES CONGRESS, 2006, Omaha. **Proceedings...** Reston: ASCE, 2006. p. 1-10. DOI: 10.1061/40850(200)113. Acesso em: 10 set. 2025.
- NAVAS-MONTILLA, A. *et al.* Benchmark of computational hydraulics models for open-channel flow with lateral cavities. **Journal of Hydraulic Research**, London, v. 63, n. 5, p. 441-460, out. 2024. DOI: 10.1080/00221686.2024.2401905. Acesso em: 24 out. 2025.
- NIAZI, M. *et al.* Storm Water Management Model: performance review and gap analysis. **Journal of Sustainable Water in the Built Environment**, Reston, v. 3, n. 2, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1061/jswbay.0000817>. Acesso em: 03 out. 2025.
- PACHALY, R. L. *et al.* Comparing SWMM 5.1 calculation alternatives to represent unsteady stormwater sewer flows. **Journal of Hydraulic Engineering**, Reston, v. 146, n. 7, p. 04020046, jul. 2020. DOI: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001762. Acesso em: 17 set. 2025.
- PANDEY, L.; SINGH, V. Comparison of numerical accuracy of bisection, false position, newton-Raphson's and secant methods. **Journal of Mathematical Problems, Equations and Statistics**, New Delhi, v. 5, n. 1, p. 134-136, 2024.
- PAPACHARALAMPOUS, G.; TYRALIS, H. A review of machine learning concepts and methods for addressing challenges in probabilistic hydrological post-processing and forecasting. **Frontiers in Water**, Lausanne, v. 4, p. 961954, 2022.
- PICHLER, M.; KONIG, A. W.; REINSTALLER, S.; MUSCHALLA, D. Fully automated simplification of urban drainage models on a city scale. **Water Science & Technology**,

London, v. 90, n. 9, p. 2676-2695, 2024. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2024.337>. Acesso em: 29 set. 2025.

PORTO, R. M. **Hidráulica básica**. 4. ed. São Carlos: EESC/USP, 2006.

QI, X. *et al.* Integrating machine learning with the minimum cumulative resistance model to assess the impact of urban land use on road waterlogging risk. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 654, 132842, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.132842>. Acesso em: 15 out. 2025.

RADISIC, K.; LAUVERNET, C.; VIDARD, A. Impact of input forcing variability on the global sensitivity analysis of a hydrological model. **Environmental Modelling & Software**, Amsterdam, v. 192, 106522, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2024.106522>. Acesso em: 25 out. 2025.

RAHMA, S. L.; SUNARSIH; MUSSADUN. Assessing urban flooding and drainage system performance in urban area: a Mononobe equation and Manning formula approach. **Journal of Natural Resources and Environmental Management**, Bogor, v. 14, n. 3, p. 463-473, ago. 2024. DOI: 10.29244/jpsl.14.3.463. Acesso em: 08 set. 2025.

RANGARI, V. A. *et al.* Simulation of urban drainage system using a Storm Water Management Model (SWMM). **Asian Journal of Engineering and Applied Technology**, Pune, v. 7, n. S1, p. 7-10, 2018.

ROSSMAN, L. A. **Storm Water Management Model user's manual version 5.1**. EPA/600/R-14/413b. Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency, 2015.

ROSSMAN, L. A.; SIMON, M. A. **Storm Water Management Model user's manual version 5.2**. EPA/600/R-22/030. Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency, 2022.

ROZOS, E.; DIMITRIADIS, P.; BELLOS, V. Machine learning in assessing the performance of hydrological models. **Hydrology**, Basel, v. 9, n. 5, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/hydrology9050005>. Acesso em: 12 out. 2025.

SHAO, Y. *et al.* Real-time water distribution system hydraulic modeling using prior demand information by formal Bayesian approach. **Journal of Water Resources Planning and Management**, Reston, v. 145, n. 12, 2019. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0001137](https://doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0001137). Acesso em: 05 set. 2025.

SILLANPÄÄ, N.; KOIVUSALO, H. Impacts of urban development on runoff event characteristics and unit hydrographs across warm and cold seasons in high latitudes. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 521, p. 328-340, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.12.008>. Acesso em: 18 set. 2025.

TAMM, O. *et al.* Modelling urban stormwater runoff and convection-permitting climate simulations in cold areas. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 622, 129656, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129656>. Acesso em: 28 set. 2025.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; ABRH, 2007.

UNI-BELL PVC PIPE ASSOCIATION. **Handbook of PVC pipe: design and construction**. 5. ed. Dallas: Uni-Bell PVC Pipe Association, 2013.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS. **EM 1110-2-1601: hydraulic design of flood control channels**. Washington, D.C.: US Army Corps of Engineers, 1991.

VAN DER WERF, J. A. *et al.* Flooded with potential: urban drainage science as seen by early-career researchers. **Water Science & Technology**, London, v. 91, 7, p. 861, 2025. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2025.048>. Acesso em: 22 out. 2025.

VAPNIK, V. N. **The nature of statistical learning theory**. New York: Springer-Verlag, 1995.

VU, D. T. *et al.* Calibrating macroscale hydrological models in poorly gauged and heavily regulated basins. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 27, p. 3485-3504, 2023. DOI: [10.5194/hess-27-3485-2023](https://doi.org/10.5194/hess-27-3485-2023). Acesso em: 14 out. 2025.

WANG, T. *et al.* Automatic calibration of SWMM parameters based on multi-objective optimisation model. **Journal of Hydroinformatics**, London, v. 26, n. 3, p. 683-706, 2024. DOI: <https://doi.org/10.2166/hydro.2024.282>. Acesso em: 06 out. 2025.

WU, P.; WANG, T.; WANG, Z.; SONG, C.; CHEN, X. Impact of drainage network structure on urban inundation within a coupled hydrodynamic model. **Water**, Basel, v. 17, n. 7, 990, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/w17070990>. Acesso em: 20 out. 2025.

XIA, C. *et al.* **AI-Driven reinvention of hydrological modeling for accurate predictions and interpretation to transform earth system modeling**. EarthArXiv [preprint]. 2025. Disponível em: <https://eartharxiv.org>. Acesso em: 10 out. 2025.

XU, H. *et al.* Urban flood modeling and risk assessment with limited observation data: the Beijing Future Science City of China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v. 21, n. 5, p. 4640, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph200546640>. Acesso em: 01 set. 2025.

YANG, Z. *et al.* An intelligent SWMM calibration method and identification of urban runoff generation patterns. **Frontiers in Environmental Science**, Lausanne, v. 13, 1582306, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1582306>. Acesso em: 16 out. 2025.

YAO, Y. *et al.* Evaluating the response and adaptation of urban stormwater systems to changed rainfall with the CMIP6 projections. **Journal of Environmental Management**, London, v. 347, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119135>. Acesso em: 26 set. 2025.

ZANFEI, A. *et al.* Calibration procedure for water distribution systems: comparison among hydraulic models. **Water**, Basel, v. 12, n. 5, 1421, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12051421>. Acesso em: 11 set. 2025.

ZHI, W. *et al.* Deep learning for water quality. **Nature Water**, London, v. 2, p. 228-241, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s44221-024-00202-z>. Acesso em: 29 out. 2025.

ZHONG, S. *et al.* Machine learning: new ideas and tools in environmental science and engineering. **Environmental Science & Technology**, Washington, D.C., v. 59, n. 9, p. 12978-12993, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c01339>. Acesso em: 07 set. 2025.

APÊNDICES

APÊNDICE A – CANDIDATOS EQUIFINAIS SELECIONADOS

Tabela A1 – Candidatos equifinais selecionados no Teste 1 para a sub-bacia S1 com dados de profundidade (1º quartil)

Candidatos Equifinais (1º Quartil)								
N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE
0.0262	0.0331	0.00201	0.0175	0.0615	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0174	0.0414	0.00061	0.0175	0.0615	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0228	0.0418	0.00150	0.0174	0.0615	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0100	0.0428	0.00293	0.0285	0.0616	0.00270	0.0174	0.0620	0.00056
0.0175	0.0431	0.00061	0.0196	0.0616	0.00081	0.0174	0.0620	0.00056
0.0184	0.0440	0.00064	0.0272	0.0616	0.00244	0.0174	0.0620	0.00056
0.0184	0.0440	0.00064	0.0174	0.0616	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0146	0.0451	0.00113	0.0174	0.0616	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0174	0.0464	0.00061	0.0174	0.0616	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0174	0.0465	0.00061	0.0174	0.0616	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0136	0.0476	0.00142	0.0174	0.0616	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0146	0.0477	0.00113	0.0175	0.0616	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0174	0.0482	0.00061	0.0198	0.0616	0.00087	0.0174	0.0620	0.00056
0.0162	0.0486	0.00077	0.0175	0.0616	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0174	0.0492	0.00061	0.0175	0.0616	0.00056	0.0300	0.0620	0.00301
0.0174	0.0494	0.00061	0.0175	0.0616	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0174	0.0495	0.00061	0.0174	0.0616	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0174	0.0501	0.00061	0.0174	0.0616	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0174	0.0508	0.00061	0.0175	0.0616	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0175	0.0513	0.00061	0.0175	0.0616	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0241	0.0515	0.00178	0.0261	0.0617	0.00196	0.0174	0.0620	0.00056
0.0175	0.0518	0.00061	0.0174	0.0617	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0174	0.0519	0.00061	0.0190	0.0617	0.00071	0.0174	0.0620	0.00056
0.0118	0.0521	0.00235	0.0174	0.0617	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0174	0.0525	0.00061	0.0174	0.0617	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0175	0.0532	0.00061	0.0174	0.0617	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0174	0.0532	0.00061	0.0174	0.0617	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0174	0.0542	0.00058	0.0175	0.0617	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0174	0.0544	0.00056	0.0300	0.0617	0.00301	0.0174	0.0620	0.00056
0.0174	0.0548	0.00056	0.0175	0.0617	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0174	0.0564	0.00056	0.0174	0.0617	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0279	0.0566	0.00259	0.0100	0.0617	0.00294	0.0174	0.0620	0.00056
0.0175	0.0580	0.00056	0.0100	0.0617	0.00294	0.0174	0.0620	0.00056
0.0175	0.0580	0.00056	0.0174	0.0617	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0174	0.0580	0.00056	0.0174	0.0618	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056

0.0300	0.0584	0.00301	0.0174	0.0618	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0174	0.0589	0.00056	0.0174	0.0618	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056
0.0174	0.0589	0.00056	0.0174	0.0618	0.00056	0.0175	0.0620	0.00056
0.0174	0.0589	0.00056	0.0174	0.0618	0.00056	0.0174	0.0621	0.00056
0.0174	0.0589	0.00056	0.0174	0.0618	0.00056	0.0174	0.0621	0.00056
0.0174	0.0591	0.00056	0.0174	0.0618	0.00056	0.0174	0.0621	0.00056
0.0174	0.0591	0.00056	0.0126	0.0618	0.00173	0.0174	0.0621	0.00056
0.0174	0.0591	0.00056	0.0125	0.0618	0.00178	0.0175	0.0621	0.00056
0.0174	0.0592	0.00056	0.0174	0.0618	0.00056	0.0175	0.0621	0.00056
0.0174	0.0592	0.00056	0.0174	0.0618	0.00056	0.0175	0.0621	0.00056
0.0175	0.0597	0.00056	0.0215	0.0618	0.00122	0.0175	0.0621	0.00056
0.0175	0.0597	0.00056	0.0174	0.0618	0.00056	0.0174	0.0621	0.00056
0.0175	0.0597	0.00056	0.0174	0.0618	0.00056	0.0175	0.0621	0.00056
0.0175	0.0598	0.00056	0.0174	0.0618	0.00056	0.0175	0.0621	0.00056
0.0175	0.0600	0.00056	0.0174	0.0618	0.00056	0.0175	0.0621	0.00056
0.0175	0.0600	0.00056	0.0174	0.0618	0.00056	0.0175	0.0621	0.00056
0.0175	0.0600	0.00056	0.0174	0.0618	0.00056	0.0175	0.0621	0.00056
0.0175	0.0600	0.00056	0.0174	0.0619	0.00056	0.0175	0.0621	0.00056
0.0175	0.0600	0.00056	0.0174	0.0619	0.00056	0.0175	0.0621	0.00056
0.0175	0.0600	0.00056	0.0174	0.0619	0.00056	0.0175	0.0621	0.00056
0.0174	0.0601	0.00056	0.0167	0.0619	0.00066	0.0175	0.0621	0.00056
0.0174	0.0601	0.00056	0.0174	0.0619	0.00056	0.0300	0.0622	0.00301
0.0174	0.0601	0.00056	0.0174	0.0619	0.00056	0.0175	0.0623	0.00056
0.0174	0.0601	0.00056	0.0174	0.0619	0.00056	0.0174	0.0623	0.00056
0.0174	0.0602	0.00056	0.0174	0.0619	0.00056	0.0175	0.0624	0.00056
0.0175	0.0604	0.00056	0.0174	0.0619	0.00056	0.0175	0.0624	0.00056
0.0175	0.0604	0.00056	0.0139	0.0619	0.00136	0.0175	0.0624	0.00056
0.0252	0.0604	0.00201	0.0218	0.0619	0.00127	0.0175	0.0624	0.00056
0.0175	0.0605	0.00056	0.0174	0.0619	0.00056	0.0100	0.0625	0.00294
0.0174	0.0606	0.00056	0.0183	0.0619	0.00062	0.0175	0.0626	0.00056
0.0174	0.0606	0.00056	0.0286	0.0619	0.00272	0.0275	0.0626	0.00251
0.0175	0.0606	0.00056	0.0178	0.0619	0.00057	0.0175	0.0626	0.00056
0.0175	0.0606	0.00056	0.0104	0.0619	0.00278	0.0175	0.0628	0.00056
0.0175	0.0607	0.00056	0.0174	0.0619	0.00056	0.0174	0.0628	0.00056
0.0175	0.0608	0.00056	0.0174	0.0619	0.00056	0.0175	0.0629	0.00056
0.0175	0.0608	0.00056	0.0174	0.0619	0.00056	0.0206	0.0631	0.00102
0.0175	0.0608	0.00056	0.0174	0.0619	0.00056	0.0175	0.0631	0.00056
0.0175	0.0608	0.00056	0.0174	0.0619	0.00056	0.0174	0.0632	0.00056
0.0175	0.0608	0.00056	0.0100	0.0619	0.00294	0.0160	0.0635	0.00076
0.0175	0.0608	0.00056	0.0100	0.0620	0.00294	0.0216	0.0636	0.00124
0.0174	0.0608	0.00056	0.0254	0.0620	0.00181	0.0175	0.0636	0.00056
0.0175	0.0609	0.00056	0.0104	0.0620	0.00279	0.0175	0.0637	0.00056
0.0175	0.0609	0.00056	0.0175	0.0620	0.00056	0.0175	0.0637	0.00056
0.0174	0.0610	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0153	0.0641	0.00094

0.0186	0.0610	0.00065	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0643	0.00056
0.0174	0.0610	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0643	0.00056
0.0165	0.0611	0.00068	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0643	0.00056
0.0175	0.0611	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0100	0.0643	0.00294
0.0175	0.0611	0.00056	0.0202	0.0620	0.00092	0.0175	0.0643	0.00056
0.0175	0.0611	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0643	0.00056
0.0175	0.0612	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0174	0.0644	0.00056
0.0175	0.0612	0.00056	0.0252	0.0620	0.00201	0.0271	0.0644	0.00242
0.0175	0.0612	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0644	0.00056
0.0175	0.0612	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0174	0.0645	0.00056
0.0175	0.0612	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0174	0.0646	0.00056
0.0175	0.0612	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0646	0.00056
0.0175	0.0612	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0174	0.0650	0.00056
0.0175	0.0612	0.00056	0.0234	0.0620	0.00163	0.0174	0.0651	0.00056
0.0174	0.0612	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0174	0.0653	0.00056
0.0174	0.0612	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0174	0.0654	0.00056
0.0175	0.0612	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0174	0.0656	0.00056
0.0170	0.0612	0.00063	0.0147	0.0620	0.00110	0.0174	0.0657	0.00056
0.0137	0.0613	0.00141	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0657	0.00056
0.0175	0.0613	0.00056	0.0175	0.0620	0.00056	0.0175	0.0657	0.00056
0.0175	0.0613	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0657	0.00056
0.0174	0.0613	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0657	0.00056
0.0100	0.0614	0.00294	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0660	0.00056
0.0175	0.0614	0.00056	0.0298	0.0620	0.00297	0.0174	0.0660	0.00056
0.0175	0.0614	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0174	0.0661	0.00056
0.0174	0.0614	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0661	0.00056
0.0175	0.0614	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0174	0.0661	0.00056
0.0152	0.0614	0.00095	0.0174	0.0620	0.00056	0.0174	0.0662	0.00056
0.0100	0.0614	0.00294	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0663	0.00056
0.0191	0.0614	0.00073	0.0174	0.0620	0.00056	0.0174	0.0663	0.00056
0.0175	0.0614	0.00056	0.0100	0.0620	0.00294	0.0175	0.0664	0.00056
0.0175	0.0614	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0664	0.00056
0.0175	0.0614	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0666	0.00056
0.0175	0.0614	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0666	0.00056
0.0175	0.0614	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0183	0.0668	0.00061
0.0174	0.0614	0.00056	0.0100	0.0620	0.00294	0.0175	0.0669	0.00056
0.0175	0.0614	0.00056	0.0120	0.0620	0.00228	0.0175	0.0671	0.00056
0.0174	0.0615	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0671	0.00056
0.0175	0.0615	0.00056	0.0175	0.0620	0.00056	0.0175	0.0671	0.00056
0.0174	0.0615	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0174	0.0671	0.00056
0.0175	0.0615	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0174	0.0671	0.00056
0.0175	0.0615	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0300	0.0672	0.00300
0.0175	0.0615	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0673	0.00056
0.0174	0.0615	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0673	0.00056

0.0100	0.0615	0.00294	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0673	0.00056
0.0175	0.0615	0.00056	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0674	0.00056

Fonte: Autor (2025).

Tabela A2 – Candidatos equifinais selecionados no Teste 1 para a sub-bacia S2 com dados de profundidade (1º quartil)

Candidatos Equifinais (1º Quartil)								
N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE
0.0184	0.0440	0.00858	0.0127	0.2751	0.00247	0.0115	0.3119	0.00240
0.0181	0.0444	0.00836	0.0112	0.2759	0.00246	0.0117	0.3119	0.00238
0.0146	0.0451	0.00638	0.0127	0.2761	0.00246	0.0135	0.3120	0.00264
0.0183	0.0514	0.00820	0.0117	0.2763	0.00246	0.0119	0.3120	0.00240
0.0118	0.0521	0.00508	0.0116	0.2774	0.00247	0.0119	0.3120	0.00240
0.0119	0.0755	0.00414	0.0113	0.2775	0.00247	0.0122	0.3121	0.00243
0.0168	0.1031	0.00632	0.0113	0.2776	0.00247	0.0112	0.3125	0.00239
0.0168	0.1031	0.00632	0.0113	0.2776	0.00247	0.0112	0.3125	0.00239
0.0105	0.1235	0.00329	0.0124	0.2776	0.00256	0.0112	0.3125	0.00239
0.0105	0.1235	0.00329	0.0114	0.2778	0.00246	0.0178	0.3129	0.00632
0.0151	0.1235	0.00489	0.0114	0.2778	0.00246	0.0121	0.3130	0.00242
0.0174	0.1285	0.00658	0.0121	0.2784	0.00249	0.0119	0.3134	0.00239
0.0176	0.1302	0.00672	0.0109	0.2795	0.00249	0.0119	0.3134	0.00239
0.0180	0.1331	0.00685	0.0122	0.2797	0.00250	0.0123	0.3139	0.00243
0.0155	0.1349	0.00508	0.0111	0.2798	0.00246	0.0123	0.3139	0.00243
0.0165	0.1391	0.00595	0.0109	0.2800	0.00248	0.0123	0.3139	0.00243
0.0116	0.1394	0.00310	0.0100	0.2805	0.00279	0.0123	0.3139	0.00243
0.0116	0.1394	0.00310	0.0114	0.2808	0.00246	0.0107	0.3147	0.00244
0.0153	0.1459	0.00490	0.0100	0.2811	0.00279	0.0117	0.3150	0.00238
0.0116	0.1476	0.00302	0.0113	0.2815	0.00246	0.0117	0.3150	0.00238
0.0154	0.1486	0.00494	0.0111	0.2815	0.00246	0.0111	0.3151	0.00240
0.0162	0.1523	0.00570	0.0135	0.2817	0.00271	0.0111	0.3151	0.00240
0.0174	0.1549	0.00646	0.0111	0.2826	0.00246	0.0116	0.3154	0.00237
0.0163	0.1558	0.00577	0.0113	0.2831	0.00245	0.0112	0.3160	0.00240
0.0137	0.1593	0.00321	0.0113	0.2831	0.00245	0.0122	0.3162	0.00242
0.0117	0.1593	0.00294	0.0113	0.2831	0.00245	0.0123	0.3167	0.00243
0.0122	0.1605	0.00296	0.0181	0.2831	0.00654	0.0121	0.3168	0.00242
0.0120	0.1606	0.00294	0.0110	0.2837	0.00247	0.0100	0.3168	0.00275
0.0120	0.1606	0.00294	0.0119	0.2864	0.00245	0.0100	0.3170	0.00275
0.0163	0.1611	0.00575	0.0126	0.2864	0.00242	0.0122	0.3172	0.00243
0.0126	0.1619	0.00287	0.0119	0.2865	0.00245	0.0100	0.3173	0.00275
0.0146	0.1660	0.00436	0.0122	0.2866	0.00248	0.0116	0.3178	0.00237
0.0112	0.1749	0.00283	0.0128	0.2887	0.00247	0.0119	0.3181	0.00239
0.0133	0.1764	0.00299	0.0128	0.2887	0.00247	0.0119	0.3181	0.00239
0.0110	0.1792	0.00282	0.0128	0.2887	0.00247	0.0119	0.3181	0.00239

0.0115	0.1822	0.00279	0.0125	0.2888	0.00241	0.0116	0.3187	0.00236
0.0127	0.1855	0.00279	0.0125	0.2888	0.00241	0.0113	0.3192	0.00239
0.0114	0.1894	0.00275	0.0122	0.2890	0.00248	0.0116	0.3199	0.00236
0.0130	0.2001	0.00279	0.0122	0.2890	0.00248	0.0115	0.3201	0.00236
0.0113	0.2018	0.00269	0.0124	0.2892	0.00254	0.0115	0.3203	0.00238
0.0135	0.2038	0.00294	0.0176	0.2895	0.00624	0.0115	0.3203	0.00238
0.0117	0.2060	0.00269	0.0108	0.2895	0.00248	0.0116	0.3203	0.00236
0.0123	0.2071	0.00274	0.0108	0.2895	0.00248	0.0119	0.3204	0.00238
0.0133	0.2083	0.00283	0.0100	0.2898	0.00278	0.0118	0.3216	0.00237
0.0133	0.2083	0.00283	0.0133	0.2898	0.00261	0.0118	0.3216	0.00237
0.0100	0.2090	0.00281	0.0133	0.2898	0.00261	0.0100	0.3230	0.00274
0.0113	0.2094	0.00266	0.0108	0.2900	0.00247	0.0109	0.3235	0.00241
0.0113	0.2094	0.00266	0.0108	0.2900	0.00247	0.0117	0.3241	0.00236
0.0113	0.2094	0.00266	0.0100	0.2901	0.00278	0.0119	0.3243	0.00237
0.0113	0.2094	0.00266	0.0117	0.2902	0.00242	0.0116	0.3247	0.00235
0.0113	0.2094	0.00266	0.0117	0.2902	0.00242	0.0124	0.3248	0.00247
0.0113	0.2094	0.00266	0.0117	0.2902	0.00242	0.0122	0.3249	0.00240
0.0116	0.2127	0.00265	0.0117	0.2902	0.00242	0.0122	0.3249	0.00240
0.0126	0.2128	0.00264	0.0124	0.2905	0.00253	0.0122	0.3249	0.00240
0.0128	0.2131	0.00269	0.0100	0.2929	0.00277	0.0122	0.3249	0.00240
0.0122	0.2133	0.00268	0.0124	0.2929	0.00252	0.0122	0.3249	0.00240
0.0113	0.2144	0.00265	0.0118	0.2930	0.00243	0.0122	0.3249	0.00240
0.0170	0.2159	0.00601	0.0116	0.2947	0.00241	0.0100	0.3253	0.00274
0.0118	0.2164	0.00263	0.0116	0.2947	0.00241	0.0122	0.3272	0.00240
0.0163	0.2175	0.00553	0.0202	0.2948	0.00789	0.0122	0.3273	0.00240
0.0124	0.2175	0.00274	0.0120	0.2954	0.00244	0.0122	0.3273	0.00240
0.0100	0.2176	0.00291	0.0116	0.2957	0.00241	0.0122	0.3273	0.00240
0.0129	0.2185	0.00270	0.0124	0.2960	0.00252	0.0115	0.3301	0.00236
0.0120	0.2191	0.00263	0.0122	0.2968	0.00246	0.0163	0.3309	0.00541
0.0134	0.2260	0.00283	0.0115	0.2971	0.00242	0.0107	0.3350	0.00245
0.0131	0.2266	0.00271	0.0122	0.2975	0.00246	0.0107	0.3350	0.00245
0.0123	0.2278	0.00266	0.0116	0.2979	0.00241	0.0100	0.3353	0.00273
0.0123	0.2278	0.00266	0.0113	0.2980	0.00243	0.0157	0.3358	0.00474
0.0147	0.2280	0.00422	0.0113	0.2980	0.00243	0.0117	0.3359	0.00234
0.0111	0.2288	0.00261	0.0121	0.2985	0.00244	0.0100	0.3366	0.00273
0.0120	0.2291	0.00261	0.0117	0.2985	0.00241	0.0122	0.3386	0.00238
0.0114	0.2304	0.00260	0.0122	0.2990	0.00246	0.0117	0.3403	0.00233
0.0114	0.2316	0.00259	0.0122	0.2992	0.00246	0.0117	0.3403	0.00233
0.0127	0.2342	0.00259	0.0100	0.2992	0.00277	0.0188	0.3412	0.00692
0.0122	0.2394	0.00260	0.0100	0.2992	0.00277	0.0116	0.3416	0.00233
0.0114	0.2401	0.00256	0.0123	0.2992	0.00247	0.0100	0.3439	0.00272
0.0123	0.2417	0.00261	0.0122	0.2994	0.00246	0.0207	0.3439	0.00817
0.0143	0.2425	0.00395	0.0116	0.2997	0.00240	0.0134	0.3468	0.00256
0.0144	0.2432	0.00403	0.0122	0.2997	0.00245	0.0118	0.3472	0.00233

0.0113	0.2448	0.00256	0.0122	0.2998	0.00246	0.0116	0.3484	0.00232
0.0124	0.2454	0.00265	0.0100	0.2999	0.00277	0.0104	0.3484	0.00248
0.0101	0.2454	0.00282	0.0121	0.3004	0.00244	0.0201	0.3498	0.00778
0.0116	0.2454	0.00254	0.0175	0.3012	0.00621	0.0104	0.3514	0.00249
0.0121	0.2472	0.00257	0.0122	0.3012	0.00245	0.0104	0.3514	0.00249
0.0112	0.2473	0.00254	0.0118	0.3012	0.00241	0.0104	0.3514	0.00249
0.0122	0.2491	0.00258	0.0113	0.3016	0.00243	0.0118	0.3519	0.00233
0.0120	0.2533	0.00254	0.0117	0.3020	0.00240	0.0118	0.3578	0.00232
0.0117	0.2547	0.00251	0.0133	0.3021	0.00259	0.0118	0.3590	0.00231
0.0125	0.2555	0.00248	0.0117	0.3027	0.00240	0.0114	0.3592	0.00233
0.0125	0.2555	0.00248	0.0117	0.3038	0.00240	0.0113	0.3613	0.00233
0.0119	0.2556	0.00253	0.0100	0.3045	0.00276	0.0119	0.3618	0.00232
0.0110	0.2559	0.00253	0.0203	0.3052	0.00791	0.0119	0.3627	0.00232
0.0121	0.2570	0.00255	0.0123	0.3053	0.00245	0.0113	0.3662	0.00233
0.0128	0.2583	0.00256	0.0112	0.3057	0.00241	0.0119	0.3671	0.00232
0.0113	0.2585	0.00252	0.0185	0.3063	0.00679	0.0119	0.3671	0.00232
0.0115	0.2616	0.00249	0.0116	0.3063	0.00239	0.0117	0.3674	0.00229
0.0118	0.2616	0.00249	0.0144	0.3070	0.00392	0.0100	0.3675	0.00270
0.0119	0.2646	0.00250	0.0144	0.3070	0.00392	0.0113	0.3677	0.00232
0.0116	0.2648	0.00250	0.0121	0.3073	0.00243	0.0117	0.3677	0.00229
0.0110	0.2653	0.00251	0.0118	0.3075	0.00240	0.0134	0.3727	0.00254
0.0116	0.2658	0.00250	0.0117	0.3077	0.00239	0.0134	0.3727	0.00254
0.0144	0.2675	0.00395	0.0118	0.3078	0.00240	0.0134	0.3727	0.00254
0.0144	0.2675	0.00395	0.0118	0.3078	0.00240	0.0119	0.3752	0.00230
0.0132	0.2687	0.00263	0.0118	0.3078	0.00240	0.0100	0.3757	0.00269
0.0117	0.2692	0.00247	0.0118	0.3078	0.00240	0.0100	0.3757	0.00269
0.0122	0.2693	0.00252	0.0116	0.3081	0.00238	0.0100	0.3757	0.00269
0.0132	0.2702	0.00264	0.0121	0.3098	0.00242	0.0117	0.3780	0.00228
0.0138	0.2713	0.00300	0.0121	0.3098	0.00242	0.0100	0.3780	0.00269
0.0118	0.2719	0.00247	0.0118	0.3099	0.00239	0.0117	0.3787	0.00228
0.0118	0.2719	0.00247	0.0120	0.3102	0.00241	0.0139	0.3796	0.00354
0.0118	0.2719	0.00247	0.0123	0.3105	0.00244	0.0116	0.3807	0.00228
0.0118	0.2719	0.00247	0.0123	0.3105	0.00244	0.0100	0.3807	0.00269
0.0162	0.2724	0.00542	0.0119	0.3105	0.00240	0.0190	0.3816	0.00705
0.0109	0.2738	0.00250	0.0100	0.3106	0.00276	0.0113	0.3819	0.00231
0.0109	0.2738	0.00250	0.0100	0.3116	0.00275	0.0118	0.3819	0.00228
0.0109	0.2747	0.00249	0.0121	0.3116	0.00242	0.0117	0.3819	0.00228
0.0127	0.2751	0.00247	0.0117	0.3117	0.00238	0.0117	0.3837	0.00228
0.0127	0.2751	0.00247	0.0115	0.3119	0.00240	0.0179	0.3837	0.00634

Fonte: Autor (2025).

Tabela A3 – Candidatos equifinais selecionados no Teste 1 para a sub-bacia S3 com dados de profissional (1º quartil)

Candidatos Equifinais (1º Quartil)								
N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE
0.0262	0.0331	0.00555	0.0100	0.1829	0.00086	0.0100	0.2115	0.00086
0.0228	0.0418	0.00473	0.0100	0.1829	0.00086	0.0100	0.2115	0.00086
0.0184	0.0440	0.00353	0.0100	0.1829	0.00086	0.0100	0.2115	0.00086
0.0146	0.0451	0.00241	0.0100	0.1829	0.00086	0.0100	0.2119	0.00086
0.0241	0.0515	0.00506	0.0100	0.1829	0.00086	0.0100	0.2119	0.00086
0.0118	0.0521	0.00148	0.0100	0.1830	0.00086	0.0100	0.2122	0.00086
0.0118	0.0521	0.00148	0.0103	0.1836	0.00096	0.0100	0.2122	0.00086
0.0278	0.0709	0.00590	0.0100	0.1838	0.00086	0.0102	0.2126	0.00092
0.0119	0.0755	0.00148	0.0100	0.1849	0.00087	0.0100	0.2126	0.00086
0.0119	0.0755	0.00148	0.0102	0.1864	0.00093	0.0100	0.2126	0.00086
0.0119	0.0786	0.00148	0.0100	0.1867	0.00088	0.0100	0.2127	0.00086
0.0118	0.0856	0.00148	0.0100	0.1869	0.00087	0.0100	0.2127	0.00086
0.0114	0.0944	0.00132	0.0112	0.1877	0.00126	0.0100	0.2127	0.00086
0.0120	0.0967	0.00152	0.0291	0.1882	0.00618	0.0101	0.2128	0.00090
0.0168	0.1031	0.00306	0.0114	0.1882	0.00131	0.0100	0.2128	0.00086
0.0168	0.1031	0.00306	0.0200	0.1884	0.00401	0.0101	0.2128	0.00091
0.0117	0.1037	0.00144	0.0100	0.1885	0.00086	0.0100	0.2129	0.00086
0.0122	0.1070	0.00158	0.0100	0.1885	0.00086	0.0100	0.2129	0.00086
0.0119	0.1112	0.00151	0.0100	0.1885	0.00086	0.0100	0.2130	0.00086
0.0109	0.1133	0.00115	0.0120	0.1885	0.00154	0.0100	0.2131	0.00086
0.0116	0.1151	0.00140	0.0100	0.1895	0.00088	0.0100	0.2133	0.00086
0.0117	0.1155	0.00142	0.0100	0.1896	0.00086	0.0100	0.2134	0.00086
0.0114	0.1168	0.00131	0.0100	0.1900	0.00086	0.0100	0.2139	0.00086
0.0105	0.1235	0.00103	0.0100	0.1901	0.00088	0.0111	0.2139	0.00121
0.0105	0.1235	0.00103	0.0100	0.1902	0.00088	0.0100	0.2139	0.00086
0.0105	0.1235	0.00103	0.0101	0.1905	0.00089	0.0100	0.2142	0.00088
0.0159	0.1248	0.00279	0.0101	0.1905	0.00089	0.0100	0.2143	0.00086
0.0119	0.1252	0.00149	0.0101	0.1905	0.00089	0.0100	0.2145	0.00086
0.0126	0.1261	0.00173	0.0106	0.1908	0.00107	0.0100	0.2145	0.00086
0.0116	0.1274	0.00141	0.0100	0.1909	0.00086	0.0100	0.2146	0.00086
0.0297	0.1275	0.00631	0.0100	0.1916	0.00086	0.0100	0.2148	0.00086
0.0108	0.1279	0.00113	0.0100	0.1919	0.00087	0.0100	0.2148	0.00086
0.0174	0.1285	0.00322	0.0104	0.1924	0.00098	0.0100	0.2152	0.00086
0.0125	0.1304	0.00168	0.0101	0.1926	0.00088	0.0300	0.2156	0.00635
0.0121	0.1305	0.00155	0.0100	0.1930	0.00087	0.0100	0.2156	0.00086
0.0110	0.1308	0.00120	0.0100	0.1934	0.00086	0.0100	0.2156	0.00086
0.0110	0.1308	0.00120	0.0100	0.1934	0.00086	0.0100	0.2158	0.00086
0.0110	0.1320	0.00119	0.0100	0.1937	0.00087	0.0239	0.2159	0.00501
0.0106	0.1326	0.00105	0.0123	0.1939	0.00161	0.0231	0.2159	0.00480

0.0108	0.1330	0.00112	0.0115	0.1945	0.00135	0.0100	0.2162	0.00086
0.0180	0.1331	0.00339	0.0100	0.1947	0.00086	0.0100	0.2163	0.00086
0.0126	0.1344	0.00173	0.0100	0.1947	0.00086	0.0100	0.2165	0.00086
0.0135	0.1347	0.00201	0.0101	0.1948	0.00090	0.0100	0.2165	0.00086
0.0155	0.1349	0.00266	0.0100	0.1956	0.00086	0.0100	0.2167	0.00086
0.0199	0.1351	0.00397	0.0100	0.1956	0.00086	0.0100	0.2172	0.00086
0.0110	0.1361	0.00119	0.0100	0.1957	0.00086	0.0100	0.2175	0.00086
0.0123	0.1367	0.00163	0.0100	0.1957	0.00086	0.0100	0.2175	0.00086
0.0300	0.1377	0.00636	0.0100	0.1957	0.00086	0.0100	0.2180	0.00086
0.0110	0.1378	0.00118	0.0100	0.1957	0.00086	0.0100	0.2183	0.00086
0.0103	0.1381	0.00097	0.0222	0.1965	0.00457	0.0100	0.2183	0.00086
0.0108	0.1387	0.00112	0.0137	0.1965	0.00207	0.0100	0.2186	0.00086
0.0116	0.1394	0.00139	0.0100	0.1966	0.00086	0.0159	0.2186	0.00277
0.0116	0.1394	0.00139	0.0100	0.1966	0.00086	0.0100	0.2187	0.00086
0.0116	0.1394	0.00139	0.0100	0.1966	0.00086	0.0100	0.2187	0.00086
0.0116	0.1394	0.00139	0.0247	0.1966	0.00519	0.0252	0.2189	0.00531
0.0116	0.1394	0.00139	0.0102	0.1966	0.00092	0.0100	0.2191	0.00087
0.0110	0.1398	0.00120	0.0100	0.1969	0.00086	0.0100	0.2192	0.00088
0.0155	0.1402	0.00266	0.0100	0.1973	0.00086	0.0100	0.2195	0.00086
0.0117	0.1405	0.00141	0.0100	0.1977	0.00086	0.0100	0.2199	0.00086
0.0101	0.1412	0.00089	0.0100	0.1985	0.00086	0.0100	0.2201	0.00086
0.0101	0.1412	0.00089	0.0102	0.1986	0.00093	0.0100	0.2205	0.00086
0.0102	0.1414	0.00092	0.0102	0.1986	0.00093	0.0100	0.2207	0.00086
0.0116	0.1423	0.00140	0.0100	0.1986	0.00086	0.0100	0.2208	0.00086
0.0172	0.1444	0.00319	0.0100	0.1987	0.00086	0.0100	0.2209	0.00086
0.0101	0.1451	0.00089	0.0100	0.1989	0.00086	0.0100	0.2209	0.00086
0.0117	0.1456	0.00144	0.0100	0.1989	0.00086	0.0100	0.2211	0.00086
0.0153	0.1459	0.00259	0.0122	0.1993	0.00158	0.0100	0.2213	0.00086
0.0118	0.1475	0.00145	0.0114	0.1995	0.00132	0.0100	0.2216	0.00086
0.0100	0.1494	0.00087	0.0100	0.1997	0.00087	0.0258	0.2216	0.00544
0.0100	0.1494	0.00087	0.0100	0.1998	0.00086	0.0100	0.2217	0.00088
0.0100	0.1494	0.00087	0.0181	0.1998	0.00338	0.0100	0.2218	0.00086
0.0100	0.1494	0.00087	0.0100	0.1999	0.00087	0.0101	0.2218	0.00089
0.0100	0.1494	0.00087	0.0100	0.2001	0.00086	0.0100	0.2219	0.00086
0.0100	0.1494	0.00087	0.0100	0.2002	0.00087	0.0100	0.2219	0.00086
0.0100	0.1494	0.00087	0.0100	0.2005	0.00086	0.0100	0.2220	0.00086
0.0100	0.1494	0.00087	0.0100	0.2005	0.00086	0.0152	0.2220	0.00256
0.0204	0.1497	0.00410	0.0100	0.2006	0.00086	0.0100	0.2224	0.00086
0.0110	0.1500	0.00119	0.0100	0.2011	0.00086	0.0100	0.2228	0.00086
0.0123	0.1508	0.00162	0.0100	0.2012	0.00086	0.0100	0.2228	0.00086
0.0100	0.1510	0.00087	0.0227	0.2015	0.00470	0.0118	0.2228	0.00144
0.0100	0.1514	0.00087	0.0100	0.2019	0.00086	0.0100	0.2230	0.00086
0.0111	0.1514	0.00122	0.0100	0.2019	0.00086	0.0164	0.2230	0.00294
0.0153	0.1523	0.00259	0.0100	0.2027	0.00087	0.0100	0.2230	0.00086

0.0212	0.1535	0.00432	0.0100	0.2030	0.00087	0.0100	0.2231	0.00086
0.0110	0.1555	0.00119	0.0100	0.2032	0.00086	0.0100	0.2231	0.00086
0.0163	0.1558	0.00291	0.0100	0.2039	0.00086	0.0100	0.2232	0.00086
0.0100	0.1581	0.00087	0.0100	0.2039	0.00086	0.0100	0.2232	0.00086
0.0102	0.1582	0.00093	0.0100	0.2039	0.00086	0.0100	0.2234	0.00086
0.0103	0.1591	0.00095	0.0100	0.2039	0.00086	0.0107	0.2234	0.00107
0.0120	0.1606	0.00153	0.0100	0.2039	0.00086	0.0100	0.2234	0.00086
0.0120	0.1606	0.00153	0.0100	0.2039	0.00086	0.0100	0.2234	0.00086
0.0123	0.1627	0.00163	0.0100	0.2040	0.00086	0.0100	0.2234	0.00086
0.0121	0.1634	0.00157	0.0100	0.2050	0.00086	0.0100	0.2235	0.00086
0.0100	0.1644	0.00087	0.0100	0.2055	0.00086	0.0100	0.2235	0.00086
0.0101	0.1650	0.00088	0.0100	0.2072	0.00086	0.0100	0.2236	0.00086
0.0104	0.1656	0.00100	0.0100	0.2072	0.00086	0.0100	0.2239	0.00086
0.0146	0.1660	0.00238	0.0100	0.2072	0.00086	0.0204	0.2239	0.00412
0.0300	0.1693	0.00635	0.0100	0.2076	0.00086	0.0100	0.2241	0.00086
0.0109	0.1702	0.00115	0.0100	0.2077	0.00086	0.0100	0.2241	0.00086
0.0100	0.1707	0.00087	0.0119	0.2080	0.00149	0.0100	0.2241	0.00086
0.0108	0.1727	0.00111	0.0133	0.2083	0.00194	0.0100	0.2241	0.00086
0.0100	0.1734	0.00087	0.0133	0.2083	0.00194	0.0100	0.2241	0.00086
0.0112	0.1748	0.00124	0.0100	0.2087	0.00086	0.0100	0.2241	0.00086
0.0112	0.1757	0.00124	0.0100	0.2087	0.00086	0.0100	0.2241	0.00086
0.0121	0.1763	0.00155	0.0176	0.2088	0.00327	0.0103	0.2242	0.00095
0.0275	0.1779	0.00582	0.0120	0.2090	0.00151	0.0102	0.2243	0.00093
0.0152	0.1780	0.00255	0.0100	0.2091	0.00086	0.0100	0.2244	0.00086
0.0102	0.1781	0.00094	0.0100	0.2092	0.00086	0.0100	0.2245	0.00086
0.0300	0.1784	0.00635	0.0113	0.2094	0.00128	0.0173	0.2245	0.00319
0.0100	0.1785	0.00087	0.0113	0.2094	0.00128	0.0281	0.2245	0.00595
0.0104	0.1785	0.00098	0.0113	0.2094	0.00128	0.0102	0.2248	0.00093
0.0117	0.1791	0.00143	0.0113	0.2094	0.00128	0.0102	0.2248	0.00093
0.0100	0.1791	0.00087	0.0113	0.2095	0.00129	0.0100	0.2250	0.00086
0.0187	0.1795	0.00357	0.0105	0.2098	0.00102	0.0103	0.2251	0.00096
0.0110	0.1796	0.00119	0.0100	0.2098	0.00086	0.0100	0.2251	0.00086
0.0125	0.1800	0.00170	0.0100	0.2101	0.00088	0.0100	0.2252	0.00086
0.0156	0.1805	0.00269	0.0114	0.2106	0.00132	0.0100	0.2252	0.00086
0.0103	0.1808	0.00095	0.0168	0.2107	0.00306	0.0100	0.2253	0.00086
0.0100	0.1810	0.00087	0.0100	0.2107	0.00086	0.0100	0.2254	0.00086
0.0110	0.1812	0.00117	0.0105	0.2107	0.00103	0.0100	0.2255	0.00086
0.0103	0.1817	0.00096	0.0166	0.2107	0.00298	0.0100	0.2255	0.00086
0.0100	0.1818	0.00086	0.0228	0.2111	0.00474	0.0100	0.2258	0.00086
0.0100	0.1828	0.00086	0.0100	0.2111	0.00086	0.0101	0.2261	0.00089
0.0100	0.1828	0.00086	0.0100	0.2113	0.00086	0.0100	0.2262	0.00086
0.0184	0.1829	0.00356	0.0100	0.2115	0.00088	0.0100	0.2263	0.00086

Fonte: Autor (2025).

Tabela A4 – Candidatos equifinais selecionados no Teste 2 para a sub-bacia S1 com dados de profundidade (1º quartil)

N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE
0.0262	0.0331	0.00201	0.0174	0.0611	0.00056	0.0173	0.0647	0.00056
0.0174	0.0384	0.00061	0.0174	0.0612	0.00056	0.0175	0.0647	0.00056
0.0237	0.0395	0.00169	0.0174	0.0612	0.00056	0.0174	0.0647	0.00056
0.0174	0.0403	0.00061	0.0174	0.0612	0.00056	0.0175	0.0647	0.00056
0.0228	0.0418	0.00150	0.0174	0.0612	0.00056	0.0175	0.0647	0.00056
0.0184	0.0440	0.00064	0.0100	0.0612	0.00294	0.0175	0.0648	0.00056
0.0184	0.0440	0.00064	0.0174	0.0613	0.00056	0.0176	0.0648	0.00056
0.0176	0.0444	0.00061	0.0174	0.0613	0.00056	0.0146	0.0649	0.00113
0.0146	0.0451	0.00113	0.0174	0.0613	0.00056	0.0176	0.0649	0.00056
0.0174	0.0452	0.00061	0.0232	0.0614	0.00157	0.0110	0.0649	0.00269
0.0111	0.0456	0.00263	0.0174	0.0614	0.00056	0.0100	0.0650	0.00294
0.0174	0.0457	0.00061	0.0174	0.0614	0.00056	0.0100	0.0651	0.00294
0.0174	0.0464	0.00061	0.0174	0.0614	0.00056	0.0117	0.0652	0.00239
0.0174	0.0467	0.00061	0.0174	0.0614	0.00056	0.0175	0.0652	0.00056
0.0174	0.0468	0.00061	0.0176	0.0615	0.00056	0.0175	0.0652	0.00056
0.0174	0.0477	0.00061	0.0174	0.0616	0.00056	0.0175	0.0652	0.00056
0.0174	0.0486	0.00061	0.0174	0.0617	0.00056	0.0100	0.0652	0.00294
0.0157	0.0487	0.00083	0.0176	0.0618	0.00056	0.0185	0.0652	0.00063
0.0183	0.0491	0.00062	0.0176	0.0618	0.00056	0.0100	0.0653	0.00294
0.0174	0.0494	0.00061	0.0176	0.0618	0.00056	0.0174	0.0653	0.00056
0.0150	0.0496	0.00103	0.0174	0.0618	0.00056	0.0174	0.0653	0.00056
0.0176	0.0504	0.00061	0.0175	0.0618	0.00056	0.0174	0.0653	0.00056
0.0241	0.0515	0.00178	0.0176	0.0619	0.00056	0.0174	0.0653	0.00056
0.0174	0.0515	0.00061	0.0174	0.0619	0.00056	0.0175	0.0653	0.00056
0.0100	0.0516	0.00294	0.0174	0.0619	0.00056	0.0174	0.0654	0.00056
0.0174	0.0520	0.00061	0.0174	0.0619	0.00056	0.0175	0.0654	0.00056
0.0118	0.0521	0.00235	0.0174	0.0620	0.00056	0.0175	0.0655	0.00056
0.0176	0.0527	0.00062	0.0174	0.0620	0.00056	0.0100	0.0655	0.00294
0.0174	0.0530	0.00061	0.0174	0.0620	0.00056	0.0174	0.0655	0.00056
0.0174	0.0535	0.00061	0.0300	0.0620	0.00301	0.0174	0.0655	0.00056
0.0286	0.0536	0.00271	0.0174	0.0620	0.00056	0.0121	0.0656	0.00225
0.0136	0.0543	0.00142	0.0225	0.0621	0.00141	0.0100	0.0656	0.00294
0.0174	0.0548	0.00056	0.0150	0.0621	0.00101	0.0188	0.0656	0.00068
0.0273	0.0552	0.00246	0.0165	0.0622	0.00069	0.0176	0.0656	0.00056
0.0214	0.0553	0.00120	0.0300	0.0622	0.00301	0.0174	0.0656	0.00056
0.0100	0.0553	0.00294	0.0176	0.0622	0.00056	0.0175	0.0657	0.00056
0.0174	0.0554	0.00056	0.0174	0.0623	0.00056	0.0100	0.0657	0.00294
0.0100	0.0557	0.00294	0.0174	0.0623	0.00056	0.0181	0.0657	0.00060
0.0174	0.0557	0.00056	0.0118	0.0624	0.00233	0.0100	0.0658	0.00294
0.0175	0.0559	0.00056	0.0176	0.0624	0.00056	0.0176	0.0658	0.00056

0.0243	0.0562	0.00183	0.0174	0.0624	0.00056	0.0100	0.0658	0.00295
0.0198	0.0562	0.00086	0.0174	0.0624	0.00056	0.0174	0.0659	0.00056
0.0174	0.0562	0.00056	0.0174	0.0624	0.00056	0.0174	0.0659	0.00056
0.0175	0.0563	0.00056	0.0174	0.0625	0.00056	0.0174	0.0659	0.00056
0.0175	0.0566	0.00056	0.0184	0.0625	0.00062	0.0272	0.0659	0.00244
0.0149	0.0567	0.00104	0.0100	0.0625	0.00294	0.0174	0.0659	0.00056
0.0174	0.0569	0.00056	0.0174	0.0625	0.00056	0.0175	0.0660	0.00056
0.0176	0.0569	0.00056	0.0174	0.0625	0.00056	0.0174	0.0660	0.00056
0.0209	0.0572	0.00108	0.0174	0.0625	0.00056	0.0174	0.0660	0.00056
0.0175	0.0576	0.00056	0.0174	0.0625	0.00056	0.0174	0.0660	0.00056
0.0175	0.0578	0.00056	0.0174	0.0625	0.00056	0.0174	0.0660	0.00056
0.0174	0.0581	0.00056	0.0300	0.0627	0.00301	0.0174	0.0660	0.00056
0.0174	0.0581	0.00056	0.0246	0.0627	0.00188	0.0174	0.0660	0.00056
0.0300	0.0582	0.00301	0.0176	0.0627	0.00056	0.0174	0.0660	0.00056
0.0174	0.0583	0.00056	0.0174	0.0627	0.00056	0.0273	0.0660	0.00244
0.0174	0.0583	0.00056	0.0174	0.0627	0.00056	0.0300	0.0660	0.00300
0.0174	0.0583	0.00056	0.0176	0.0628	0.00056	0.0175	0.0661	0.00056
0.0261	0.0583	0.00196	0.0176	0.0628	0.00056	0.0176	0.0661	0.00056
0.0100	0.0583	0.00294	0.0174	0.0628	0.00056	0.0176	0.0661	0.00056
0.0174	0.0584	0.00056	0.0174	0.0628	0.00056	0.0176	0.0661	0.00056
0.0175	0.0585	0.00056	0.0174	0.0628	0.00056	0.0174	0.0661	0.00056
0.0174	0.0586	0.00056	0.0174	0.0628	0.00056	0.0174	0.0662	0.00056
0.0100	0.0586	0.00294	0.0174	0.0628	0.00056	0.0174	0.0662	0.00056
0.0174	0.0587	0.00056	0.0174	0.0628	0.00056	0.0100	0.0662	0.00295
0.0174	0.0587	0.00056	0.0174	0.0629	0.00056	0.0175	0.0662	0.00056
0.0175	0.0588	0.00056	0.0174	0.0629	0.00056	0.0176	0.0662	0.00056
0.0174	0.0588	0.00056	0.0300	0.0629	0.00301	0.0174	0.0662	0.00056
0.0174	0.0588	0.00056	0.0175	0.0629	0.00056	0.0223	0.0662	0.00137
0.0174	0.0588	0.00056	0.0176	0.0629	0.00056	0.0100	0.0663	0.00295
0.0174	0.0588	0.00056	0.0126	0.0630	0.00174	0.0175	0.0663	0.00056
0.0174	0.0589	0.00056	0.0174	0.0631	0.00056	0.0174	0.0663	0.00056
0.0174	0.0589	0.00056	0.0100	0.0631	0.00294	0.0174	0.0663	0.00056
0.0174	0.0590	0.00056	0.0174	0.0632	0.00056	0.0175	0.0664	0.00056
0.0298	0.0590	0.00297	0.0300	0.0632	0.00301	0.0176	0.0664	0.00056
0.0174	0.0591	0.00056	0.0174	0.0632	0.00056	0.0174	0.0664	0.00056
0.0233	0.0591	0.00161	0.0174	0.0632	0.00056	0.0198	0.0664	0.00086
0.0174	0.0591	0.00056	0.0106	0.0632	0.00271	0.0174	0.0664	0.00056
0.0174	0.0592	0.00056	0.0174	0.0633	0.00056	0.0174	0.0664	0.00056
0.0175	0.0592	0.00056	0.0174	0.0633	0.00056	0.0174	0.0664	0.00056
0.0175	0.0592	0.00056	0.0174	0.0633	0.00056	0.0174	0.0664	0.00056
0.0174	0.0592	0.00056	0.0174	0.0633	0.00056	0.0226	0.0664	0.00146
0.0174	0.0593	0.00056	0.0174	0.0633	0.00056	0.0100	0.0664	0.00295
0.0174	0.0593	0.00056	0.0174	0.0633	0.00056	0.0176	0.0665	0.00056
0.0174	0.0594	0.00056	0.0174	0.0636	0.00056	0.0174	0.0665	0.00056

0.0100	0.0594	0.00294	0.0176	0.0637	0.00056	0.0174	0.0665	0.00056
0.0100	0.0594	0.00294	0.0252	0.0637	0.00202	0.0153	0.0665	0.00094
0.0174	0.0595	0.00056	0.0175	0.0637	0.00056	0.0100	0.0665	0.00295
0.0255	0.0595	0.00182	0.0174	0.0638	0.00056	0.0174	0.0665	0.00056
0.0174	0.0596	0.00056	0.0300	0.0638	0.00301	0.0174	0.0665	0.00056
0.0180	0.0596	0.00059	0.0176	0.0638	0.00056	0.0174	0.0665	0.00056
0.0180	0.0596	0.00059	0.0176	0.0638	0.00056	0.0100	0.0666	0.00295
0.0199	0.0596	0.00088	0.0100	0.0639	0.00294	0.0174	0.0666	0.00056
0.0174	0.0596	0.00056	0.0166	0.0639	0.00067	0.0174	0.0666	0.00056
0.0174	0.0596	0.00056	0.0281	0.0639	0.00263	0.0174	0.0666	0.00056
0.0174	0.0596	0.00056	0.0116	0.0639	0.00243	0.0174	0.0666	0.00056
0.0174	0.0596	0.00056	0.0292	0.0639	0.00285	0.0175	0.0666	0.00056
0.0174	0.0597	0.00056	0.0176	0.0640	0.00056	0.0175	0.0666	0.00056
0.0174	0.0597	0.00056	0.0176	0.0640	0.00056	0.0175	0.0667	0.00056
0.0174	0.0597	0.00056	0.0100	0.0640	0.00294	0.0176	0.0667	0.00056
0.0174	0.0598	0.00056	0.0174	0.0640	0.00056	0.0174	0.0667	0.00056
0.0174	0.0598	0.00056	0.0174	0.0641	0.00056	0.0174	0.0667	0.00056
0.0174	0.0598	0.00056	0.0175	0.0641	0.00056	0.0128	0.0667	0.00170
0.0175	0.0598	0.00056	0.0141	0.0641	0.00128	0.0174	0.0667	0.00056
0.0174	0.0599	0.00056	0.0123	0.0641	0.00186	0.0224	0.0668	0.00140
0.0174	0.0599	0.00056	0.0245	0.0642	0.00186	0.0176	0.0668	0.00056
0.0174	0.0600	0.00056	0.0174	0.0642	0.00056	0.0175	0.0668	0.00056
0.0174	0.0600	0.00056	0.0175	0.0642	0.00056	0.0300	0.0668	0.00300
0.0174	0.0600	0.00056	0.0175	0.0642	0.00056	0.0293	0.0668	0.00288
0.0174	0.0600	0.00056	0.0174	0.0642	0.00056	0.0276	0.0668	0.00252
0.0174	0.0601	0.00056	0.0176	0.0643	0.00056	0.0109	0.0669	0.00269
0.0286	0.0601	0.00271	0.0176	0.0643	0.00056	0.0152	0.0669	0.00095
0.0100	0.0602	0.00294	0.0175	0.0643	0.00056	0.0176	0.0669	0.00056
0.0174	0.0602	0.00056	0.0176	0.0644	0.00056	0.0176	0.0669	0.00056
0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0644	0.00056	0.0176	0.0669	0.00056
0.0100	0.0603	0.00294	0.0152	0.0644	0.00096	0.0174	0.0669	0.00056
0.0174	0.0605	0.00056	0.0174	0.0645	0.00056	0.0174	0.0670	0.00056
0.0175	0.0605	0.00056	0.0175	0.0646	0.00056	0.0175	0.0670	0.00056
0.0175	0.0608	0.00056	0.0152	0.0646	0.00096	0.0157	0.0670	0.00082
0.0175	0.0609	0.00056	0.0300	0.0646	0.00301	0.0174	0.0670	0.00056
0.0175	0.0609	0.00056	0.0209	0.0646	0.00109	0.0250	0.0670	0.00196
0.0175	0.0609	0.00056	0.0174	0.0646	0.00056	0.0174	0.0670	0.00056
0.0174	0.0609	0.00056	0.0174	0.0647	0.00056	0.0175	0.0670	0.00056
0.0174	0.0609	0.00056	0.0174	0.0647	0.00056	0.0175	0.0670	0.00056
0.0273	0.0610	0.00245	0.0173	0.0647	0.00056	0.0174	0.0670	0.00056
0.0174	0.0611	0.00056	0.0173	0.0647	0.00056	0.0174	0.0670	0.00056

Fonte: Autor (2025).

Tabela A5 – Candidatos equifinais selecionados no Teste 2 para a sub-bacia S2 com dados de profundidade (1º quartil)

Candidatos Equifinais (1º Quartil)								
N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE
0.0184	0.0440	0.00858	0.0121	0.2692	0.00250	0.0174	0.3281	0.00608
0.0181	0.0444	0.00836	0.0125	0.2698	0.00259	0.0100	0.3288	0.00274
0.0146	0.0451	0.00638	0.0105	0.2699	0.00259	0.0118	0.3289	0.00236
0.0183	0.0514	0.00820	0.0138	0.2713	0.00300	0.0114	0.3295	0.00238
0.0118	0.0521	0.00508	0.0123	0.2726	0.00253	0.0117	0.3296	0.00235
0.0118	0.0539	0.00496	0.0113	0.2730	0.00248	0.0120	0.3299	0.00238
0.0144	0.0563	0.00570	0.0121	0.2737	0.00250	0.0120	0.3303	0.00238
0.0176	0.0658	0.00746	0.0127	0.2751	0.00247	0.0162	0.3306	0.00532
0.0119	0.0755	0.00414	0.0127	0.2751	0.00247	0.0100	0.3309	0.00273
0.0154	0.0862	0.00553	0.0108	0.2759	0.00251	0.0100	0.3309	0.00273
0.0151	0.1003	0.00516	0.0142	0.2759	0.00384	0.0108	0.3314	0.00240
0.0168	0.1031	0.00632	0.0109	0.2768	0.00249	0.0100	0.3317	0.00273
0.0151	0.1235	0.00489	0.0122	0.2768	0.00250	0.0117	0.3318	0.00235
0.0105	0.1235	0.00329	0.0111	0.2777	0.00247	0.0108	0.3323	0.00241
0.0174	0.1285	0.00658	0.0122	0.2809	0.00249	0.0108	0.3323	0.00241
0.0144	0.1314	0.00444	0.0113	0.2810	0.00246	0.0115	0.3324	0.00236
0.0180	0.1331	0.00685	0.0114	0.2812	0.00247	0.0119	0.3326	0.00236
0.0155	0.1349	0.00508	0.0114	0.2821	0.00246	0.0116	0.3331	0.00234
0.0116	0.1394	0.00310	0.0114	0.2832	0.00246	0.0100	0.3332	0.00273
0.0108	0.1394	0.00311	0.0107	0.2834	0.00251	0.0100	0.3335	0.00273
0.0100	0.1403	0.00315	0.0116	0.2834	0.00243	0.0121	0.3339	0.00238
0.0119	0.1403	0.00311	0.0116	0.2837	0.00243	0.0119	0.3341	0.00236
0.0100	0.1405	0.00314	0.0119	0.2842	0.00245	0.0109	0.3342	0.00239
0.0153	0.1459	0.00490	0.0114	0.2847	0.00246	0.0100	0.3344	0.00273
0.0162	0.1523	0.00570	0.0120	0.2848	0.00247	0.0100	0.3344	0.00273
0.0100	0.1528	0.00306	0.0128	0.2857	0.00247	0.0114	0.3345	0.00237
0.0157	0.1529	0.00511	0.0100	0.2858	0.00278	0.0114	0.3345	0.00237
0.0174	0.1549	0.00646	0.0199	0.2864	0.00767	0.0116	0.3346	0.00234
0.0163	0.1558	0.00577	0.0116	0.2865	0.00245	0.0116	0.3346	0.00234
0.0108	0.1562	0.00297	0.0117	0.2868	0.00243	0.0114	0.3351	0.00237
0.0110	0.1593	0.00294	0.0114	0.2872	0.00245	0.0120	0.3352	0.00237
0.0155	0.1605	0.00496	0.0124	0.2881	0.00254	0.0120	0.3352	0.00237
0.0120	0.1606	0.00294	0.0115	0.2883	0.00244	0.0113	0.3353	0.00237
0.0120	0.1606	0.00294	0.0113	0.2891	0.00244	0.0119	0.3355	0.00235
0.0120	0.1607	0.00294	0.0122	0.2891	0.00248	0.0119	0.3356	0.00236
0.0122	0.1615	0.00295	0.0100	0.2893	0.00278	0.0118	0.3359	0.00235
0.0126	0.1619	0.00287	0.0126	0.2894	0.00243	0.0120	0.3361	0.00237
0.0100	0.1639	0.00299	0.0176	0.2895	0.00624	0.0120	0.3361	0.00237
0.0123	0.1641	0.00294	0.0120	0.2906	0.00245	0.0100	0.3361	0.00273

0.0121	0.1645	0.00292	0.0113	0.2912	0.00244	0.0119	0.3373	0.00235
0.0110	0.1660	0.00290	0.0103	0.2913	0.00259	0.0100	0.3373	0.00273
0.0146	0.1660	0.00436	0.0103	0.2922	0.00259	0.0109	0.3377	0.00238
0.0122	0.1682	0.00291	0.0100	0.2925	0.00278	0.0100	0.3377	0.00273
0.0124	0.1733	0.00290	0.0122	0.2932	0.00247	0.0118	0.3384	0.00235
0.0142	0.1789	0.00405	0.0122	0.2932	0.00247	0.0115	0.3385	0.00235
0.0132	0.1792	0.00294	0.0122	0.2936	0.00247	0.0116	0.3386	0.00233
0.0108	0.1819	0.00282	0.0119	0.2961	0.00243	0.0119	0.3389	0.00235
0.0123	0.1824	0.00283	0.0125	0.2979	0.00240	0.0100	0.3392	0.00273
0.0129	0.1845	0.00282	0.0108	0.2996	0.00245	0.0100	0.3392	0.00273
0.0113	0.1846	0.00278	0.0122	0.3005	0.00245	0.0118	0.3395	0.00234
0.0113	0.1846	0.00278	0.0100	0.3006	0.00277	0.0100	0.3396	0.00273
0.0126	0.1880	0.00274	0.0119	0.3008	0.00242	0.0116	0.3403	0.00233
0.0114	0.1894	0.00275	0.0108	0.3009	0.00246	0.0172	0.3403	0.00594
0.0100	0.1895	0.00288	0.0100	0.3015	0.00277	0.0119	0.3406	0.00235
0.0117	0.1899	0.00276	0.0109	0.3031	0.00243	0.0117	0.3407	0.00233
0.0100	0.1954	0.00286	0.0119	0.3032	0.00242	0.0100	0.3408	0.00273
0.0131	0.2017	0.00280	0.0100	0.3033	0.00276	0.0100	0.3411	0.00272
0.0113	0.2027	0.00269	0.0111	0.3040	0.00242	0.0117	0.3418	0.00233
0.0113	0.2073	0.00267	0.0114	0.3041	0.00242	0.0116	0.3419	0.00233
0.0133	0.2083	0.00283	0.0123	0.3055	0.00247	0.0100	0.3420	0.00272
0.0133	0.2083	0.00283	0.0144	0.3070	0.00392	0.0116	0.3421	0.00233
0.0133	0.2091	0.00283	0.0114	0.3074	0.00241	0.0108	0.3422	0.00238
0.0113	0.2094	0.00266	0.0100	0.3081	0.00276	0.0118	0.3424	0.00234
0.0113	0.2094	0.00266	0.0100	0.3085	0.00276	0.0117	0.3424	0.00233
0.0116	0.2102	0.00266	0.0119	0.3086	0.00241	0.0197	0.3424	0.00750
0.0100	0.2110	0.00280	0.0121	0.3087	0.00242	0.0108	0.3424	0.00239
0.0149	0.2120	0.00443	0.0108	0.3088	0.00244	0.0116	0.3425	0.00233
0.0132	0.2130	0.00278	0.0107	0.3102	0.00245	0.0100	0.3426	0.00272
0.0205	0.2133	0.00813	0.0119	0.3108	0.00240	0.0120	0.3427	0.00236
0.0117	0.2184	0.00264	0.0103	0.3109	0.00255	0.0108	0.3428	0.00239
0.0126	0.2195	0.00262	0.0119	0.3131	0.00240	0.0108	0.3428	0.00239
0.0114	0.2207	0.00263	0.0113	0.3131	0.00240	0.0108	0.3428	0.00239
0.0119	0.2226	0.00263	0.0102	0.3135	0.00258	0.0117	0.3429	0.00233
0.0107	0.2246	0.00266	0.0114	0.3135	0.00240	0.0117	0.3429	0.00233
0.0100	0.2275	0.00289	0.0100	0.3137	0.00275	0.0127	0.3431	0.00236
0.0147	0.2280	0.00422	0.0120	0.3142	0.00240	0.0118	0.3435	0.00233
0.0100	0.2283	0.00289	0.0113	0.3142	0.00240	0.0119	0.3439	0.00234
0.0188	0.2287	0.00705	0.0120	0.3145	0.00241	0.0116	0.3439	0.00232
0.0105	0.2288	0.00270	0.0122	0.3149	0.00242	0.0118	0.3441	0.00234
0.0123	0.2302	0.00265	0.0112	0.3151	0.00241	0.0116	0.3443	0.00233
0.0123	0.2302	0.00265	0.0102	0.3154	0.00258	0.0102	0.3454	0.00253
0.0123	0.2302	0.00265	0.0112	0.3176	0.00240	0.0117	0.3456	0.00233
0.0122	0.2323	0.00263	0.0119	0.3178	0.00239	0.0118	0.3458	0.00233

0.0106	0.2332	0.00268	0.0100	0.3179	0.00275	0.0123	0.3460	0.00240
0.0100	0.2332	0.00288	0.0103	0.3180	0.00255	0.0117	0.3464	0.00232
0.0126	0.2334	0.00257	0.0120	0.3180	0.00239	0.0117	0.3464	0.00233
0.0106	0.2335	0.00268	0.0100	0.3201	0.00275	0.0116	0.3465	0.00232
0.0118	0.2345	0.00256	0.0115	0.3201	0.00238	0.0114	0.3470	0.00235
0.0173	0.2346	0.00615	0.0122	0.3205	0.00241	0.0119	0.3470	0.00234
0.0100	0.2363	0.00287	0.0122	0.3205	0.00241	0.0116	0.3471	0.00232
0.0108	0.2373	0.00261	0.0122	0.3205	0.00241	0.0161	0.3471	0.00528
0.0108	0.2389	0.00259	0.0103	0.3209	0.00254	0.0117	0.3471	0.00232
0.0110	0.2416	0.00258	0.0122	0.3210	0.00241	0.0119	0.3473	0.00234
0.0110	0.2416	0.00258	0.0208	0.3211	0.00692	0.0100	0.3474	0.00272
0.0110	0.2427	0.00257	0.0116	0.3219	0.00236	0.0116	0.3478	0.00232
0.0107	0.2432	0.00259	0.0116	0.3220	0.00236	0.0117	0.3486	0.00232
0.0107	0.2432	0.00259	0.0116	0.3220	0.00236	0.0101	0.3488	0.00254
0.0110	0.2433	0.00256	0.0100	0.3223	0.00274	0.0116	0.3488	0.00232
0.0100	0.2439	0.00286	0.0116	0.3230	0.00236	0.0117	0.3488	0.00232
0.0100	0.2447	0.00285	0.0100	0.3230	0.00274	0.0100	0.3491	0.00271
0.0136	0.2450	0.00284	0.0110	0.3235	0.00239	0.0119	0.3493	0.00233
0.0168	0.2464	0.00568	0.0111	0.3236	0.00239	0.0100	0.3494	0.00271
0.0107	0.2484	0.00259	0.0110	0.3244	0.00239	0.0147	0.3495	0.00406
0.0139	0.2489	0.00305	0.0122	0.3249	0.00240	0.0100	0.3496	0.00271
0.0113	0.2507	0.00253	0.0122	0.3249	0.00240	0.0118	0.3501	0.00233
0.0113	0.2509	0.00253	0.0122	0.3249	0.00240	0.0124	0.3502	0.00242
0.0100	0.2518	0.00284	0.0122	0.3249	0.00240	0.0118	0.3507	0.00233
0.0106	0.2525	0.00262	0.0122	0.3249	0.00240	0.0117	0.3507	0.00232
0.0160	0.2538	0.00533	0.0119	0.3251	0.00238	0.0124	0.3508	0.00242
0.0104	0.2596	0.00263	0.0119	0.3251	0.00238	0.0117	0.3508	0.00232
0.0107	0.2622	0.00255	0.0118	0.3252	0.00237	0.0117	0.3510	0.00232
0.0130	0.2644	0.00257	0.0119	0.3255	0.00238	0.0117	0.3511	0.00232
0.0201	0.2646	0.00786	0.0131	0.3256	0.00249	0.0120	0.3516	0.00235
0.0100	0.2657	0.00281	0.0100	0.3260	0.00274	0.0121	0.3518	0.00236
0.0100	0.2665	0.00281	0.0101	0.3265	0.00257	0.0117	0.3518	0.00232
0.0119	0.2670	0.00249	0.0193	0.3268	0.00732	0.0117	0.3519	0.00232
0.0123	0.2674	0.00254	0.0118	0.3276	0.00236	0.0163	0.3522	0.00536
0.0144	0.2675	0.00395	0.0115	0.3278	0.00237	-	-	-

Fonte: Autor (2025).

Tabela A6 – Candidatos equifinais selecionados no Teste 2 para a sub-bacia S3 com dados de profundidade (1º quartil)

Candidatos Equifinais (1º Quartil)								
N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE
0.0262	0.0331	0.00555	0.0100	0.2019	0.00086	0.0107	0.2248	0.00110
0.0228	0.0418	0.00473	0.0100	0.2019	0.00086	0.0100	0.2248	0.00086

0.0184	0.0440	0.00353	0.0122	0.2022	0.00158	0.0100	0.2249	0.00086
0.0129	0.0444	0.00185	0.0100	0.2027	0.00086	0.0100	0.2251	0.00086
0.0147	0.0450	0.00246	0.0101	0.2027	0.00089	0.0100	0.2251	0.00086
0.0146	0.0451	0.00241	0.0100	0.2028	0.00086	0.0100	0.2252	0.00086
0.0153	0.0456	0.00261	0.0100	0.2028	0.00086	0.0100	0.2254	0.00086
0.0241	0.0515	0.00506	0.0122	0.2037	0.00158	0.0100	0.2254	0.00086
0.0118	0.0521	0.00148	0.0162	0.2039	0.00288	0.0100	0.2255	0.00086
0.0118	0.0521	0.00148	0.0100	0.2042	0.00086	0.0100	0.2255	0.00086
0.0118	0.0615	0.00147	0.0100	0.2042	0.00086	0.0100	0.2256	0.00086
0.0118	0.0693	0.00148	0.0100	0.2053	0.00086	0.0100	0.2259	0.00086
0.0278	0.0709	0.00590	0.0100	0.2053	0.00086	0.0100	0.2260	0.00086
0.0114	0.0755	0.00133	0.0100	0.2053	0.00086	0.0100	0.2261	0.00086
0.0119	0.0755	0.00148	0.0100	0.2053	0.00086	0.0100	0.2261	0.00086
0.0119	0.0755	0.00148	0.0133	0.2083	0.00194	0.0100	0.2261	0.00086
0.0178	0.0778	0.00333	0.0100	0.2088	0.00086	0.0100	0.2261	0.00086
0.0121	0.0829	0.00156	0.0113	0.2094	0.00128	0.0100	0.2262	0.00086
0.0114	0.0831	0.00131	0.0113	0.2094	0.00128	0.0100	0.2262	0.00086
0.0119	0.0974	0.00149	0.0100	0.2097	0.00086	0.0163	0.2262	0.00289
0.0120	0.1002	0.00154	0.0197	0.2104	0.00393	0.0100	0.2265	0.00086
0.0110	0.1027	0.00118	0.0100	0.2108	0.00086	0.0100	0.2266	0.00086
0.0168	0.1031	0.00306	0.0100	0.2111	0.00086	0.0100	0.2267	0.00086
0.0100	0.1077	0.00087	0.0100	0.2117	0.00086	0.0100	0.2269	0.00086
0.0110	0.1186	0.00118	0.0100	0.2118	0.00086	0.0100	0.2269	0.00086
0.0116	0.1216	0.00138	0.0100	0.2119	0.00086	0.0100	0.2269	0.00086
0.0104	0.1231	0.00098	0.0100	0.2121	0.00086	0.0100	0.2270	0.00086
0.0105	0.1235	0.00103	0.0100	0.2121	0.00086	0.0100	0.2270	0.00086
0.0105	0.1235	0.00103	0.0100	0.2124	0.00087	0.0155	0.2270	0.00266
0.0300	0.1259	0.00636	0.0100	0.2125	0.00086	0.0143	0.2273	0.00227
0.0126	0.1261	0.00173	0.0100	0.2125	0.00086	0.0100	0.2273	0.00086
0.0111	0.1263	0.00123	0.0123	0.2129	0.00161	0.0100	0.2273	0.00086
0.0120	0.1273	0.00152	0.0100	0.2139	0.00086	0.0100	0.2273	0.00086
0.0174	0.1285	0.00322	0.0105	0.2140	0.00103	0.0100	0.2274	0.00086
0.0170	0.1292	0.00312	0.0100	0.2140	0.00086	0.0100	0.2274	0.00086
0.0125	0.1304	0.00168	0.0263	0.2141	0.00554	0.0100	0.2275	0.00086
0.0138	0.1311	0.00213	0.0108	0.2144	0.00111	0.0100	0.2275	0.00086
0.0180	0.1331	0.00339	0.0119	0.2144	0.00150	0.0100	0.2276	0.00086
0.0151	0.1336	0.00252	0.0100	0.2146	0.00086	0.0111	0.2277	0.00121
0.0100	0.1342	0.00087	0.0100	0.2153	0.00086	0.0100	0.2277	0.00086
0.0100	0.1342	0.00087	0.0100	0.2153	0.00086	0.0100	0.2277	0.00086
0.0123	0.1346	0.00163	0.0100	0.2154	0.00086	0.0138	0.2280	0.00212
0.0135	0.1347	0.00201	0.0100	0.2158	0.00086	0.0100	0.2280	0.00086
0.0155	0.1349	0.00266	0.0300	0.2158	0.00635	0.0100	0.2281	0.00086
0.0100	0.1352	0.00087	0.0100	0.2158	0.00086	0.0100	0.2281	0.00086
0.0100	0.1356	0.00087	0.0100	0.2159	0.00086	0.0100	0.2282	0.00086

0.0104	0.1372	0.00099	0.0100	0.2159	0.00086	0.0100	0.2282	0.00086
0.0122	0.1375	0.00161	0.0231	0.2159	0.00480	0.0100	0.2283	0.00086
0.0116	0.1394	0.00139	0.0180	0.2162	0.00346	0.0100	0.2283	0.00086
0.0116	0.1394	0.00139	0.0100	0.2162	0.00086	0.0108	0.2283	0.00112
0.0100	0.1403	0.00087	0.0100	0.2166	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0116	0.1414	0.00138	0.0100	0.2166	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0119	0.1428	0.00148	0.0100	0.2168	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0126	0.1430	0.00173	0.0100	0.2169	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0110	0.1437	0.00118	0.0100	0.2171	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0110	0.1439	0.00118	0.0100	0.2172	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0110	0.1448	0.00119	0.0100	0.2175	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0105	0.1454	0.00102	0.0100	0.2176	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0153	0.1459	0.00259	0.0100	0.2176	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0110	0.1470	0.00118	0.0105	0.2177	0.00102	0.0100	0.2284	0.00086
0.0153	0.1477	0.00259	0.0100	0.2178	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0122	0.1479	0.00161	0.0103	0.2178	0.00095	0.0100	0.2284	0.00086
0.0123	0.1508	0.00162	0.0100	0.2179	0.00087	0.0100	0.2284	0.00086
0.0109	0.1510	0.00117	0.0100	0.2184	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0110	0.1515	0.00120	0.0100	0.2185	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1516	0.00087	0.0159	0.2186	0.00277	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1516	0.00087	0.0100	0.2187	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0106	0.1517	0.00105	0.0100	0.2187	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0124	0.1533	0.00164	0.0100	0.2188	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0212	0.1535	0.00432	0.0100	0.2188	0.00086	0.0198	0.2284	0.00393
0.0100	0.1538	0.00087	0.0100	0.2193	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0158	0.1545	0.00274	0.0100	0.2195	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0163	0.1558	0.00291	0.0100	0.2199	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1590	0.00087	0.0100	0.2201	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1590	0.00087	0.0211	0.2202	0.00429	0.0100	0.2284	0.00086
0.0111	0.1591	0.00123	0.0100	0.2203	0.00086	0.0125	0.2284	0.00170
0.0122	0.1592	0.00160	0.0100	0.2205	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0132	0.1594	0.00190	0.0100	0.2206	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0120	0.1606	0.00153	0.0100	0.2207	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0113	0.1606	0.00128	0.0100	0.2208	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0113	0.1606	0.00128	0.0100	0.2209	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1617	0.00087	0.0100	0.2210	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1620	0.00087	0.0100	0.2213	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1627	0.00087	0.0179	0.2215	0.00334	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1629	0.00087	0.0100	0.2218	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1632	0.00087	0.0100	0.2218	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1641	0.00087	0.0100	0.2219	0.00086	0.0159	0.2284	0.00279
0.0100	0.1643	0.00087	0.0100	0.2220	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1643	0.00087	0.0100	0.2221	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0110	0.1644	0.00119	0.0100	0.2222	0.00086	0.0258	0.2284	0.00543

0.0100	0.1647	0.00087	0.0100	0.2223	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0146	0.1660	0.00238	0.0100	0.2225	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0110	0.1664	0.00119	0.0100	0.2225	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1666	0.00087	0.0100	0.2226	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1675	0.00087	0.0100	0.2228	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1687	0.00087	0.0189	0.2229	0.00364	0.0100	0.2284	0.00086
0.0102	0.1691	0.00094	0.0100	0.2229	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1732	0.00087	0.0300	0.2229	0.00635	0.0100	0.2284	0.00086
0.0129	0.1732	0.00184	0.0100	0.2230	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1746	0.00087	0.0162	0.2230	0.00287	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1754	0.00087	0.0100	0.2232	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1757	0.00087	0.0100	0.2232	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0275	0.1779	0.00582	0.0169	0.2232	0.00309	0.0100	0.2284	0.00086
0.0109	0.1783	0.00116	0.0100	0.2232	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1787	0.00087	0.0140	0.2233	0.00217	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1792	0.00087	0.0100	0.2233	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0125	0.1800	0.00170	0.0100	0.2234	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0101	0.1811	0.00090	0.0100	0.2235	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0118	0.1814	0.00144	0.0100	0.2235	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0117	0.1814	0.00143	0.0100	0.2235	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1825	0.00086	0.0100	0.2235	0.00086	0.0186	0.2284	0.00355
0.0100	0.1830	0.00086	0.0100	0.2236	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0109	0.1842	0.00116	0.0100	0.2237	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1875	0.00086	0.0100	0.2238	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0127	0.1875	0.00177	0.0269	0.2239	0.00568	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1881	0.00086	0.0100	0.2240	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0291	0.1882	0.00618	0.0100	0.2240	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0110	0.1898	0.00119	0.0134	0.2241	0.00199	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1970	0.00086	0.0100	0.2241	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0114	0.1972	0.00131	0.0100	0.2243	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.1997	0.00086	0.0100	0.2244	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0120	0.2003	0.00152	0.0100	0.2244	0.00086	0.0100	0.2284	0.00086
0.0100	0.2005	0.00086	0.0100	0.2244	0.00086	0.0178	0.2284	0.00331

Fonte: Autor (2025)

Tabela A7 – Candidatos equifinais selecionados no Teste 3 para a sub-bacia S1 com dados de profundidade (1º quartil)

Candidatos Equifinais (1º Quartil)								
N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE
0.0262	0.0331	0.00201	0.0174	0.0602	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0356	0.00061	0.0100	0.0603	0.00294	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0368	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056

0.0257	0.0378	0.00190	0.0276	0.0603	0.00253	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0384	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0124	0.0405	0.00181	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0300	0.0414	0.00298	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0414	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0414	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0100	0.0603	0.00294
0.0174	0.0416	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0180	0.0603	0.00059
0.0228	0.0418	0.00150	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0420	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0426	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0100	0.0428	0.00293	0.0174	0.0603	0.00056	0.0182	0.0603	0.00061
0.0257	0.0430	0.00188	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0175	0.0431	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0433	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0436	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0439	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0184	0.0440	0.00064	0.0300	0.0603	0.00301	0.0174	0.0603	0.00056
0.0184	0.0440	0.00064	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0442	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0442	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0443	0.00061	0.0264	0.0603	0.00202	0.0174	0.0603	0.00056
0.0146	0.0451	0.00113	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0452	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0117	0.0455	0.00239	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0459	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0464	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0465	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0130	0.0603	0.00161
0.0174	0.0465	0.00061	0.0238	0.0603	0.00171	0.0244	0.0603	0.00184
0.0174	0.0466	0.00061	0.0195	0.0603	0.00079	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0467	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0472	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0474	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0475	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0136	0.0476	0.00142	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0476	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0173	0.0603	0.00056
0.0146	0.0477	0.00113	0.0174	0.0603	0.00056	0.0100	0.0603	0.00294
0.0174	0.0480	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0481	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0299	0.0603	0.00299
0.0174	0.0481	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0100	0.0603	0.00294
0.0174	0.0482	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0482	0.00061	0.0100	0.0603	0.00294	0.0174	0.0603	0.00056
0.0136	0.0483	0.00141	0.0253	0.0603	0.00203	0.0174	0.0603	0.00056
0.0162	0.0486	0.00077	0.0174	0.0603	0.00056	0.0126	0.0603	0.00175
0.0174	0.0492	0.00061	0.0300	0.0603	0.00301	0.0174	0.0603	0.00056

0.0174	0.0492	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0100	0.0492	0.00294	0.0174	0.0603	0.00056	0.0100	0.0603	0.00294
0.0150	0.0493	0.00103	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0493	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0494	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0270	0.0603	0.00241
0.0174	0.0494	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0495	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0496	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0499	0.00061	0.0100	0.0603	0.00294	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0501	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0503	0.00061	0.0151	0.0603	0.00097	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0503	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0506	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0506	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0506	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0508	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0510	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0511	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0175	0.0513	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0241	0.0515	0.00178	0.0174	0.0603	0.00056	0.0100	0.0603	0.00294
0.0175	0.0518	0.00061	0.0240	0.0603	0.00176	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0518	0.00061	0.0116	0.0603	0.00244	0.0192	0.0603	0.00074
0.0174	0.0519	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0520	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0520	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0220	0.0603	0.00131
0.0174	0.0521	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0100	0.0521	0.00294	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0118	0.0521	0.00235	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0522	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0522	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0522	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0523	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0525	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0165	0.0525	0.00068	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0100	0.0525	0.00294	0.0174	0.0603	0.00056	0.0199	0.0603	0.00087
0.0128	0.0527	0.00169	0.0279	0.0603	0.00259	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0528	0.00061	0.0235	0.0603	0.00165	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0529	0.00061	0.0100	0.0603	0.00294	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0529	0.00061	0.0129	0.0603	0.00165	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0529	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0530	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0530	0.00061	0.0201	0.0603	0.00091	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0530	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0531	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056

0.0161	0.0532	0.00075	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0175	0.0532	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0532	0.00061	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0253	0.0536	0.00202	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0538	0.00063	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0540	0.00063	0.0217	0.0603	0.00125	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0542	0.00058	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0156	0.0542	0.00085	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0543	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0543	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0543	0.00063	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0543	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0544	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0544	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0100	0.0545	0.00294	0.0212	0.0603	0.00115	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0546	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0546	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0546	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0546	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0548	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0549	0.00056	0.0100	0.0603	0.00294	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0550	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0556	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0300	0.0556	0.00301	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0260	0.0557	0.00194	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0557	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0100	0.0603	0.00294
0.0174	0.0558	0.00056	0.0100	0.0603	0.00294	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0558	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0561	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0562	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0238	0.0603	0.00172
0.0174	0.0562	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0300	0.0603	0.00301
0.0174	0.0562	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0562	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0106	0.0603	0.00269
0.0174	0.0563	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0564	0.00056	0.0201	0.0603	0.00092	0.0174	0.0603	0.00056
0.0100	0.0564	0.00294	0.0147	0.0603	0.00111	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0565	0.00056	0.0300	0.0603	0.00301	0.0174	0.0603	0.00056
0.0279	0.0566	0.00259	0.0300	0.0603	0.00301	0.0300	0.0603	0.00301
0.0101	0.0567	0.00291	0.0117	0.0603	0.00240	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0567	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0570	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0571	0.00056	0.0300	0.0603	0.00301	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0571	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0572	0.00056	0.0300	0.0603	0.00301	0.0174	0.0603	0.00056

0.0174	0.0594	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0594	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0594	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0282	0.0595	0.00265	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0595	0.00056	0.0184	0.0603	0.00062	0.0300	0.0603	0.00301
0.0291	0.0595	0.00280	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0595	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0233	0.0603	0.00159
0.0174	0.0595	0.00056	0.0300	0.0603	0.00301	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0595	0.00056	0.0100	0.0603	0.00294	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0596	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0100	0.0603	0.00294
0.0157	0.0596	0.00081	0.0174	0.0603	0.00056	0.0300	0.0603	0.00301
0.0174	0.0596	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0597	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0300	0.0597	0.00301	0.0174	0.0603	0.00056	0.0215	0.0603	0.00122
0.0174	0.0597	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0597	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0300	0.0603	0.00301
0.0174	0.0597	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0175	0.0597	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0222	0.0603	0.00136
0.0175	0.0597	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0175	0.0597	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0184	0.0597	0.00063	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0175	0.0598	0.00056	0.0208	0.0603	0.00106	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0598	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0598	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0598	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0598	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0100	0.0598	0.00294	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0598	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0599	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0300	0.0603	0.00301
0.0174	0.0599	0.00056	0.0164	0.0603	0.00070	0.0100	0.0603	0.00294
0.0175	0.0600	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0175	0.0600	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0175	0.0600	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0175	0.0600	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0175	0.0600	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0117	0.0603	0.00239
0.0175	0.0600	0.00056	0.0188	0.0603	0.00067	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0600	0.00056	0.0300	0.0603	0.00301	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0600	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0600	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0600	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0100	0.0603	0.00294
0.0174	0.0600	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0600	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0251	0.0600	0.00200	0.0174	0.0603	0.00056	0.0100	0.0603	0.00294
0.0246	0.0600	0.00187	0.0153	0.0603	0.00094	0.0174	0.0603	0.00056

0.0174	0.0601	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0601	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0162	0.0603	0.00073
0.0174	0.0601	0.00056	0.0215	0.0603	0.00122	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0601	0.00056	0.0266	0.0603	0.00196	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0601	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0601	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0601	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0100	0.0601	0.00294	0.0300	0.0603	0.00301	0.0201	0.0603	0.00092
0.0174	0.0601	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0300	0.0603	0.00301
0.0174	0.0601	0.00056	0.0245	0.0603	0.00185	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0601	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0189	0.0601	0.00070	0.0244	0.0603	0.00184	0.0100	0.0603	0.00294
0.0174	0.0602	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0602	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0237	0.0603	0.00170
0.0174	0.0602	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0602	0.00056	0.0284	0.0603	0.00267	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0602	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0602	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0155	0.0603	0.00091
0.0174	0.0602	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0602	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0100	0.0602	0.00294	0.0132	0.0603	0.00156	0.0174	0.0603	0.00056
0.0165	0.0602	0.00068	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0602	0.00056	0.0229	0.0603	0.00152	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0602	0.00056	0.0255	0.0603	0.00182	0.0160	0.0603	0.00076
0.0174	0.0602	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0602	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056
0.0174	0.0602	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056	0.0174	0.0603	0.00056

Fonte: Autor (2025).

Tabela A8 – Candidatos equifinais selecionados no Teste 3 utilizando GA para a sub-bacia S2 com dados de profundidade (1º quartil)

Candidatos Equifinais (1º Quartil)								
N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE
0.0184	0.0440	0.00858	0.0135	0.3120	0.00264	0.0117	0.4439	0.00221
0.0181	0.0444	0.00836	0.0119	0.3120	0.00240	0.0117	0.4439	0.00221
0.0146	0.0451	0.00638	0.0119	0.3120	0.00240	0.0117	0.4439	0.00221
0.0183	0.0514	0.00820	0.0122	0.3121	0.00243	0.0117	0.4439	0.00221
0.0118	0.0521	0.00508	0.0112	0.3125	0.00239	0.0116	0.4439	0.00221
0.0119	0.0755	0.00414	0.0112	0.3125	0.00239	0.0116	0.4447	0.00221
0.0168	0.1031	0.00632	0.0112	0.3125	0.00239	0.0116	0.4449	0.00221
0.0168	0.1031	0.00632	0.0178	0.3129	0.00632	0.0117	0.4452	0.00221
0.0105	0.1235	0.00329	0.0121	0.3130	0.00242	0.0116	0.4457	0.00221
0.0105	0.1235	0.00329	0.0119	0.3134	0.00239	0.0116	0.4459	0.00221

0.0151	0.1235	0.00489	0.0119	0.3134	0.00239	0.0100	0.4460	0.00249
0.0174	0.1285	0.00658	0.0123	0.3139	0.00243	0.0116	0.4461	0.00221
0.0176	0.1302	0.00672	0.0123	0.3139	0.00243	0.0116	0.4479	0.00221
0.0180	0.1331	0.00685	0.0123	0.3139	0.00243	0.0116	0.4481	0.00221
0.0155	0.1349	0.00508	0.0123	0.3139	0.00243	0.0116	0.4481	0.00221
0.0165	0.1391	0.00595	0.0107	0.3147	0.00244	0.0116	0.4483	0.00221
0.0116	0.1394	0.00310	0.0117	0.3150	0.00238	0.0116	0.4483	0.00221
0.0116	0.1394	0.00310	0.0117	0.3150	0.00238	0.0116	0.4483	0.00221
0.0153	0.1459	0.00490	0.0111	0.3151	0.00240	0.0116	0.4483	0.00221
0.0116	0.1476	0.00302	0.0111	0.3151	0.00240	0.0116	0.4488	0.00221
0.0154	0.1486	0.00494	0.0116	0.3154	0.00237	0.0116	0.4488	0.00221
0.0162	0.1523	0.00570	0.0112	0.3160	0.00240	0.0116	0.4489	0.00221
0.0174	0.1549	0.00646	0.0122	0.3162	0.00242	0.0100	0.4491	0.00249
0.0163	0.1558	0.00577	0.0123	0.3167	0.00243	0.0116	0.4493	0.00221
0.0137	0.1593	0.00321	0.0121	0.3168	0.00242	0.0116	0.4495	0.00221
0.0117	0.1593	0.00294	0.0100	0.3168	0.00275	0.0116	0.4499	0.00221
0.0122	0.1605	0.00296	0.0100	0.3170	0.00275	0.0116	0.4505	0.00221
0.0120	0.1606	0.00294	0.0122	0.3172	0.00243	0.0116	0.4507	0.00221
0.0120	0.1606	0.00294	0.0100	0.3173	0.00275	0.0100	0.4508	0.00249
0.0163	0.1611	0.00575	0.0116	0.3178	0.00237	0.0116	0.4514	0.00220
0.0126	0.1619	0.00287	0.0119	0.3181	0.00239	0.0116	0.4515	0.00220
0.0146	0.1660	0.00436	0.0119	0.3181	0.00239	0.0144	0.4516	0.00381
0.0112	0.1749	0.00283	0.0119	0.3181	0.00239	0.0116	0.4516	0.00220
0.0133	0.1764	0.00299	0.0116	0.3187	0.00236	0.0134	0.4518	0.00244
0.0110	0.1792	0.00282	0.0113	0.3192	0.00239	0.0127	0.4519	0.00223
0.0115	0.1822	0.00279	0.0116	0.3199	0.00236	0.0116	0.4521	0.00221
0.0127	0.1855	0.00279	0.0115	0.3201	0.00236	0.0116	0.4523	0.00220
0.0114	0.1894	0.00275	0.0115	0.3203	0.00238	0.0116	0.4524	0.00220
0.0130	0.2001	0.00279	0.0115	0.3203	0.00238	0.0116	0.4524	0.00220
0.0113	0.2018	0.00269	0.0116	0.3203	0.00236	0.0116	0.4524	0.00220
0.0135	0.2038	0.00294	0.0119	0.3204	0.00238	0.0116	0.4524	0.00220
0.0117	0.2060	0.00269	0.0118	0.3216	0.00237	0.0206	0.4525	0.00803
0.0123	0.2071	0.00274	0.0118	0.3216	0.00237	0.0100	0.4525	0.00248
0.0133	0.2083	0.00283	0.0100	0.3230	0.00274	0.0116	0.4525	0.00220
0.0133	0.2083	0.00283	0.0109	0.3235	0.00241	0.0116	0.4526	0.00220
0.0100	0.2090	0.00281	0.0117	0.3241	0.00236	0.0116	0.4526	0.00220
0.0113	0.2094	0.00266	0.0119	0.3243	0.00237	0.0100	0.4526	0.00248
0.0113	0.2094	0.00266	0.0116	0.3247	0.00235	0.0111	0.4526	0.00224
0.0113	0.2094	0.00266	0.0124	0.3248	0.00247	0.0116	0.4527	0.00220
0.0113	0.2094	0.00266	0.0122	0.3249	0.00240	0.0116	0.4528	0.00220
0.0113	0.2094	0.00266	0.0122	0.3249	0.00240	0.0116	0.4528	0.00220
0.0113	0.2094	0.00266	0.0122	0.3249	0.00240	0.0116	0.4528	0.00220
0.0116	0.2127	0.00265	0.0122	0.3249	0.00240	0.0116	0.4528	0.00220
0.0126	0.2128	0.00264	0.0122	0.3249	0.00240	0.0116	0.4528	0.00220

0.0128	0.2131	0.00269	0.0122	0.3249	0.00240	0.0116	0.4528	0.00220
0.0122	0.2133	0.00268	0.0100	0.3253	0.00274	0.0116	0.4528	0.00220
0.0113	0.2144	0.00265	0.0122	0.3272	0.00240	0.0116	0.4530	0.00220
0.0170	0.2159	0.00601	0.0122	0.3273	0.00240	0.0100	0.4530	0.00248
0.0118	0.2164	0.00263	0.0122	0.3273	0.00240	0.0116	0.4530	0.00220
0.0163	0.2175	0.00553	0.0122	0.3273	0.00240	0.0116	0.4531	0.00220
0.0124	0.2175	0.00274	0.0115	0.3301	0.00236	0.0116	0.4531	0.00220
0.0100	0.2176	0.00291	0.0163	0.3309	0.00541	0.0116	0.4531	0.00220
0.0129	0.2185	0.00270	0.0107	0.3350	0.00245	0.0116	0.4531	0.00220
0.0120	0.2191	0.00263	0.0107	0.3350	0.00245	0.0116	0.4531	0.00220
0.0134	0.2260	0.00283	0.0100	0.3353	0.00273	0.0116	0.4532	0.00220
0.0131	0.2266	0.00271	0.0157	0.3358	0.00474	0.0116	0.4533	0.00220
0.0123	0.2278	0.00266	0.0117	0.3359	0.00234	0.0116	0.4533	0.00220
0.0123	0.2278	0.00266	0.0100	0.3366	0.00273	0.0116	0.4533	0.00220
0.0147	0.2280	0.00422	0.0122	0.3386	0.00238	0.0116	0.4533	0.00220
0.0111	0.2288	0.00261	0.0117	0.3403	0.00233	0.0116	0.4533	0.00220
0.0120	0.2291	0.00261	0.0117	0.3403	0.00233	0.0116	0.4534	0.00220
0.0114	0.2304	0.00260	0.0188	0.3412	0.00692	0.0116	0.4534	0.00220
0.0114	0.2316	0.00259	0.0116	0.3416	0.00233	0.0116	0.4534	0.00220
0.0127	0.2342	0.00259	0.0100	0.3439	0.00272	0.0116	0.4535	0.00220
0.0122	0.2394	0.00260	0.0207	0.3439	0.00817	0.0116	0.4535	0.00220
0.0114	0.2401	0.00256	0.0134	0.3468	0.00256	0.0116	0.4535	0.00220
0.0123	0.2417	0.00261	0.0118	0.3472	0.00233	0.0116	0.4536	0.00220
0.0143	0.2425	0.00395	0.0116	0.3484	0.00232	0.0116	0.4537	0.00220
0.0144	0.2432	0.00403	0.0104	0.3484	0.00248	0.0116	0.4537	0.00220
0.0113	0.2448	0.00256	0.0201	0.3498	0.00778	0.0100	0.4537	0.00248
0.0124	0.2454	0.00265	0.0104	0.3514	0.00249	0.0116	0.4537	0.00220
0.0101	0.2454	0.00282	0.0104	0.3514	0.00249	0.0116	0.4537	0.00220
0.0116	0.2454	0.00254	0.0104	0.3514	0.00249	0.0116	0.4537	0.00220
0.0121	0.2472	0.00257	0.0118	0.3519	0.00233	0.0116	0.4539	0.00220
0.0112	0.2473	0.00254	0.0118	0.3578	0.00232	0.0115	0.4539	0.00220
0.0122	0.2491	0.00258	0.0118	0.3590	0.00231	0.0116	0.4539	0.00220
0.0120	0.2533	0.00254	0.0114	0.3592	0.00233	0.0116	0.4539	0.00220
0.0117	0.2547	0.00251	0.0113	0.3613	0.00233	0.0116	0.4539	0.00220
0.0125	0.2555	0.00248	0.0119	0.3618	0.00232	0.0116	0.4541	0.00220
0.0125	0.2555	0.00248	0.0119	0.3627	0.00232	0.0116	0.4542	0.00220
0.0119	0.2556	0.00253	0.0113	0.3662	0.00233	0.0116	0.4543	0.00220
0.0110	0.2559	0.00253	0.0119	0.3671	0.00232	0.0116	0.4543	0.00220
0.0121	0.2570	0.00255	0.0119	0.3671	0.00232	0.0100	0.4545	0.00248
0.0128	0.2583	0.00256	0.0117	0.3674	0.00229	0.0116	0.4548	0.00220
0.0113	0.2585	0.00252	0.0100	0.3675	0.00270	0.0116	0.4549	0.00220
0.0115	0.2616	0.00249	0.0113	0.3677	0.00232	0.0116	0.4551	0.00220
0.0118	0.2616	0.00249	0.0117	0.3677	0.00229	0.0115	0.4551	0.00220
0.0119	0.2646	0.00250	0.0134	0.3727	0.00254	0.0115	0.4551	0.00220

0.0116	0.2648	0.00250	0.0134	0.3727	0.00254	0.0115	0.4551	0.00220
0.0110	0.2653	0.00251	0.0134	0.3727	0.00254	0.0115	0.4551	0.00220
0.0116	0.2658	0.00250	0.0119	0.3752	0.00230	0.0116	0.4553	0.00220
0.0144	0.2675	0.00395	0.0100	0.3757	0.00269	0.0116	0.4553	0.00220
0.0144	0.2675	0.00395	0.0100	0.3757	0.00269	0.0116	0.4553	0.00220
0.0132	0.2687	0.00263	0.0100	0.3757	0.00269	0.0116	0.4553	0.00220
0.0117	0.2692	0.00247	0.0117	0.3780	0.00228	0.0197	0.4554	0.00745
0.0122	0.2693	0.00252	0.0100	0.3780	0.00269	0.0100	0.4554	0.00248
0.0132	0.2702	0.00264	0.0117	0.3787	0.00228	0.0116	0.4556	0.00220
0.0138	0.2713	0.00300	0.0139	0.3796	0.00354	0.0116	0.4557	0.00220
0.0118	0.2719	0.00247	0.0116	0.3807	0.00228	0.0102	0.4560	0.00243
0.0118	0.2719	0.00247	0.0100	0.3807	0.00269	0.0116	0.4561	0.00220
0.0118	0.2719	0.00247	0.0190	0.3816	0.00705	0.0116	0.4564	0.00220
0.0118	0.2719	0.00247	0.0113	0.3819	0.00231	0.0116	0.4568	0.00220
0.0162	0.2724	0.00542	0.0118	0.3819	0.00228	0.0100	0.4570	0.00248
0.0109	0.2738	0.00250	0.0117	0.3819	0.00228	0.0159	0.4573	0.00504
0.0109	0.2738	0.00250	0.0179	0.3837	0.00634	0.0116	0.4573	0.00220
0.0109	0.2747	0.00249	0.0117	0.3837	0.00228	0.0116	0.4575	0.00220
0.0127	0.2751	0.00247	0.0116	0.3853	0.00227	0.0116	0.4576	0.00220
0.0127	0.2751	0.00247	0.0116	0.3856	0.00227	0.0116	0.4577	0.00220
0.0127	0.2751	0.00247	0.0116	0.3862	0.00227	0.0116	0.4579	0.00220
0.0112	0.2759	0.00246	0.0116	0.3868	0.00227	0.0116	0.4579	0.00220
0.0127	0.2761	0.00246	0.0196	0.3882	0.00742	0.0116	0.4579	0.00220
0.0117	0.2763	0.00246	0.0116	0.3899	0.00227	0.0116	0.4580	0.00220
0.0116	0.2774	0.00247	0.0116	0.3899	0.00227	0.0116	0.4580	0.00220
0.0113	0.2775	0.00247	0.0117	0.3911	0.00227	0.0116	0.4580	0.00220
0.0113	0.2776	0.00247	0.0119	0.3922	0.00228	0.0116	0.4581	0.00220
0.0113	0.2776	0.00247	0.0100	0.3923	0.00268	0.0116	0.4582	0.00220
0.0124	0.2776	0.00256	0.0116	0.3929	0.00226	0.0116	0.4582	0.00220
0.0114	0.2778	0.00246	0.0100	0.3929	0.00268	0.0116	0.4582	0.00220
0.0114	0.2778	0.00246	0.0117	0.3947	0.00226	0.0116	0.4582	0.00220
0.0121	0.2784	0.00249	0.0117	0.3965	0.00226	0.0116	0.4582	0.00220
0.0109	0.2795	0.00249	0.0117	0.3966	0.00226	0.0116	0.4582	0.00220
0.0122	0.2797	0.00250	0.0117	0.3971	0.00226	0.0116	0.4583	0.00220
0.0111	0.2798	0.00246	0.0117	0.3977	0.00226	0.0116	0.4584	0.00220
0.0109	0.2800	0.00248	0.0116	0.3987	0.00225	0.0116	0.4584	0.00220
0.0100	0.2805	0.00279	0.0116	0.3997	0.00225	0.0100	0.4586	0.00248
0.0114	0.2808	0.00246	0.0161	0.3999	0.00522	0.0116	0.4587	0.00220
0.0100	0.2811	0.00279	0.0139	0.4010	0.00354	0.0116	0.4588	0.00220
0.0113	0.2815	0.00246	0.0118	0.4010	0.00226	0.0116	0.4591	0.00220
0.0111	0.2815	0.00246	0.0183	0.4020	0.00655	0.0116	0.4591	0.00220
0.0135	0.2817	0.00271	0.0117	0.4029	0.00226	0.0116	0.4591	0.00220
0.0111	0.2826	0.00246	0.0117	0.4029	0.00226	0.0116	0.4594	0.00220
0.0113	0.2831	0.00245	0.0118	0.4037	0.00226	0.0116	0.4594	0.00220

0.0113	0.2831	0.00245	0.0118	0.4041	0.00226	0.0116	0.4594	0.00220
0.0113	0.2831	0.00245	0.0117	0.4050	0.00225	0.0179	0.4595	0.00628
0.0181	0.2831	0.00654	0.0118	0.4051	0.00226	0.0116	0.4596	0.00220
0.0110	0.2837	0.00247	0.0116	0.4054	0.00225	0.0128	0.4602	0.00225
0.0119	0.2864	0.00245	0.0118	0.4058	0.00226	0.0116	0.4602	0.00220
0.0126	0.2864	0.00242	0.0117	0.4080	0.00225	0.0116	0.4602	0.00220
0.0119	0.2865	0.00245	0.0117	0.4093	0.00225	0.0116	0.4604	0.00220
0.0122	0.2866	0.00248	0.0173	0.4097	0.00596	0.0116	0.4604	0.00220
0.0128	0.2887	0.00247	0.0117	0.4104	0.00224	0.0116	0.4606	0.00220
0.0128	0.2887	0.00247	0.0100	0.4114	0.00267	0.0116	0.4610	0.00220
0.0128	0.2887	0.00247	0.0117	0.4125	0.00224	0.0116	0.4610	0.00220
0.0125	0.2888	0.00241	0.0117	0.4128	0.00225	0.0116	0.4611	0.00220
0.0125	0.2888	0.00241	0.0183	0.4151	0.00656	0.0116	0.4611	0.00220
0.0122	0.2890	0.00248	0.0113	0.4152	0.00227	0.0200	0.4612	0.00764
0.0122	0.2890	0.00248	0.0117	0.4154	0.00224	0.0116	0.4614	0.00220
0.0124	0.2892	0.00254	0.0117	0.4197	0.00224	0.0116	0.4614	0.00220
0.0176	0.2895	0.00624	0.0116	0.4201	0.00223	0.0116	0.4616	0.00220
0.0108	0.2895	0.00248	0.0117	0.4205	0.00224	0.0116	0.4616	0.00220
0.0108	0.2895	0.00248	0.0117	0.4205	0.00224	0.0116	0.4616	0.00220
0.0100	0.2898	0.00278	0.0117	0.4213	0.00223	0.0116	0.4616	0.00220
0.0133	0.2898	0.00261	0.0117	0.4214	0.00224	0.0116	0.4616	0.00220
0.0133	0.2898	0.00261	0.0117	0.4238	0.00223	0.0116	0.4617	0.00220
0.0108	0.2900	0.00247	0.0100	0.4238	0.00251	0.0116	0.4617	0.00220
0.0108	0.2900	0.00247	0.0116	0.4253	0.00223	0.0116	0.4620	0.00220
0.0100	0.2901	0.00278	0.0117	0.4257	0.00223	0.0116	0.4621	0.00220
0.0117	0.2902	0.00242	0.0116	0.4270	0.00223	0.0116	0.4624	0.00220
0.0117	0.2902	0.00242	0.0116	0.4270	0.00223	0.0100	0.4624	0.00248
0.0117	0.2902	0.00242	0.0116	0.4270	0.00223	0.0116	0.4628	0.00220
0.0117	0.2902	0.00242	0.0116	0.4270	0.00223	0.0116	0.4628	0.00220
0.0124	0.2905	0.00253	0.0116	0.4270	0.00223	0.0116	0.4628	0.00220
0.0100	0.2929	0.00277	0.0117	0.4274	0.00223	0.0116	0.4628	0.00220
0.0124	0.2929	0.00252	0.0116	0.4276	0.00223	0.0116	0.4629	0.00219
0.0118	0.2930	0.00243	0.0117	0.4277	0.00223	0.0116	0.4629	0.00219
0.0116	0.2947	0.00241	0.0116	0.4287	0.00222	0.0116	0.4631	0.00220
0.0116	0.2947	0.00241	0.0116	0.4303	0.00222	0.0116	0.4631	0.00220
0.0202	0.2948	0.00789	0.0117	0.4304	0.00223	0.0116	0.4631	0.00220
0.0120	0.2954	0.00244	0.0117	0.4307	0.00223	0.0116	0.4631	0.00220
0.0116	0.2957	0.00241	0.0117	0.4312	0.00223	0.0116	0.4631	0.00220
0.0124	0.2960	0.00252	0.0117	0.4316	0.00222	0.0116	0.4631	0.00220
0.0122	0.2968	0.00246	0.0116	0.4336	0.00222	0.0116	0.4631	0.00220
0.0115	0.2971	0.00242	0.0117	0.4347	0.00222	0.0116	0.4631	0.00220
0.0122	0.2975	0.00246	0.0117	0.4347	0.00222	0.0116	0.4631	0.00220
0.0116	0.2979	0.00241	0.0117	0.4350	0.00222	0.0116	0.4631	0.00220
0.0113	0.2980	0.00243	0.0117	0.4353	0.00222	0.0116	0.4631	0.00220

0.0113	0.2980	0.00243	0.0116	0.4354	0.00222	0.0116	0.4631	0.00220
0.0121	0.2985	0.00244	0.0117	0.4357	0.00222	0.0116	0.4631	0.00220
0.0117	0.2985	0.00241	0.0117	0.4358	0.00222	0.0116	0.4631	0.00220
0.0122	0.2990	0.00246	0.0116	0.4360	0.00222	0.0116	0.4631	0.00220
0.0100	0.2992	0.00277	0.0116	0.4363	0.00222	0.0116	0.4631	0.00219
0.0122	0.2992	0.00246	0.0119	0.4376	0.00223	0.0116	0.4631	0.00219
0.0100	0.2992	0.00277	0.0100	0.4377	0.00250	0.0116	0.4632	0.00219
0.0123	0.2992	0.00247	0.0115	0.4398	0.00221	0.0116	0.4632	0.00220
0.0122	0.2994	0.00246	0.0115	0.4398	0.00221	0.0116	0.4632	0.00220
0.0116	0.2997	0.00240	0.0115	0.4398	0.00221	0.0116	0.4632	0.00220
0.0122	0.2997	0.00245	0.0116	0.4411	0.00221	0.0116	0.4632	0.00220
0.0122	0.2998	0.00246	0.0101	0.4411	0.00247	0.0116	0.4632	0.00220
0.0100	0.2999	0.00277	0.0116	0.4415	0.00221	0.0116	0.4632	0.00219
0.0121	0.3004	0.00244	0.0116	0.4415	0.00221	0.0116	0.4633	0.00220
0.0175	0.3012	0.00621	0.0116	0.4416	0.00221	0.0116	0.4633	0.00219
0.0122	0.3012	0.00245	0.0117	0.4417	0.00222	0.0116	0.4633	0.00220
0.0118	0.3012	0.00241	0.0116	0.4418	0.00221	0.0116	0.4634	0.00219
0.0113	0.3016	0.00243	0.0116	0.4419	0.00221	0.0116	0.4634	0.00219
0.0117	0.3020	0.00240	0.0157	0.4422	0.00462	0.0116	0.4635	0.00219
0.0133	0.3021	0.00259	0.0115	0.4426	0.00221	0.0116	0.4635	0.00220
0.0117	0.3027	0.00240	0.0117	0.4427	0.00221	0.0116	0.4635	0.00219
0.0117	0.3038	0.00240	0.0117	0.4427	0.00221	0.0116	0.4636	0.00220
0.0100	0.3045	0.00276	0.0117	0.4427	0.00221	0.0116	0.4636	0.00219
0.0203	0.3052	0.00791	0.0117	0.4427	0.00221	0.0116	0.4637	0.00219
0.0123	0.3053	0.00245	0.0117	0.4427	0.00221	0.0116	0.4638	0.00219
0.0112	0.3057	0.00241	0.0116	0.4427	0.00221	0.0116	0.4638	0.00219
0.0185	0.3063	0.00679	0.0116	0.4428	0.00221	0.0116	0.4639	0.00219
0.0116	0.3063	0.00239	0.0100	0.4429	0.00249	0.0116	0.4639	0.00219
0.0144	0.3070	0.00392	0.0116	0.4431	0.00221	0.0116	0.4639	0.00219
0.0144	0.3070	0.00392	0.0161	0.4432	0.00520	0.0116	0.4639	0.00219
0.0121	0.3073	0.00243	0.0116	0.4432	0.00221	0.0116	0.4639	0.00219
0.0118	0.3075	0.00240	0.0116	0.4433	0.00221	0.0116	0.4639	0.00219
0.0117	0.3077	0.00239	0.0116	0.4433	0.00221	0.0116	0.4641	0.00219
0.0118	0.3078	0.00240	0.0116	0.4433	0.00221	0.0116	0.4643	0.00219
0.0118	0.3078	0.00240	0.0116	0.4433	0.00221	0.0116	0.4643	0.00219
0.0118	0.3078	0.00240	0.0124	0.4434	0.00232	0.0116	0.4644	0.00219
0.0118	0.3078	0.00240	0.0116	0.4434	0.00221	0.0116	0.4644	0.00219
0.0116	0.3081	0.00238	0.0117	0.4434	0.00221	0.0116	0.4645	0.00219
0.0121	0.3098	0.00242	0.0116	0.4435	0.00221	0.0116	0.4645	0.00219
0.0121	0.3098	0.00242	0.0115	0.4437	0.00221	0.0100	0.4646	0.00248
0.0118	0.3099	0.00239	0.0115	0.4438	0.00221	0.0100	0.4646	0.00248
0.0120	0.3102	0.00241	0.0117	0.4438	0.00221	0.0116	0.4650	0.00219
0.0123	0.3105	0.00244	0.0117	0.4438	0.00221	0.0116	0.4650	0.00219
0.0123	0.3105	0.00244	0.0115	0.4438	0.00221	0.0100	0.4651	0.00248

0.0119	0.3105	0.00240	0.0115	0.4438	0.00221	0.0116	0.4653	0.00219
0.0100	0.3106	0.00276	0.0115	0.4438	0.00221	0.0116	0.4653	0.00219
0.0100	0.3116	0.00275	0.0115	0.4438	0.00221	0.0116	0.4653	0.00219
0.0121	0.3116	0.00242	0.0115	0.4438	0.00221	0.0116	0.4653	0.00219
0.0117	0.3117	0.00238	0.0117	0.4438	0.00221	0.0116	0.4654	0.00219
0.0115	0.3119	0.00240	0.0117	0.4439	0.00221	0.0100	0.4656	0.00248
0.0115	0.3119	0.00240	0.0117	0.4439	0.00221	0.0116	0.4656	0.00219
0.0117	0.3119	0.00238	0.0117	0.4439	0.00221	0.0116	0.4656	0.00219

Fonte: Autor (2025).

Tabela A9 – Candidatos equifinais selecionados no Teste 3 para a sub-bacia S3 com dados de profundidade (1º quartil)

Candidatos Equifinais (1º Quartil)								
N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE
0.0262	0.0331	0.00555	0.0100	0.2105	0.00086	0.0100	0.2272	0.00086
0.0228	0.0418	0.00473	0.0114	0.2106	0.00132	0.0100	0.2273	0.00086
0.0184	0.0440	0.00353	0.0168	0.2107	0.00306	0.0100	0.2274	0.00086
0.0146	0.0451	0.00241	0.0100	0.2107	0.00086	0.0100	0.2275	0.00086
0.0241	0.0515	0.00506	0.0105	0.2107	0.00103	0.0100	0.2275	0.00086
0.0118	0.0521	0.00148	0.0166	0.2107	0.00298	0.0100	0.2276	0.00086
0.0118	0.0521	0.00148	0.0182	0.2109	0.00351	0.0100	0.2277	0.00086
0.0278	0.0709	0.00590	0.0228	0.2111	0.00474	0.0100	0.2277	0.00086
0.0119	0.0755	0.00148	0.0100	0.2111	0.00086	0.0100	0.2277	0.00086
0.0119	0.0755	0.00148	0.0100	0.2113	0.00086	0.0100	0.2278	0.00086
0.0119	0.0786	0.00148	0.0100	0.2115	0.00088	0.0100	0.2278	0.00086
0.0118	0.0856	0.00148	0.0100	0.2115	0.00086	0.0100	0.2279	0.00086
0.0114	0.0944	0.00132	0.0100	0.2115	0.00086	0.0100	0.2279	0.00086
0.0120	0.0967	0.00152	0.0100	0.2115	0.00086	0.0100	0.2279	0.00086
0.0168	0.1031	0.00306	0.0100	0.2118	0.00086	0.0100	0.2280	0.00086
0.0168	0.1031	0.00306	0.0100	0.2119	0.00086	0.0100	0.2280	0.00086
0.0117	0.1037	0.00144	0.0100	0.2119	0.00086	0.0100	0.2280	0.00086
0.0122	0.1070	0.00158	0.0100	0.2119	0.00086	0.0100	0.2280	0.00086
0.0119	0.1112	0.00151	0.0100	0.2120	0.00086	0.0100	0.2282	0.00086
0.0109	0.1133	0.00115	0.0100	0.2122	0.00086	0.0100	0.2282	0.00086
0.0116	0.1151	0.00140	0.0100	0.2122	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0117	0.1155	0.00142	0.0100	0.2122	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0114	0.1168	0.00131	0.0100	0.2123	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0105	0.1235	0.00103	0.0102	0.2126	0.00092	0.0100	0.2283	0.00086
0.0105	0.1235	0.00103	0.0100	0.2126	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0105	0.1235	0.00103	0.0100	0.2126	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0159	0.1248	0.00279	0.0100	0.2127	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0119	0.1252	0.00149	0.0100	0.2127	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0126	0.1261	0.00173	0.0100	0.2127	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086

0.0116	0.1274	0.00141	0.0100	0.2127	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0297	0.1275	0.00631	0.0100	0.2127	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0108	0.1279	0.00113	0.0101	0.2128	0.00090	0.0100	0.2283	0.00086
0.0174	0.1285	0.00322	0.0100	0.2128	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0125	0.1304	0.00168	0.0101	0.2128	0.00091	0.0172	0.2283	0.00317
0.0121	0.1305	0.00155	0.0100	0.2129	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0110	0.1308	0.00120	0.0100	0.2129	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0110	0.1308	0.00120	0.0100	0.2130	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0110	0.1320	0.00119	0.0100	0.2131	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0106	0.1326	0.00105	0.0100	0.2133	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0108	0.1330	0.00112	0.0100	0.2134	0.00086	0.0217	0.2283	0.00443
0.0180	0.1331	0.00339	0.0100	0.2135	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0126	0.1344	0.00173	0.0100	0.2137	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0135	0.1347	0.00201	0.0100	0.2138	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0155	0.1349	0.00266	0.0100	0.2139	0.00086	0.0178	0.2283	0.00329
0.0199	0.1351	0.00397	0.0111	0.2139	0.00121	0.0100	0.2283	0.00086
0.0110	0.1361	0.00119	0.0100	0.2139	0.00086	0.0131	0.2283	0.00189
0.0123	0.1367	0.00163	0.0100	0.2142	0.00088	0.0100	0.2283	0.00086
0.0300	0.1377	0.00636	0.0100	0.2143	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0110	0.1378	0.00118	0.0100	0.2144	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0103	0.1381	0.00097	0.0100	0.2145	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0108	0.1387	0.00112	0.0100	0.2145	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0116	0.1394	0.00139	0.0100	0.2146	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0116	0.1394	0.00139	0.0100	0.2146	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0116	0.1394	0.00139	0.0100	0.2148	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0116	0.1394	0.00139	0.0100	0.2148	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0116	0.1394	0.00139	0.0100	0.2151	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0110	0.1398	0.00120	0.0100	0.2152	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0155	0.1402	0.00266	0.0100	0.2152	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0117	0.1405	0.00141	0.0100	0.2155	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0101	0.1412	0.00089	0.0100	0.2156	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0101	0.1412	0.00089	0.0300	0.2156	0.00635	0.0100	0.2283	0.00086
0.0102	0.1414	0.00092	0.0100	0.2156	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0116	0.1423	0.00140	0.0100	0.2156	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0172	0.1444	0.00319	0.0100	0.2157	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0101	0.1451	0.00089	0.0100	0.2158	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0117	0.1456	0.00144	0.0239	0.2159	0.00501	0.0100	0.2283	0.00086
0.0153	0.1459	0.00259	0.0231	0.2159	0.00480	0.0100	0.2283	0.00086
0.0118	0.1475	0.00145	0.0100	0.2161	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1494	0.00087	0.0100	0.2161	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1494	0.00087	0.0100	0.2161	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1494	0.00087	0.0100	0.2162	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1494	0.00087	0.0100	0.2162	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1494	0.00087	0.0100	0.2163	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086

0.0100	0.1494	0.00087	0.0100	0.2165	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1494	0.00087	0.0100	0.2165	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1494	0.00087	0.0100	0.2167	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0204	0.1497	0.00410	0.0100	0.2170	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0110	0.1500	0.00119	0.0100	0.2171	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0123	0.1508	0.00162	0.0100	0.2172	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1510	0.00087	0.0100	0.2172	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1514	0.00087	0.0100	0.2173	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0111	0.1514	0.00122	0.0100	0.2173	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0153	0.1523	0.00259	0.0100	0.2175	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0212	0.1535	0.00432	0.0100	0.2175	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0110	0.1555	0.00119	0.0100	0.2175	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0163	0.1558	0.00291	0.0100	0.2178	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1581	0.00087	0.0100	0.2180	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0102	0.1582	0.00093	0.0100	0.2182	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0103	0.1591	0.00095	0.0100	0.2183	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0120	0.1606	0.00153	0.0100	0.2183	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0120	0.1606	0.00153	0.0100	0.2185	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0123	0.1627	0.00163	0.0100	0.2186	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0121	0.1634	0.00157	0.0100	0.2186	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1644	0.00087	0.0100	0.2186	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0101	0.1650	0.00088	0.0100	0.2186	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0104	0.1656	0.00100	0.0159	0.2186	0.00277	0.0100	0.2283	0.00086
0.0146	0.1660	0.00238	0.0100	0.2187	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0300	0.1693	0.00635	0.0100	0.2187	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0109	0.1702	0.00115	0.0252	0.2189	0.00531	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1707	0.00087	0.0100	0.2190	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0108	0.1727	0.00111	0.0100	0.2190	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1734	0.00087	0.0100	0.2191	0.00087	0.0100	0.2283	0.00086
0.0112	0.1748	0.00124	0.0100	0.2192	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0112	0.1757	0.00124	0.0100	0.2192	0.00088	0.0100	0.2283	0.00086
0.0121	0.1763	0.00155	0.0100	0.2195	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0275	0.1779	0.00582	0.0100	0.2198	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0152	0.1780	0.00255	0.0100	0.2199	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0102	0.1781	0.00094	0.0100	0.2200	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0300	0.1784	0.00635	0.0100	0.2200	0.00086	0.0280	0.2283	0.00593
0.0100	0.1785	0.00087	0.0100	0.2201	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0104	0.1785	0.00098	0.0100	0.2201	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0117	0.1791	0.00143	0.0100	0.2201	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1791	0.00087	0.0100	0.2201	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0187	0.1795	0.00357	0.0100	0.2202	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0110	0.1796	0.00119	0.0100	0.2202	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0125	0.1800	0.00170	0.0100	0.2205	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0156	0.1805	0.00269	0.0100	0.2205	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086

0.0103	0.1808	0.00095	0.0100	0.2205	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1810	0.00087	0.0100	0.2206	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0110	0.1812	0.00117	0.0100	0.2207	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0103	0.1817	0.00096	0.0100	0.2207	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1818	0.00086	0.0100	0.2207	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1828	0.00086	0.0100	0.2208	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1828	0.00086	0.0100	0.2208	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0184	0.1829	0.00356	0.0100	0.2209	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1829	0.00086	0.0100	0.2209	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1829	0.00086	0.0100	0.2209	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1829	0.00086	0.0100	0.2210	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1829	0.00086	0.0100	0.2210	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1829	0.00086	0.0100	0.2210	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1830	0.00086	0.0100	0.2211	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0103	0.1836	0.00096	0.0100	0.2211	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1838	0.00086	0.0100	0.2211	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1849	0.00087	0.0100	0.2213	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0102	0.1864	0.00093	0.0178	0.2215	0.00331	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1867	0.00088	0.0100	0.2216	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1869	0.00087	0.0258	0.2216	0.00544	0.0100	0.2283	0.00086
0.0112	0.1877	0.00126	0.0100	0.2217	0.00088	0.0100	0.2283	0.00086
0.0291	0.1882	0.00618	0.0100	0.2217	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0114	0.1882	0.00131	0.0100	0.2218	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0200	0.1884	0.00401	0.0101	0.2218	0.00089	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1885	0.00086	0.0100	0.2218	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1885	0.00086	0.0100	0.2219	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1885	0.00086	0.0100	0.2219	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0120	0.1885	0.00154	0.0100	0.2220	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1895	0.00088	0.0100	0.2220	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1896	0.00086	0.0152	0.2220	0.00256	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1900	0.00086	0.0100	0.2222	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1901	0.00088	0.0100	0.2222	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1902	0.00088	0.0100	0.2223	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0101	0.1905	0.00089	0.0100	0.2223	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0101	0.1905	0.00089	0.0100	0.2224	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0101	0.1905	0.00089	0.0100	0.2224	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0106	0.1908	0.00107	0.0100	0.2226	0.00086	0.0121	0.2283	0.00155
0.0100	0.1909	0.00086	0.0100	0.2226	0.00086	0.0157	0.2283	0.00272
0.0100	0.1916	0.00086	0.0100	0.2226	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1919	0.00087	0.0100	0.2226	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0104	0.1924	0.00098	0.0100	0.2227	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0101	0.1926	0.00088	0.0100	0.2228	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1930	0.00087	0.0100	0.2228	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1934	0.00086	0.0118	0.2228	0.00144	0.0100	0.2283	0.00086

0.0100	0.1934	0.00086	0.0100	0.2229	0.00086	0.0256	0.2283	0.00540
0.0100	0.1937	0.00087	0.0100	0.2230	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0123	0.1939	0.00161	0.0164	0.2230	0.00294	0.0100	0.2283	0.00086
0.0115	0.1945	0.00135	0.0100	0.2230	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1947	0.00086	0.0100	0.2231	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1947	0.00086	0.0100	0.2231	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0101	0.1948	0.00090	0.0100	0.2232	0.00086	0.0125	0.2283	0.00170
0.0100	0.1956	0.00086	0.0100	0.2232	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1956	0.00086	0.0100	0.2233	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1957	0.00086	0.0100	0.2233	0.00086	0.0100	0.2283	0.00088
0.0100	0.1957	0.00086	0.0100	0.2234	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1957	0.00086	0.0107	0.2234	0.00107	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1957	0.00086	0.0100	0.2234	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0222	0.1965	0.00457	0.0100	0.2234	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0137	0.1965	0.00207	0.0100	0.2234	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1966	0.00086	0.0100	0.2235	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1966	0.00086	0.0100	0.2235	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1966	0.00086	0.0281	0.2236	0.00595	0.0183	0.2283	0.00352
0.0247	0.1966	0.00519	0.0100	0.2236	0.00086	0.0194	0.2283	0.00384
0.0102	0.1966	0.00092	0.0186	0.2236	0.00356	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1969	0.00086	0.0100	0.2236	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1973	0.00086	0.0100	0.2237	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1977	0.00086	0.0100	0.2238	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1985	0.00086	0.0100	0.2239	0.00086	0.0109	0.2283	0.00116
0.0102	0.1986	0.00093	0.0204	0.2239	0.00412	0.0100	0.2283	0.00086
0.0102	0.1986	0.00093	0.0100	0.2241	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1986	0.00086	0.0100	0.2241	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1987	0.00086	0.0100	0.2241	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1989	0.00086	0.0100	0.2241	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1989	0.00086	0.0100	0.2241	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0122	0.1993	0.00158	0.0100	0.2241	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0114	0.1995	0.00132	0.0100	0.2241	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1997	0.00087	0.0100	0.2241	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1998	0.00086	0.0100	0.2241	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0181	0.1998	0.00338	0.0100	0.2242	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.1999	0.00087	0.0103	0.2242	0.00095	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2001	0.00086	0.0100	0.2242	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2002	0.00087	0.0100	0.2242	0.00086	0.0171	0.2283	0.00315
0.0100	0.2005	0.00086	0.0100	0.2242	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2005	0.00086	0.0100	0.2243	0.00086	0.0151	0.2283	0.00252
0.0100	0.2006	0.00086	0.0100	0.2243	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2011	0.00086	0.0102	0.2243	0.00093	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2012	0.00086	0.0100	0.2244	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0227	0.2015	0.00470	0.0100	0.2244	0.00086	0.0102	0.2283	0.00092

0.0100	0.2019	0.00086	0.0100	0.2245	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2019	0.00086	0.0173	0.2245	0.00319	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2027	0.00087	0.0281	0.2245	0.00595	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2030	0.00087	0.0102	0.2248	0.00093	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2032	0.00086	0.0102	0.2248	0.00093	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2035	0.00086	0.0100	0.2249	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2039	0.00086	0.0100	0.2250	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2039	0.00086	0.0100	0.2250	0.00086	0.0127	0.2283	0.00175
0.0100	0.2039	0.00086	0.0103	0.2251	0.00096	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2039	0.00086	0.0100	0.2251	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2039	0.00086	0.0100	0.2251	0.00086	0.0147	0.2283	0.00244
0.0100	0.2039	0.00086	0.0100	0.2251	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2040	0.00086	0.0100	0.2252	0.00086	0.0196	0.2283	0.00388
0.0100	0.2048	0.00086	0.0100	0.2252	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2050	0.00086	0.0100	0.2252	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2055	0.00086	0.0100	0.2253	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0183	0.2058	0.00353	0.0100	0.2253	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2063	0.00086	0.0100	0.2254	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2072	0.00086	0.0100	0.2255	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2072	0.00086	0.0100	0.2255	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2072	0.00086	0.0100	0.2255	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2076	0.00086	0.0100	0.2258	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2077	0.00086	0.0100	0.2258	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0119	0.2080	0.00149	0.0100	0.2258	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0133	0.2083	0.00194	0.0174	0.2259	0.00323	0.0100	0.2283	0.00086
0.0133	0.2083	0.00194	0.0100	0.2260	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2084	0.00086	0.0100	0.2261	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2087	0.00086	0.0101	0.2261	0.00089	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2087	0.00086	0.0100	0.2262	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0176	0.2088	0.00327	0.0100	0.2262	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0120	0.2090	0.00151	0.0100	0.2263	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2091	0.00086	0.0100	0.2263	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2092	0.00086	0.0100	0.2264	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0281	0.2093	0.00596	0.0100	0.2264	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2093	0.00086	0.0187	0.2266	0.00360	0.0100	0.2283	0.00086
0.0113	0.2094	0.00128	0.0100	0.2266	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0113	0.2094	0.00128	0.0100	0.2266	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0113	0.2094	0.00128	0.0100	0.2266	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0113	0.2094	0.00128	0.0100	0.2266	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0113	0.2095	0.00129	0.0100	0.2268	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2096	0.00086	0.0100	0.2268	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0105	0.2098	0.00102	0.0186	0.2270	0.00356	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2098	0.00086	0.0100	0.2271	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086
0.0100	0.2100	0.00086	0.0100	0.2272	0.00086	0.0100	0.2283	0.00086

Fonte: Autor (2025).

Tabela A10 – Candidatos equifinais selecionados no Teste 4 para a sub-bacia S1 com dados de escoamento superficial (1º quartil)

Candidatos Equifinais (1º Quartil)								
N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE
0.0200	0.0383	0.07969	0.0199	0.0610	0.02714	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0395	0.07442	0.0200	0.0610	0.02666	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0410	0.06844	0.0200	0.0610	0.02659	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0419	0.06531	0.0200	0.0611	0.02655	0.0200	0.0630	0.02625
0.0207	0.0428	0.09452	0.0195	0.0611	0.04776	0.0200	0.0630	0.02625
0.0202	0.0431	0.07946	0.0199	0.0613	0.02663	0.0200	0.0630	0.02625
0.0201	0.0432	0.06226	0.0199	0.0613	0.02663	0.0200	0.0630	0.02625
0.0201	0.0432	0.06226	0.0199	0.0613	0.02663	0.0200	0.0630	0.02625
0.0201	0.0432	0.06226	0.0199	0.0613	0.02663	0.0200	0.0630	0.02625
0.0201	0.0432	0.06226	0.0200	0.0613	0.02649	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0432	0.06114	0.0200	0.0613	0.02649	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0432	0.06114	0.0199	0.0613	0.02685	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0432	0.06114	0.0200	0.0615	0.02643	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0432	0.06114	0.0200	0.0615	0.02643	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0432	0.06114	0.0199	0.0616	0.02675	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0441	0.05790	0.0200	0.0616	0.02646	0.0200	0.0630	0.02625
0.0207	0.0443	0.08921	0.0200	0.0616	0.02646	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0444	0.05692	0.0200	0.0616	0.02646	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0447	0.05585	0.0200	0.0616	0.02646	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0453	0.05411	0.0200	0.0618	0.02662	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0454	0.05361	0.0200	0.0618	0.02662	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0459	0.05232	0.0200	0.0618	0.02662	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0465	0.05034	0.0200	0.0618	0.02662	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0466	0.05006	0.0200	0.0618	0.02662	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0467	0.04989	0.0200	0.0618	0.02662	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0470	0.04915	0.0199	0.0618	0.02672	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0470	0.04898	0.0200	0.0618	0.02636	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0473	0.04826	0.0199	0.0618	0.02664	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0473	0.04816	0.0200	0.0619	0.02635	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0474	0.04784	0.0200	0.0620	0.02634	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0475	0.04772	0.0199	0.0620	0.02650	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0475	0.04753	0.0199	0.0620	0.02650	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0478	0.04689	0.0200	0.0620	0.02634	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0484	0.04540	0.0200	0.0620	0.02632	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0484	0.04522	0.0200	0.0621	0.02631	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0486	0.04488	0.0200	0.0623	0.02630	0.0200	0.0630	0.02629
0.0200	0.0487	0.04466	0.0199	0.0623	0.02644	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0489	0.04405	0.0199	0.0623	0.02644	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0491	0.04370	0.0199	0.0624	0.02646	0.0200	0.0630	0.02625

0.0200	0.0492	0.04342	0.0199	0.0624	0.02643	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0493	0.04311	0.0199	0.0624	0.02642	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0498	0.04183	0.0200	0.0624	0.02628	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0499	0.04161	0.0199	0.0624	0.02641	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0501	0.04122	0.0199	0.0625	0.02642	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0502	0.04096	0.0199	0.0625	0.02641	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0503	0.04072	0.0200	0.0626	0.02626	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0504	0.04061	0.0200	0.0626	0.02631	0.0200	0.0630	0.02628
0.0200	0.0504	0.04047	0.0199	0.0626	0.02641	0.0199	0.0630	0.02635
0.0200	0.0508	0.03954	0.0200	0.0626	0.02626	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0508	0.03954	0.0200	0.0626	0.02627	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0509	0.03947	0.0200	0.0626	0.02627	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0509	0.03946	0.0200	0.0626	0.02626	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0511	0.03905	0.0200	0.0626	0.02626	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0512	0.03879	0.0200	0.0627	0.02629	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0517	0.03787	0.0200	0.0627	0.02629	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0518	0.03748	0.0200	0.0627	0.02626	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0520	0.03719	0.0200	0.0627	0.02629	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0520	0.03712	0.0200	0.0627	0.02626	0.0200	0.0630	0.02626
0.0200	0.0521	0.03704	0.0200	0.0627	0.02629	0.0200	0.0630	0.02626
0.0200	0.0522	0.03679	0.0200	0.0627	0.02626	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0522	0.03667	0.0200	0.0627	0.02630	0.0200	0.0630	0.02628
0.0200	0.0525	0.03611	0.0200	0.0627	0.02627	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0526	0.03624	0.0199	0.0627	0.02641	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0527	0.03578	0.0200	0.0628	0.02646	0.0195	0.0630	0.05295
0.0200	0.0529	0.03537	0.0200	0.0628	0.02629	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0530	0.03518	0.0200	0.0628	0.02629	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0533	0.03477	0.0200	0.0628	0.02629	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0533	0.03477	0.0200	0.0628	0.02629	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0533	0.03469	0.0200	0.0628	0.02629	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0533	0.03468	0.0200	0.0628	0.02628	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0533	0.03465	0.0200	0.0628	0.02629	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0534	0.03458	0.0200	0.0628	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0202	0.0535	0.06019	0.0200	0.0628	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0537	0.03400	0.0200	0.0628	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0537	0.03396	0.0200	0.0628	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0539	0.03363	0.0200	0.0628	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0545	0.03273	0.0200	0.0628	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0546	0.03258	0.0200	0.0628	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0547	0.03242	0.0200	0.0628	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0547	0.03240	0.0200	0.0628	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0547	0.03235	0.0200	0.0628	0.02626	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0548	0.03227	0.0200	0.0628	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0548	0.03222	0.0200	0.0628	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625

0.0199	0.0577	0.02883	0.0200	0.0629	0.02627	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0578	0.02867	0.0200	0.0629	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0579	0.02873	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0579	0.02856	0.0199	0.0630	0.02635	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0579	0.02854	0.0199	0.0630	0.02635	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0580	0.02846	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0581	0.02839	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0582	0.02828	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0584	0.02813	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0585	0.02805	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0585	0.02799	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0587	0.02784	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0587	0.02784	0.0191	0.0630	0.08543	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0587	0.02784	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0587	0.02784	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0588	0.02778	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0588	0.02776	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0198	0.0588	0.03092	0.0200	0.0630	0.02625	0.0206	0.0630	0.06591
0.0199	0.0589	0.02779	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0589	0.02772	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0589	0.02770	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0589	0.02769	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0590	0.02766	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0591	0.02760	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0591	0.02753	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0592	0.02754	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0592	0.02754	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0592	0.02754	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0593	0.02745	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0593	0.02750	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0593	0.02750	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0593	0.02750	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0595	0.02732	0.0200	0.0630	0.02625	0.0190	0.0630	0.09405
0.0199	0.0595	0.02891	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0597	0.02721	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0597	0.02746	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0597	0.02717	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0598	0.02711	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0598	0.02710	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0599	0.02709	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0599	0.02708	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0599	0.02876	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0599	0.02706	0.0200	0.0630	0.02627	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0600	0.02704	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625

0.0200	0.0600	0.02699	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0601	0.02773	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0601	0.02761	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0602	0.02692	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0603	0.02689	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0603	0.02689	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0605	0.02678	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0605	0.02678	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0605	0.02838	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0606	0.02808	0.0200	0.0630	0.02625	0.0201	0.0630	0.05504
0.0199	0.0606	0.02808	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0606	0.02808	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0607	0.02670	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0608	0.02665	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0608	0.02671	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0609	0.02673	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0198	0.0609	0.02912	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0609	0.02722	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0609	0.02722	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0609	0.02732	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0609	0.02732	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0610	0.02660	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0610	0.02670	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0610	0.02670	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625

Fonte: Autor (2025).

Tabela A11 – Candidatos equifinais selecionados no Teste 4 para a sub-bacia S2 com dados de escoamento superficial (1º quartil)

Candidatos Equifinais (1º Quartil)								
N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE
0.0151	0.0925	0.09607	0.0149	0.2572	0.02294	0.0150	0.3091	0.01515
0.0153	0.1066	0.08989	0.0149	0.2576	0.02306	0.0150	0.3107	0.01485
0.0149	0.1113	0.07773	0.0149	0.2576	0.02306	0.0150	0.3109	0.01526
0.0152	0.1131	0.08429	0.0149	0.2592	0.02277	0.0150	0.3112	0.01475
0.0145	0.1177	0.08805	0.0149	0.2603	0.02261	0.0149	0.3121	0.01525
0.0154	0.1220	0.09914	0.0149	0.2607	0.02427	0.0150	0.3130	0.01459
0.0155	0.1349	0.08510	0.0150	0.2618	0.02174	0.0150	0.3131	0.01430
0.0155	0.1349	0.08510	0.0150	0.2618	0.02174	0.0150	0.3135	0.01453
0.0154	0.1391	0.07763	0.0150	0.2618	0.02174	0.0156	0.3136	0.07221
0.0155	0.1406	0.08317	0.0146	0.2621	0.04594	0.0150	0.3136	0.01422
0.0153	0.1459	0.06634	0.0149	0.2635	0.02368	0.0149	0.3141	0.01549
0.0153	0.1459	0.06634	0.0150	0.2636	0.02163	0.0149	0.3141	0.01504
0.0153	0.1459	0.06634	0.0150	0.2637	0.02148	0.0150	0.3147	0.01420

0.0153	0.1465	0.06493	0.0149	0.2640	0.02242	0.0150	0.3156	0.01416
0.0153	0.1543	0.06344	0.0150	0.2643	0.02149	0.0149	0.3160	0.01623
0.0150	0.1546	0.05161	0.0150	0.2649	0.02115	0.0144	0.3160	0.06907
0.0149	0.1576	0.05178	0.0150	0.2661	0.02132	0.0149	0.3162	0.01818
0.0154	0.1585	0.06746	0.0150	0.2669	0.02102	0.0149	0.3163	0.01566
0.0150	0.1601	0.04936	0.0150	0.2669	0.02102	0.0149	0.3163	0.01566
0.0153	0.1612	0.05837	0.0150	0.2669	0.02102	0.0150	0.3165	0.01413
0.0148	0.1613	0.05224	0.0144	0.2675	0.07503	0.0150	0.3170	0.01406
0.0153	0.1616	0.06123	0.0144	0.2675	0.07503	0.0150	0.3173	0.01434
0.0146	0.1618	0.06278	0.0144	0.2675	0.07503	0.0149	0.3174	0.01491
0.0148	0.1621	0.05246	0.0144	0.2675	0.07503	0.0149	0.3175	0.01487
0.0153	0.1632	0.06031	0.0151	0.2680	0.02255	0.0150	0.3175	0.01384
0.0146	0.1660	0.06692	0.0151	0.2680	0.02255	0.0149	0.3177	0.01707
0.0146	0.1660	0.06692	0.0151	0.2680	0.02255	0.0149	0.3179	0.01726
0.0146	0.1660	0.06692	0.0151	0.2686	0.03395	0.0145	0.3181	0.05963
0.0146	0.1660	0.06692	0.0149	0.2699	0.02223	0.0149	0.3187	0.01464
0.0146	0.1660	0.06692	0.0149	0.2706	0.02136	0.0149	0.3191	0.01457
0.0146	0.1660	0.06692	0.0149	0.2706	0.02070	0.0149	0.3191	0.01457
0.0153	0.1702	0.05747	0.0149	0.2706	0.02070	0.0149	0.3191	0.01455
0.0151	0.1746	0.05127	0.0149	0.2706	0.02070	0.0150	0.3193	0.01383
0.0148	0.1771	0.04591	0.0149	0.2706	0.02070	0.0148	0.3195	0.02700
0.0153	0.1773	0.05605	0.0149	0.2706	0.02070	0.0150	0.3197	0.01362
0.0149	0.1782	0.04342	0.0146	0.2727	0.04385	0.0153	0.3197	0.03268
0.0149	0.1824	0.04163	0.0149	0.2728	0.02338	0.0150	0.3200	0.01368
0.0148	0.1842	0.04788	0.0149	0.2735	0.02150	0.0150	0.3200	0.01368
0.0149	0.1896	0.03934	0.0148	0.2746	0.02603	0.0150	0.3200	0.01368
0.0149	0.1901	0.03898	0.0150	0.2755	0.01979	0.0150	0.3200	0.01368
0.0151	0.1967	0.04617	0.0149	0.2756	0.02042	0.0150	0.3200	0.01368
0.0149	0.1972	0.03771	0.0150	0.2762	0.01952	0.0150	0.3200	0.01368
0.0149	0.1972	0.03771	0.0150	0.2763	0.01949	0.0150	0.3200	0.01368
0.0149	0.1972	0.03771	0.0150	0.2765	0.01963	0.0150	0.3200	0.01416
0.0149	0.1972	0.03771	0.0144	0.2795	0.06565	0.0150	0.3208	0.01360
0.0150	0.1990	0.03565	0.0149	0.2809	0.02100	0.0150	0.3214	0.01363
0.0149	0.1991	0.03618	0.0151	0.2823	0.02092	0.0149	0.3217	0.01994
0.0149	0.2004	0.03646	0.0151	0.2823	0.02092	0.0150	0.3220	0.01341
0.0148	0.2016	0.03952	0.0148	0.2825	0.02874	0.0150	0.3221	0.01356
0.0152	0.2052	0.04616	0.0148	0.2838	0.02932	0.0149	0.3224	0.01407
0.0152	0.2052	0.04616	0.0150	0.2883	0.01831	0.0150	0.3226	0.01333
0.0150	0.2056	0.03380	0.0149	0.2888	0.01859	0.0150	0.3226	0.01333
0.0152	0.2074	0.04559	0.0149	0.2888	0.01859	0.0144	0.3231	0.06986
0.0152	0.2074	0.04559	0.0149	0.2888	0.01859	0.0144	0.3231	0.06986
0.0149	0.2076	0.03400	0.0150	0.2890	0.01760	0.0147	0.3239	0.03455
0.0149	0.2082	0.03498	0.0150	0.2890	0.01760	0.0150	0.3242	0.01318
0.0150	0.2111	0.03242	0.0150	0.2890	0.01760	0.0150	0.3244	0.01314

0.0149	0.2180	0.03266	0.0149	0.2892	0.01826	0.0150	0.3244	0.01343
0.0149	0.2180	0.03266	0.0149	0.2910	0.02081	0.0145	0.3244	0.05499
0.0150	0.2181	0.03061	0.0150	0.2916	0.01722	0.0150	0.3248	0.01344
0.0150	0.2181	0.03061	0.0149	0.2930	0.02131	0.0150	0.3248	0.01344
0.0149	0.2181	0.03256	0.0150	0.2930	0.01721	0.0149	0.3249	0.01401
0.0146	0.2185	0.04952	0.0150	0.2942	0.01688	0.0150	0.3250	0.01309
0.0149	0.2194	0.03133	0.0151	0.2958	0.01811	0.0150	0.3256	0.01305
0.0149	0.2201	0.03107	0.0150	0.2960	0.01659	0.0150	0.3256	0.01305
0.0149	0.2231	0.03009	0.0149	0.2961	0.02178	0.0150	0.3257	0.01300
0.0149	0.2268	0.03173	0.0150	0.2966	0.01660	0.0150	0.3257	0.01300
0.0150	0.2285	0.02848	0.0150	0.2966	0.01660	0.0150	0.3257	0.01289
0.0150	0.2285	0.02848	0.0149	0.2968	0.02004	0.0150	0.3257	0.01289
0.0150	0.2285	0.02848	0.0151	0.2968	0.01892	0.0150	0.3257	0.01289
0.0150	0.2285	0.02848	0.0151	0.2968	0.01892	0.0150	0.3257	0.01289
0.0148	0.2285	0.03282	0.0150	0.2992	0.01632	0.0150	0.3258	0.01314
0.0148	0.2285	0.03282	0.0150	0.3003	0.01589	0.0149	0.3258	0.01517
0.0151	0.2314	0.03748	0.0149	0.3005	0.01801	0.0149	0.3258	0.01517
0.0151	0.2314	0.03748	0.0150	0.3010	0.01593	0.0149	0.3258	0.01517
0.0149	0.2332	0.02782	0.0150	0.3014	0.01611	0.0150	0.3258	0.01300
0.0153	0.2332	0.04589	0.0150	0.3025	0.01567	0.0150	0.3262	0.01298
0.0151	0.2344	0.03701	0.0151	0.3032	0.02957	0.0150	0.3262	0.01349
0.0148	0.2350	0.03485	0.0150	0.3035	0.01567	0.0150	0.3263	0.01349
0.0149	0.2360	0.02740	0.0151	0.3046	0.03002	0.0150	0.3264	0.01281
0.0149	0.2360	0.02740	0.0150	0.3050	0.01545	0.0150	0.3264	0.01281
0.0149	0.2373	0.02882	0.0150	0.3051	0.01541	0.0150	0.3264	0.01281
0.0149	0.2373	0.02882	0.0150	0.3051	0.01541	0.0150	0.3264	0.01281
0.0146	0.2384	0.04769	0.0150	0.3051	0.01541	0.0150	0.3264	0.01307
0.0148	0.2388	0.03068	0.0150	0.3051	0.01541	0.0150	0.3267	0.01356
0.0149	0.2390	0.02662	0.0150	0.3060	0.01537	0.0150	0.3268	0.01279
0.0149	0.2407	0.02690	0.0147	0.3063	0.03307	0.0149	0.3273	0.01872
0.0149	0.2439	0.02737	0.0150	0.3069	0.01540	0.0149	0.3273	0.02002
0.0150	0.2444	0.02524	0.0144	0.3070	0.06809	0.0150	0.3275	0.01278
0.0150	0.2444	0.02524	0.0144	0.3070	0.06809	0.0150	0.3277	0.01296
0.0150	0.2444	0.02524	0.0144	0.3070	0.06809	0.0149	0.3278	0.01358
0.0149	0.2451	0.02512	0.0150	0.3071	0.01532	0.0149	0.3280	0.01346
0.0149	0.2476	0.02633	0.0151	0.3074	0.03009	0.0148	0.3281	0.02107
0.0150	0.2544	0.02299	0.0151	0.3074	0.03009	0.0149	0.3282	0.01381
0.0149	0.2558	0.02721	0.0150	0.3080	0.01550	0.0150	0.3284	0.01281
0.0148	0.2564	0.02766	0.0142	0.3081	0.08810	0.0150	0.3285	0.01326
0.0148	0.2564	0.02766	0.0150	0.3086	0.01543	0.0149	0.3287	0.01413
0.0149	0.2566	0.02464	0.0150	0.3087	0.01497	0.0150	0.3290	0.01308
0.0150	0.2569	0.02284	0.0150	0.3087	0.01497	0.0149	0.3293	0.01334

Fonte: Autor (2025).

Tabela A12 – Candidatos equifinais selecionados no Teste 4 para a sub-bacia S3 com dados de escoamento superficial (1º quartil)

Candidatos Equifinais (1º Quartil)								
N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE
0.0105	0.1235	0.08812	0.0100	0.1563	0.01098	0.0100	0.1595	0.01087
0.0105	0.1235	0.08812	0.0100	0.1565	0.01097	0.0100	0.1595	0.01087
0.0105	0.1235	0.08812	0.0100	0.1566	0.01096	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1389	0.01485	0.0100	0.1567	0.01096	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1407	0.01420	0.0100	0.1567	0.01096	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1421	0.01373	0.0100	0.1567	0.01095	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1421	0.01373	0.0100	0.1569	0.01097	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1421	0.01373	0.0100	0.1571	0.01094	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1422	0.01368	0.0100	0.1572	0.01093	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1425	0.01360	0.0100	0.1574	0.01092	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1427	0.01355	0.0100	0.1574	0.01092	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1429	0.01349	0.0100	0.1574	0.01092	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1441	0.01310	0.0100	0.1574	0.01092	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1442	0.01310	0.0100	0.1575	0.01092	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1446	0.01299	0.0100	0.1575	0.01092	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1446	0.01297	0.0100	0.1576	0.01091	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1446	0.01297	0.0100	0.1577	0.01119	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1449	0.01288	0.0100	0.1577	0.01091	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1452	0.01282	0.0100	0.1577	0.01162	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1455	0.01274	0.0100	0.1579	0.01090	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1456	0.01547	0.0100	0.1579	0.01093	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1456	0.01547	0.0100	0.1581	0.01090	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1456	0.01547	0.0100	0.1583	0.01094	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1458	0.01266	0.0100	0.1584	0.01089	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1459	0.01265	0.0100	0.1585	0.01089	0.0100	0.1596	0.01092
0.0100	0.1459	0.01262	0.0100	0.1586	0.01089	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1460	0.01260	0.0100	0.1586	0.01089	0.0100	0.1596	0.01089
0.0100	0.1462	0.01256	0.0100	0.1586	0.01089	0.0100	0.1596	0.01092
0.0100	0.1467	0.01244	0.0100	0.1586	0.01093	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1469	0.01271	0.0100	0.1586	0.01088	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1472	0.01233	0.0100	0.1587	0.01094	0.0100	0.1596	0.01092
0.0100	0.1472	0.01232	0.0100	0.1588	0.01212	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1477	0.01220	0.0100	0.1589	0.01088	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1479	0.01216	0.0100	0.1589	0.01088	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1480	0.01213	0.0100	0.1590	0.01088	0.0100	0.1597	0.01087
0.0103	0.1484	0.04154	0.0100	0.1590	0.01088	0.0100	0.1597	0.01098
0.0100	0.1488	0.01197	0.0100	0.1590	0.01088	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1490	0.01193	0.0100	0.1590	0.01223	0.0100	0.1597	0.01087
0.0101	0.1493	0.01541	0.0100	0.1590	0.01223	0.0100	0.1597	0.01087

0.0101	0.1493	0.01541	0.0100	0.1590	0.01223	0.0100	0.1597	0.01098
0.0100	0.1494	0.01227	0.0100	0.1591	0.01088	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1494	0.01184	0.0100	0.1591	0.01089	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1494	0.01184	0.0100	0.1592	0.01088	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1494	0.01184	0.0100	0.1592	0.01088	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1494	0.01184	0.0100	0.1592	0.01090	0.0100	0.1597	0.01096
0.0100	0.1494	0.01184	0.0100	0.1592	0.01088	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1494	0.01184	0.0100	0.1592	0.01089	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1495	0.01182	0.0100	0.1592	0.01088	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1497	0.01241	0.0100	0.1592	0.01087	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1499	0.01176	0.0100	0.1593	0.01090	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1499	0.01176	0.0100	0.1593	0.01090	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1501	0.01172	0.0100	0.1593	0.01087	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1502	0.01170	0.0100	0.1593	0.01087	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1508	0.01165	0.0100	0.1593	0.01087	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1514	0.01150	0.0100	0.1593	0.01087	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1517	0.01164	0.0100	0.1593	0.01088	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1520	0.01142	0.0100	0.1593	0.01088	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1521	0.01161	0.0100	0.1593	0.01087	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1521	0.01161	0.0100	0.1593	0.01087	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1522	0.01139	0.0100	0.1593	0.01087	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1523	0.01138	0.0100	0.1593	0.01087	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1524	0.01136	0.0100	0.1593	0.01091	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1524	0.01136	0.0100	0.1593	0.01091	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1527	0.01133	0.0100	0.1593	0.01087	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1527	0.01133	0.0100	0.1593	0.01087	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1527	0.01132	0.0100	0.1594	0.01090	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1527	0.01132	0.0100	0.1594	0.01087	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1529	0.01130	0.0100	0.1594	0.01092	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1533	0.01125	0.0100	0.1594	0.01089	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1534	0.01124	0.0100	0.1594	0.01087	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1535	0.01263	0.0100	0.1594	0.01087	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1535	0.01263	0.0100	0.1594	0.01088	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1537	0.01128	0.0100	0.1594	0.01087	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1539	0.01118	0.0100	0.1594	0.01087	0.0100	0.1597	0.01090
0.0100	0.1540	0.01117	0.0100	0.1594	0.01092	0.0100	0.1597	0.01090
0.0100	0.1541	0.01116	0.0100	0.1594	0.01087	0.0100	0.1597	0.01090
0.0100	0.1541	0.01116	0.0100	0.1594	0.01087	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1541	0.01116	0.0100	0.1594	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1542	0.01115	0.0100	0.1595	0.01092	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1543	0.01114	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1543	0.01114	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1544	0.01113	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1544	0.01113	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01090

0.0100	0.1546	0.01112	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1546	0.01111	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01090
0.0100	0.1547	0.01110	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1547	0.01110	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1548	0.01124	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01090
0.0100	0.1548	0.01124	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1549	0.01117	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1549	0.01117	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01090
0.0100	0.1550	0.01107	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01090
0.0100	0.1551	0.01107	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1552	0.01106	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1552	0.01106	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1552	0.01106	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1553	0.01105	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1556	0.01104	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1558	0.01169	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1561	0.01241	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1561	0.01099	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1563	0.01100	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1563	0.01102	0.0100	0.1595	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087

Fonte: Autor (2025).

Tabela A13 – Candidatos equifinais selecionados no Teste 5 para a sub-bacia S1 com dados de escoamento superficial (1º quartil)

Candidatos Equifinais (1º Quartil)								
N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE
0.0200	0.0347	0.09666	0.0199	0.0620	0.02792	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0388	0.07725	0.0200	0.0620	0.02639	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0444	0.05685	0.0200	0.0620	0.02639	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0455	0.05351	0.0200	0.0620	0.02633	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0457	0.05271	0.0199	0.0621	0.02658	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0467	0.04981	0.0200	0.0621	0.02631	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0482	0.04589	0.0199	0.0621	0.02640	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0485	0.04506	0.0199	0.0622	0.02823	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0486	0.04490	0.0200	0.0622	0.02630	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0492	0.04343	0.0199	0.0623	0.02703	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0502	0.04181	0.0200	0.0625	0.02630	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0505	0.04034	0.0200	0.0626	0.02626	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0509	0.03949	0.0200	0.0626	0.02627	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0513	0.03865	0.0200	0.0626	0.02626	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0519	0.03725	0.0200	0.0627	0.02627	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0524	0.03650	0.0200	0.0627	0.02632	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0524	0.03628	0.0200	0.0628	0.02626	0.0200	0.0630	0.02625

0.0199	0.0531	0.03539	0.0199	0.0628	0.02677	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0543	0.03407	0.0199	0.0629	0.02680	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0543	0.03330	0.0200	0.0629	0.02630	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0543	0.03330	0.0200	0.0629	0.02632	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0543	0.03330	0.0199	0.0630	0.02716	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0543	0.03330	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0544	0.03290	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0547	0.03236	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0199	0.0548	0.03267	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0549	0.03211	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0551	0.03187	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0553	0.03152	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0554	0.03146	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0554	0.03143	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0561	0.03049	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0199	0.0562	0.03075	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0199	0.0563	0.03057	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0566	0.02994	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0567	0.02971	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0568	0.02971	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0569	0.02959	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0199	0.0572	0.02924	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0199	0.0575	0.02967	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0576	0.02881	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0581	0.02839	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0582	0.02830	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0582	0.02829	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0199	0.0583	0.02851	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0199	0.0584	0.02895	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0199	0.0584	0.02895	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0586	0.02792	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0199	0.0586	0.02854	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0587	0.02782	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0588	0.02782	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0588	0.02779	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0199	0.0588	0.02953	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0589	0.02782	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0199	0.0589	0.02797	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0589	0.02770	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0199	0.0591	0.02763	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0199	0.0595	0.02937	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0597	0.02718	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0598	0.02718	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0599	0.02711	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625

0.0200	0.0601	0.02699	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0602	0.02690	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0604	0.02682	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0605	0.02676	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0608	0.02668	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0608	0.02667	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0609	0.02667	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0611	0.02657	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0612	0.02652	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0199	0.0613	0.02667	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0199	0.0616	0.02727	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0618	0.02638	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0619	0.02637	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0619	0.02636	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0619	0.02636	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0198	0.0619	0.03070	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0619	0.02634	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0619	0.02634	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625
0.0200	0.0619	0.02634	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0631	0.02625

Fonte: Autor (2025).

Tabela A14 – Candidatos equifinais selecionados no Teste 5 para a sub-bacia S2 com dados de escoamento superficial (1º quartil)

Candidatos Equifinais (1º Quartil)								
N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE
0.0155	0.1272	0.08699	0.0149	0.2657	0.02374	0.0150	0.3175	0.01375
0.0155	0.1278	0.08943	0.0150	0.2670	0.02082	0.0150	0.3179	0.01371
0.0155	0.1285	0.08472	0.0149	0.2671	0.02506	0.0150	0.3200	0.01348
0.0153	0.1302	0.07364	0.0150	0.2673	0.02112	0.0150	0.3203	0.01416
0.0153	0.1302	0.07364	0.0144	0.2675	0.07503	0.0150	0.3203	0.01416
0.0153	0.1322	0.07211	0.0144	0.2675	0.07503	0.0153	0.3210	0.03891
0.0147	0.1349	0.06694	0.0146	0.2676	0.04823	0.0150	0.3259	0.01362
0.0155	0.1349	0.08510	0.0150	0.2679	0.02089	0.0150	0.3262	0.01364
0.0152	0.1356	0.07153	0.0146	0.2681	0.04943	0.0150	0.3267	0.01269
0.0152	0.1404	0.06943	0.0150	0.2689	0.02075	0.0150	0.3277	0.01267
0.0154	0.1414	0.07664	0.0148	0.2701	0.03340	0.0151	0.3315	0.01495
0.0154	0.1442	0.07611	0.0150	0.2705	0.02066	0.0150	0.3316	0.01268
0.0153	0.1459	0.06634	0.0150	0.2723	0.02030	0.0151	0.3325	0.01467
0.0153	0.1459	0.06634	0.0150	0.2725	0.01990	0.0150	0.3331	0.01230
0.0153	0.1459	0.06634	0.0149	0.2732	0.02174	0.0150	0.3334	0.01197
0.0153	0.1469	0.06772	0.0147	0.2733	0.03414	0.0150	0.3343	0.01208
0.0157	0.1472	0.09392	0.0149	0.2735	0.02170	0.0150	0.3344	0.01188
0.0154	0.1501	0.06905	0.0148	0.2746	0.03224	0.0150	0.3344	0.01186

0.0154	0.1501	0.06905	0.0150	0.2752	0.01995	0.0152	0.3348	0.03695
0.0151	0.1547	0.05857	0.0149	0.2755	0.02008	0.0150	0.3352	0.01177
0.0153	0.1563	0.06472	0.0149	0.2756	0.01999	0.0150	0.3364	0.01179
0.0154	0.1630	0.06447	0.0149	0.2756	0.01999	0.0150	0.3365	0.01235
0.0146	0.1660	0.06692	0.0144	0.2764	0.06758	0.0150	0.3377	0.01164
0.0146	0.1660	0.06692	0.0148	0.2764	0.03312	0.0150	0.3382	0.01216
0.0146	0.1660	0.06692	0.0150	0.2772	0.01917	0.0151	0.3392	0.01462
0.0153	0.1674	0.05729	0.0144	0.2779	0.07187	0.0150	0.3413	0.01119
0.0150	0.1721	0.04457	0.0150	0.2780	0.01905	0.0150	0.3418	0.01116
0.0150	0.1723	0.04445	0.0150	0.2789	0.01893	0.0150	0.3419	0.01114
0.0142	0.1732	0.09515	0.0150	0.2795	0.01884	0.0150	0.3431	0.01104
0.0152	0.1758	0.05447	0.0144	0.2798	0.07051	0.0150	0.3433	0.01112
0.0146	0.1823	0.06240	0.0150	0.2806	0.01872	0.0151	0.3434	0.01498
0.0150	0.1877	0.03906	0.0150	0.2807	0.01869	0.0151	0.3434	0.01498
0.0150	0.1884	0.03901	0.0150	0.2829	0.01830	0.0150	0.3434	0.01159
0.0150	0.1884	0.03901	0.0150	0.2831	0.01833	0.0150	0.3444	0.01110
0.0150	0.1900	0.03846	0.0150	0.2837	0.01818	0.0150	0.3450	0.01134
0.0150	0.1909	0.03814	0.0150	0.2837	0.01818	0.0150	0.3451	0.01086
0.0152	0.1915	0.05262	0.0150	0.2839	0.01819	0.0150	0.3453	0.01083
0.0150	0.1930	0.03739	0.0150	0.2839	0.01819	0.0150	0.3453	0.01092
0.0151	0.1993	0.03679	0.0150	0.2841	0.01814	0.0150	0.3462	0.01118
0.0150	0.2024	0.03474	0.0149	0.2846	0.01894	0.0150	0.3462	0.01070
0.0150	0.2049	0.03408	0.0150	0.2847	0.01811	0.0150	0.3465	0.01062
0.0150	0.2143	0.03177	0.0150	0.2847	0.01864	0.0150	0.3467	0.01061
0.0149	0.2148	0.03399	0.0150	0.2848	0.01809	0.0150	0.3473	0.01059
0.0142	0.2160	0.09469	0.0150	0.2851	0.01860	0.0150	0.3483	0.01100
0.0142	0.2172	0.09684	0.0147	0.2852	0.03679	0.0150	0.3486	0.01085
0.0150	0.2176	0.03088	0.0150	0.2855	0.01799	0.0150	0.3487	0.01079
0.0150	0.2179	0.03066	0.0148	0.2859	0.03092	0.0150	0.3489	0.01081
0.0150	0.2205	0.03015	0.0150	0.2868	0.01791	0.0150	0.3513	0.01040
0.0150	0.2243	0.02940	0.0149	0.2879	0.01922	0.0150	0.3515	0.01021
0.0149	0.2250	0.02970	0.0149	0.2885	0.01826	0.0150	0.3518	0.01021
0.0149	0.2252	0.03003	0.0150	0.2890	0.01742	0.0150	0.3528	0.01018
0.0148	0.2253	0.03529	0.0150	0.2900	0.01730	0.0148	0.3530	0.02858
0.0149	0.2256	0.02948	0.0151	0.2901	0.01867	0.0150	0.3534	0.01015
0.0149	0.2256	0.03061	0.0150	0.2922	0.01773	0.0151	0.3562	0.02704
0.0149	0.2270	0.03027	0.0150	0.2930	0.01795	0.0151	0.3574	0.02761
0.0148	0.2271	0.03510	0.0150	0.2932	0.01806	0.0151	0.3574	0.02761
0.0150	0.2285	0.02848	0.0150	0.2932	0.01806	0.0150	0.3575	0.00978
0.0150	0.2285	0.02848	0.0150	0.2934	0.01691	0.0150	0.3621	0.00928
0.0150	0.2285	0.02848	0.0151	0.2937	0.01802	0.0152	0.3634	0.03217
0.0149	0.2298	0.03036	0.0151	0.2937	0.01802	0.0150	0.3646	0.00900
0.0147	0.2300	0.04489	0.0151	0.2937	0.01802	0.0150	0.3659	0.00909
0.0153	0.2315	0.04262	0.0150	0.2953	0.01717	0.0150	0.3662	0.00924

0.0147	0.2338	0.04325	0.0142	0.2958	0.08830	0.0150	0.3663	0.00907
0.0147	0.2351	0.03949	0.0150	0.2968	0.01635	0.0150	0.3666	0.00906
0.0149	0.2375	0.02721	0.0150	0.2983	0.01615	0.0150	0.3667	0.00922
0.0147	0.2409	0.04099	0.0149	0.2989	0.01829	0.0150	0.3667	0.00902
0.0149	0.2423	0.02788	0.0150	0.2989	0.01619	0.0153	0.3681	0.03683
0.0150	0.2443	0.02489	0.0149	0.2996	0.01669	0.0153	0.3681	0.03683
0.0149	0.2444	0.02831	0.0150	0.3003	0.01613	0.0150	0.3704	0.00886
0.0147	0.2450	0.03976	0.0157	0.3010	0.07521	0.0150	0.3707	0.00848
0.0148	0.2453	0.03422	0.0150	0.3017	0.01597	0.0150	0.3713	0.00849
0.0146	0.2469	0.05290	0.0157	0.3017	0.07816	0.0150	0.3718	0.00839
0.0149	0.2513	0.02540	0.0150	0.3021	0.01670	0.0149	0.3719	0.00997
0.0149	0.2513	0.02540	0.0150	0.3035	0.01626	0.0150	0.3719	0.00838
0.0146	0.2514	0.04962	0.0150	0.3037	0.01550	0.0150	0.3719	0.00838
0.0150	0.2524	0.02335	0.0144	0.3038	0.06725	0.0150	0.3719	0.00838
0.0150	0.2524	0.02337	0.0150	0.3043	0.01639	0.0150	0.3719	0.00838
0.0147	0.2534	0.03721	0.0149	0.3050	0.01851	0.0150	0.3728	0.00888
0.0150	0.2552	0.02286	0.0150	0.3062	0.01539	0.0150	0.3729	0.00908
0.0149	0.2557	0.02617	0.0149	0.3067	0.02024	0.0150	0.3737	0.00903
0.0150	0.2594	0.02209	0.0144	0.3070	0.06809	0.0150	0.3748	0.00826
0.0147	0.2598	0.03520	0.0144	0.3070	0.06809	0.0150	0.3751	0.00896
0.0146	0.2599	0.05442	0.0149	0.3086	0.02168	0.0150	0.3761	0.00835
0.0145	0.2627	0.05478	0.0150	0.3093	0.01473	0.0150	0.3764	0.00866
0.0150	0.2639	0.02133	0.0150	0.3108	0.01478	0.0147	0.3765	0.03721
0.0148	0.2641	0.02662	0.0150	0.3118	0.01515	0.0150	0.3782	0.00857
0.0147	0.2650	0.03468	0.0151	0.3121	0.01622	0.0150	0.3784	0.00875
0.0148	0.2656	0.03358	0.0150	0.3127	0.01498	0.0150	0.3787	0.00877
0.0149	0.2657	0.02374	0.0150	0.3134	0.01425	0.0150	0.3792	0.00876
0.0149	0.2657	0.02374	0.0150	0.3168	0.01383	0.0144	0.3804	0.06597

Fonte: Autor (2025).

Tabela A15 – Candidatos equifinais selecionados no Teste 5 para a sub-bacia S3 com dados de escoamento superficial (1º quartil)

Candidatos Equifinais (1º Quartil)								
N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE
0.0100	0.0796	0.06291	0.0100	0.1526	0.01133	0.0100	0.1587	0.01089
0.0103	0.0885	0.06654	0.0100	0.1527	0.01132	0.0100	0.1587	0.01088
0.0100	0.1108	0.03071	0.0100	0.1531	0.01127	0.0100	0.1588	0.01088
0.0100	0.1160	0.02698	0.0100	0.1532	0.01126	0.0100	0.1588	0.01089
0.0100	0.1173	0.02608	0.0100	0.1532	0.01125	0.0100	0.1589	0.01089
0.0100	0.1174	0.02605	0.0100	0.1533	0.01125	0.0100	0.1589	0.01089

0.0100	0.1192	0.02485	0.0100	0.1533	0.01124	0.0100	0.1589	0.01089
0.0105	0.1235	0.08812	0.0100	0.1534	0.01128	0.0100	0.1589	0.01089
0.0105	0.1235	0.08812	0.0100	0.1534	0.01124	0.0100	0.1589	0.01088
0.0100	0.1240	0.02196	0.0100	0.1534	0.01124	0.0100	0.1591	0.01088
0.0100	0.1245	0.02168	0.0100	0.1534	0.01124	0.0100	0.1591	0.01088
0.0100	0.1282	0.01961	0.0100	0.1534	0.01123	0.0100	0.1591	0.01088
0.0100	0.1297	0.01888	0.0100	0.1535	0.01122	0.0100	0.1591	0.01089
0.0100	0.1305	0.01887	0.0100	0.1536	0.01122	0.0100	0.1592	0.01087
0.0100	0.1313	0.01808	0.0100	0.1538	0.01120	0.0100	0.1592	0.01087
0.0100	0.1314	0.01805	0.0100	0.1538	0.01119	0.0100	0.1592	0.01087
0.0100	0.1324	0.01757	0.0100	0.1540	0.01118	0.0100	0.1592	0.01088
0.0100	0.1324	0.01757	0.0100	0.1540	0.01117	0.0100	0.1592	0.01088
0.0100	0.1328	0.01738	0.0100	0.1540	0.01117	0.0100	0.1593	0.01087
0.0100	0.1350	0.01641	0.0100	0.1541	0.01116	0.0100	0.1593	0.01088
0.0100	0.1362	0.01589	0.0100	0.1541	0.01115	0.0100	0.1593	0.01087
0.0101	0.1375	0.02087	0.0100	0.1542	0.01115	0.0100	0.1594	0.01087
0.0100	0.1381	0.01527	0.0100	0.1543	0.01114	0.0100	0.1594	0.01087
0.0100	0.1396	0.01457	0.0100	0.1544	0.01113	0.0100	0.1594	0.01087
0.0100	0.1403	0.01432	0.0100	0.1544	0.01113	0.0100	0.1594	0.01087
0.0100	0.1403	0.01432	0.0100	0.1544	0.01113	0.0100	0.1594	0.01087
0.0100	0.1403	0.01432	0.0100	0.1545	0.01112	0.0100	0.1594	0.01087
0.0100	0.1403	0.01432	0.0100	0.1547	0.01111	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1412	0.01403	0.0100	0.1547	0.01110	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1412	0.01466	0.0100	0.1547	0.01110	0.0100	0.1595	0.01087
0.0103	0.1414	0.04031	0.0100	0.1548	0.01109	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1415	0.01394	0.0100	0.1549	0.01109	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1419	0.01380	0.0100	0.1549	0.01108	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1422	0.01368	0.0100	0.1549	0.01167	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1425	0.01359	0.0100	0.1549	0.01167	0.0100	0.1595	0.01087
0.0100	0.1426	0.01357	0.0100	0.1551	0.01107	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1426	0.01356	0.0100	0.1551	0.01106	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1426	0.01355	0.0100	0.1552	0.01106	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1430	0.01344	0.0100	0.1552	0.01106	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1430	0.01344	0.0100	0.1553	0.01105	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1430	0.01343	0.0100	0.1553	0.01105	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1431	0.01340	0.0100	0.1553	0.01105	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1431	0.01340	0.0100	0.1553	0.01105	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1433	0.01336	0.0100	0.1553	0.01105	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1435	0.01329	0.0100	0.1554	0.01104	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1435	0.01329	0.0100	0.1554	0.01104	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1440	0.01316	0.0100	0.1555	0.01104	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1444	0.01303	0.0100	0.1557	0.01102	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1449	0.01290	0.0100	0.1557	0.01102	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1453	0.01280	0.0100	0.1559	0.01104	0.0100	0.1596	0.01087

0.0100	0.1453	0.01279	0.0100	0.1561	0.01099	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1457	0.01268	0.0100	0.1561	0.01099	0.0100	0.1596	0.01087
0.0100	0.1459	0.01263	0.0100	0.1565	0.01099	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1459	0.01262	0.0100	0.1565	0.01097	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1461	0.01258	0.0100	0.1566	0.01096	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1461	0.01258	0.0100	0.1566	0.01096	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1462	0.01256	0.0100	0.1567	0.01095	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1464	0.01252	0.0100	0.1568	0.01095	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1464	0.01252	0.0100	0.1569	0.01095	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1464	0.01252	0.0100	0.1569	0.01094	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1465	0.01247	0.0100	0.1570	0.01094	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1470	0.01265	0.0100	0.1570	0.01097	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1471	0.01233	0.0100	0.1570	0.01094	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1472	0.01366	0.0100	0.1572	0.01093	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1473	0.01230	0.0100	0.1572	0.01093	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1474	0.01228	0.0100	0.1572	0.01093	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1477	0.01221	0.0100	0.1573	0.01093	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1480	0.01213	0.0100	0.1573	0.01092	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1480	0.01213	0.0100	0.1574	0.01092	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1482	0.01211	0.0100	0.1574	0.01096	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1484	0.01205	0.0100	0.1575	0.01092	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1484	0.01204	0.0100	0.1575	0.01092	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1485	0.01202	0.0100	0.1577	0.01091	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1488	0.01196	0.0100	0.1577	0.01091	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1491	0.01190	0.0100	0.1578	0.01091	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1492	0.01188	0.0100	0.1578	0.01091	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1493	0.01187	0.0100	0.1578	0.01091	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1494	0.01186	0.0100	0.1578	0.01091	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1495	0.01184	0.0100	0.1579	0.01094	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1495	0.01183	0.0100	0.1579	0.01094	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1495	0.01183	0.0100	0.1579	0.01093	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1495	0.01183	0.0100	0.1580	0.01090	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1496	0.01181	0.0100	0.1580	0.01092	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1496	0.01181	0.0100	0.1580	0.01091	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1500	0.01198	0.0100	0.1580	0.01090	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1501	0.01172	0.0100	0.1581	0.01091	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1501	0.01171	0.0100	0.1581	0.01090	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1502	0.01179	0.0100	0.1581	0.01090	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1502	0.01171	0.0100	0.1581	0.01090	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1508	0.01159	0.0100	0.1582	0.01089	0.0100	0.1597	0.01087
0.0100	0.1513	0.01152	0.0100	0.1582	0.01091	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1514	0.01151	0.0100	0.1583	0.01089	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1514	0.01150	0.0100	0.1584	0.01091	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1517	0.01147	0.0100	0.1584	0.01089	0.0100	0.1598	0.01087

0.0100	0.1517	0.01146	0.0100	0.1585	0.01089	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1517	0.01145	0.0100	0.1585	0.01089	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1521	0.01141	0.0100	0.1585	0.01089	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1522	0.01139	0.0100	0.1586	0.01090	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1522	0.01139	0.0100	0.1587	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1524	0.01136	0.0100	0.1587	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1526	0.01134	0.0100	0.1587	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1526	0.01134	0.0100	0.1587	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087

Fonte: Autor (2025).

Tabela A16 – Candidatos equifinais selecionados no Teste 6 para a sub-bacia S1 com dados de escoamento superficial (1º quartil)

Candidatos Equifinais (1º Quartil)								
N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE
0.0200	0.0383	0.07969	0.0199	0.0610	0.02714	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0395	0.07442	0.0200	0.0610	0.02666	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0410	0.06844	0.0200	0.0610	0.02659	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0419	0.06531	0.0200	0.0611	0.02655	0.0200	0.0630	0.02625
0.0207	0.0428	0.09452	0.0195	0.0611	0.04776	0.0200	0.0630	0.02625
0.0202	0.0431	0.07946	0.0199	0.0613	0.02663	0.0200	0.0630	0.02625
0.0201	0.0432	0.06226	0.0199	0.0613	0.02663	0.0200	0.0630	0.02625
0.0201	0.0432	0.06226	0.0199	0.0613	0.02663	0.0200	0.0630	0.02625
0.0201	0.0432	0.06226	0.0200	0.0613	0.02649	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0432	0.06114	0.0200	0.0613	0.02649	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0432	0.06114	0.0199	0.0613	0.02685	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0432	0.06114	0.0200	0.0615	0.02643	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0432	0.06114	0.0200	0.0615	0.02643	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0432	0.06114	0.0199	0.0616	0.02675	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0441	0.05790	0.0200	0.0616	0.02646	0.0200	0.0630	0.02625
0.0207	0.0443	0.08921	0.0200	0.0616	0.02646	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0444	0.05692	0.0200	0.0616	0.02646	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0447	0.05585	0.0200	0.0616	0.02646	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0453	0.05411	0.0200	0.0618	0.02662	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0454	0.05361	0.0200	0.0618	0.02662	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0459	0.05232	0.0200	0.0618	0.02662	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0465	0.05034	0.0200	0.0618	0.02662	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0466	0.05006	0.0200	0.0618	0.02662	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0467	0.04989	0.0200	0.0618	0.02662	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0470	0.04915	0.0199	0.0618	0.02672	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0470	0.04898	0.0200	0.0618	0.02636	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0473	0.04826	0.0199	0.0618	0.02664	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0473	0.04816	0.0200	0.0619	0.02635	0.0200	0.0630	0.02625

0.0200	0.0474	0.04784	0.0200	0.0620	0.02634	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0475	0.04772	0.0199	0.0620	0.02650	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0475	0.04753	0.0199	0.0620	0.02650	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0478	0.04689	0.0200	0.0620	0.02634	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0484	0.04540	0.0200	0.0620	0.02632	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0484	0.04522	0.0200	0.0621	0.02631	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0486	0.04488	0.0200	0.0623	0.02630	0.0200	0.0630	0.02629
0.0200	0.0487	0.04466	0.0199	0.0623	0.02644	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0489	0.04405	0.0199	0.0623	0.02644	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0491	0.04370	0.0199	0.0624	0.02646	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0492	0.04342	0.0199	0.0624	0.02643	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0493	0.04311	0.0199	0.0624	0.02642	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0498	0.04183	0.0200	0.0624	0.02628	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0499	0.04161	0.0199	0.0624	0.02641	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0501	0.04122	0.0199	0.0625	0.02642	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0502	0.04096	0.0199	0.0625	0.02641	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0503	0.04072	0.0200	0.0626	0.02626	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0504	0.04061	0.0200	0.0626	0.02631	0.0200	0.0630	0.02628
0.0200	0.0504	0.04047	0.0199	0.0626	0.02641	0.0199	0.0630	0.02635
0.0200	0.0508	0.03954	0.0200	0.0626	0.02626	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0508	0.03954	0.0200	0.0626	0.02627	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0509	0.03947	0.0200	0.0626	0.02627	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0509	0.03946	0.0200	0.0626	0.02626	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0511	0.03905	0.0200	0.0626	0.02626	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0512	0.03879	0.0200	0.0627	0.02629	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0517	0.03787	0.0200	0.0627	0.02629	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0518	0.03748	0.0200	0.0627	0.02626	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0520	0.03719	0.0200	0.0627	0.02629	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0520	0.03712	0.0200	0.0627	0.02626	0.0200	0.0630	0.02626
0.0200	0.0521	0.03704	0.0200	0.0627	0.02629	0.0200	0.0630	0.02626
0.0200	0.0522	0.03679	0.0200	0.0627	0.02626	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0522	0.03667	0.0200	0.0627	0.02630	0.0200	0.0630	0.02628
0.0200	0.0525	0.03611	0.0200	0.0627	0.02627	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0526	0.03624	0.0199	0.0627	0.02641	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0527	0.03578	0.0200	0.0628	0.02646	0.0195	0.0630	0.05295
0.0200	0.0529	0.03537	0.0200	0.0628	0.02629	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0530	0.03518	0.0200	0.0628	0.02629	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0533	0.03477	0.0200	0.0628	0.02629	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0533	0.03477	0.0200	0.0628	0.02629	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0533	0.03469	0.0200	0.0628	0.02629	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0533	0.03468	0.0200	0.0628	0.02628	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0533	0.03465	0.0200	0.0628	0.02629	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0534	0.03458	0.0200	0.0628	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0202	0.0535	0.06019	0.0200	0.0628	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625

0.0200	0.0597	0.02721	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0597	0.02746	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0597	0.02717	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0598	0.02711	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0598	0.02710	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0599	0.02709	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0599	0.02708	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0599	0.02876	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0599	0.02706	0.0200	0.0630	0.02627	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0600	0.02704	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0600	0.02699	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0601	0.02773	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0601	0.02761	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0602	0.02692	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0603	0.02689	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0603	0.02689	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0605	0.02678	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0605	0.02678	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0605	0.02838	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0606	0.02808	0.0200	0.0630	0.02625	0.0201	0.0630	0.05504
0.0199	0.0606	0.02808	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0606	0.02808	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0607	0.02670	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0608	0.02665	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0608	0.02671	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0609	0.02673	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0198	0.0609	0.02912	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0609	0.02722	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0609	0.02722	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0609	0.02732	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0199	0.0609	0.02732	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0610	0.02660	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0610	0.02670	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625
0.0200	0.0610	0.02670	0.0200	0.0630	0.02625	0.0200	0.0630	0.02625

Fonte: Autor (2025).

Tabela A17 – Candidatos equifinais selecionados no Teste 6 para a sub-bacia S2 com dados de escoamento superficial (1º quartil)

N- Imperv	N-Perv	RMSE	N- Imperv	N-Perv	RMSE	N- Imperv	N-Perv	RMSE
0.0151	0.0925	0.09607	0.0150	0.3131	0.01430	0.0150	0.3365	0.01188
0.0153	0.1066	0.08989	0.0150	0.3135	0.01453	0.0150	0.3365	0.01206
0.0149	0.1113	0.07773	0.0156	0.3136	0.07221	0.0149	0.3366	0.01370
0.0152	0.1131	0.08429	0.0150	0.3136	0.01422	0.0149	0.3366	0.01370

0.0145	0.1177	0.08805	0.0149	0.3141	0.01549	0.0149	0.3366	0.01370
0.0154	0.1220	0.09914	0.0149	0.3141	0.01504	0.0150	0.3367	0.01195
0.0155	0.1349	0.08510	0.0150	0.3147	0.01420	0.0150	0.3367	0.01195
0.0155	0.1349	0.08510	0.0150	0.3156	0.01416	0.0150	0.3368	0.01186
0.0154	0.1391	0.07763	0.0149	0.3160	0.01623	0.0150	0.3369	0.01192
0.0155	0.1406	0.08317	0.0144	0.3160	0.06907	0.0150	0.3369	0.01181
0.0153	0.1459	0.06634	0.0149	0.3162	0.01818	0.0150	0.3370	0.01192
0.0153	0.1459	0.06634	0.0149	0.3163	0.01566	0.0149	0.3371	0.01275
0.0153	0.1459	0.06634	0.0149	0.3163	0.01566	0.0150	0.3372	0.01181
0.0153	0.1465	0.06493	0.0150	0.3165	0.01413	0.0150	0.3373	0.01191
0.0153	0.1543	0.06344	0.0150	0.3170	0.01406	0.0150	0.3373	0.01188
0.0150	0.1546	0.05161	0.0150	0.3173	0.01434	0.0150	0.3374	0.01239
0.0149	0.1576	0.05178	0.0149	0.3174	0.01491	0.0150	0.3374	0.01190
0.0154	0.1585	0.06746	0.0149	0.3175	0.01487	0.0150	0.3374	0.01185
0.0150	0.1601	0.04936	0.0150	0.3175	0.01384	0.0150	0.3374	0.01185
0.0153	0.1612	0.05837	0.0149	0.3177	0.01707	0.0150	0.3376	0.01189
0.0148	0.1613	0.05224	0.0149	0.3179	0.01726	0.0148	0.3377	0.02051
0.0153	0.1616	0.06123	0.0145	0.3181	0.05963	0.0150	0.3379	0.01185
0.0146	0.1618	0.06278	0.0149	0.3187	0.01464	0.0150	0.3381	0.01201
0.0148	0.1621	0.05246	0.0149	0.3191	0.01457	0.0150	0.3382	0.01184
0.0153	0.1632	0.06031	0.0149	0.3191	0.01457	0.0150	0.3383	0.01176
0.0146	0.1660	0.06692	0.0149	0.3191	0.01455	0.0150	0.3383	0.01176
0.0146	0.1660	0.06692	0.0150	0.3193	0.01383	0.0150	0.3385	0.01171
0.0146	0.1660	0.06692	0.0148	0.3195	0.02700	0.0149	0.3385	0.01324
0.0146	0.1660	0.06692	0.0150	0.3197	0.01362	0.0149	0.3385	0.01324
0.0146	0.1660	0.06692	0.0153	0.3197	0.03268	0.0150	0.3386	0.01179
0.0146	0.1660	0.06692	0.0150	0.3200	0.01368	0.0150	0.3386	0.01176
0.0153	0.1702	0.05747	0.0150	0.3200	0.01368	0.0149	0.3388	0.01567
0.0151	0.1746	0.05127	0.0150	0.3200	0.01368	0.0150	0.3390	0.01182
0.0148	0.1771	0.04591	0.0150	0.3200	0.01368	0.0150	0.3390	0.01200
0.0153	0.1773	0.05605	0.0150	0.3200	0.01368	0.0150	0.3391	0.01200
0.0149	0.1782	0.04342	0.0150	0.3200	0.01368	0.0150	0.3391	0.01167
0.0149	0.1824	0.04163	0.0150	0.3200	0.01368	0.0150	0.3392	0.01195
0.0148	0.1842	0.04788	0.0150	0.3200	0.01416	0.0150	0.3393	0.01200
0.0149	0.1896	0.03934	0.0150	0.3208	0.01360	0.0150	0.3396	0.01167
0.0149	0.1901	0.03898	0.0150	0.3214	0.01363	0.0150	0.3396	0.01185
0.0151	0.1967	0.04617	0.0149	0.3217	0.01994	0.0150	0.3396	0.01185
0.0149	0.1972	0.03771	0.0150	0.3220	0.01341	0.0150	0.3397	0.01177
0.0149	0.1972	0.03771	0.0150	0.3221	0.01356	0.0150	0.3400	0.01169
0.0149	0.1972	0.03771	0.0149	0.3224	0.01407	0.0150	0.3402	0.01163
0.0149	0.1972	0.03771	0.0150	0.3226	0.01333	0.0150	0.3407	0.01159
0.0150	0.1990	0.03565	0.0150	0.3226	0.01333	0.0150	0.3407	0.01142
0.0149	0.1991	0.03618	0.0144	0.3231	0.06986	0.0150	0.3409	0.01155
0.0149	0.2004	0.03646	0.0144	0.3231	0.06986	0.0150	0.3409	0.01156

0.0148	0.2016	0.03952	0.0147	0.3239	0.03455	0.0150	0.3409	0.01156
0.0152	0.2052	0.04616	0.0150	0.3242	0.01318	0.0150	0.3409	0.01156
0.0152	0.2052	0.04616	0.0150	0.3244	0.01314	0.0150	0.3409	0.01156
0.0150	0.2056	0.03380	0.0150	0.3244	0.01343	0.0150	0.3409	0.01156
0.0152	0.2074	0.04559	0.0145	0.3244	0.05499	0.0150	0.3410	0.01135
0.0152	0.2074	0.04559	0.0150	0.3248	0.01344	0.0149	0.3412	0.01433
0.0149	0.2076	0.03400	0.0150	0.3248	0.01344	0.0150	0.3412	0.01147
0.0149	0.2082	0.03498	0.0149	0.3249	0.01401	0.0150	0.3413	0.01153
0.0150	0.2111	0.03242	0.0150	0.3250	0.01309	0.0150	0.3415	0.01141
0.0149	0.2180	0.03266	0.0150	0.3256	0.01305	0.0150	0.3416	0.01144
0.0149	0.2180	0.03266	0.0150	0.3256	0.01305	0.0150	0.3418	0.01147
0.0150	0.2181	0.03061	0.0150	0.3257	0.01300	0.0150	0.3419	0.01141
0.0150	0.2181	0.03061	0.0150	0.3257	0.01300	0.0150	0.3421	0.01139
0.0149	0.2181	0.03256	0.0150	0.3257	0.01289	0.0150	0.3421	0.01139
0.0146	0.2185	0.04952	0.0150	0.3257	0.01289	0.0150	0.3422	0.01142
0.0149	0.2194	0.03133	0.0150	0.3257	0.01289	0.0150	0.3423	0.01128
0.0149	0.2201	0.03107	0.0150	0.3257	0.01289	0.0150	0.3424	0.01121
0.0149	0.2231	0.03009	0.0150	0.3258	0.01314	0.0150	0.3424	0.01121
0.0149	0.2268	0.03173	0.0149	0.3258	0.01517	0.0150	0.3432	0.01132
0.0150	0.2285	0.02848	0.0149	0.3258	0.01517	0.0150	0.3433	0.01137
0.0150	0.2285	0.02848	0.0149	0.3258	0.01517	0.0150	0.3433	0.01137
0.0150	0.2285	0.02848	0.0150	0.3258	0.01300	0.0150	0.3434	0.01131
0.0150	0.2285	0.02848	0.0150	0.3262	0.01298	0.0150	0.3435	0.01145
0.0148	0.2285	0.03282	0.0150	0.3262	0.01349	0.0150	0.3436	0.01133
0.0148	0.2285	0.03282	0.0150	0.3263	0.01349	0.0150	0.3438	0.01114
0.0151	0.2314	0.03748	0.0150	0.3264	0.01281	0.0149	0.3441	0.01346
0.0151	0.2314	0.03748	0.0150	0.3264	0.01281	0.0149	0.3441	0.01346
0.0149	0.2332	0.02782	0.0150	0.3264	0.01281	0.0149	0.3441	0.01346
0.0153	0.2332	0.04589	0.0150	0.3264	0.01281	0.0150	0.3443	0.01126
0.0151	0.2344	0.03701	0.0150	0.3264	0.01307	0.0150	0.3447	0.01127
0.0148	0.2350	0.03485	0.0150	0.3267	0.01356	0.0149	0.3447	0.01349
0.0149	0.2360	0.02740	0.0150	0.3268	0.01279	0.0149	0.3447	0.01349
0.0149	0.2360	0.02740	0.0149	0.3273	0.01872	0.0149	0.3447	0.01349
0.0149	0.2373	0.02882	0.0149	0.3273	0.02002	0.0149	0.3447	0.01349
0.0149	0.2373	0.02882	0.0150	0.3275	0.01278	0.0149	0.3447	0.01349
0.0146	0.2384	0.04769	0.0150	0.3277	0.01296	0.0150	0.3451	0.01126
0.0148	0.2388	0.03068	0.0149	0.3278	0.01358	0.0150	0.3452	0.01128
0.0149	0.2390	0.02662	0.0149	0.3280	0.01346	0.0150	0.3452	0.01128
0.0149	0.2407	0.02690	0.0148	0.3281	0.02107	0.0150	0.3452	0.01128
0.0149	0.2439	0.02737	0.0149	0.3282	0.01381	0.0150	0.3455	0.01084
0.0150	0.2444	0.02524	0.0150	0.3284	0.01281	0.0150	0.3457	0.01111
0.0150	0.2444	0.02524	0.0150	0.3285	0.01326	0.0150	0.3459	0.01118
0.0150	0.2444	0.02524	0.0149	0.3287	0.01413	0.0150	0.3460	0.01098
0.0149	0.2451	0.02512	0.0150	0.3290	0.01308	0.0150	0.3460	0.01098

0.0149	0.2476	0.02633	0.0149	0.3293	0.01334	0.0150	0.3463	0.01113
0.0150	0.2544	0.02299	0.0150	0.3294	0.01275	0.0150	0.3464	0.01087
0.0149	0.2558	0.02721	0.0150	0.3294	0.01275	0.0150	0.3465	0.01088
0.0148	0.2564	0.02766	0.0150	0.3295	0.01247	0.0150	0.3468	0.01104
0.0148	0.2564	0.02766	0.0150	0.3296	0.01271	0.0150	0.3471	0.01113
0.0149	0.2566	0.02464	0.0150	0.3296	0.01265	0.0150	0.3471	0.01111
0.0150	0.2569	0.02284	0.0149	0.3296	0.01397	0.0150	0.3471	0.01108
0.0149	0.2572	0.02294	0.0149	0.3298	0.01392	0.0150	0.3472	0.01093
0.0149	0.2576	0.02306	0.0149	0.3298	0.01359	0.0150	0.3472	0.01110
0.0149	0.2576	0.02306	0.0150	0.3299	0.01305	0.0150	0.3473	0.01109
0.0149	0.2592	0.02277	0.0149	0.3300	0.01890	0.0150	0.3476	0.01089
0.0149	0.2603	0.02261	0.0149	0.3301	0.01387	0.0150	0.3476	0.01090
0.0149	0.2607	0.02427	0.0149	0.3303	0.01380	0.0150	0.3478	0.01088
0.0150	0.2618	0.02174	0.0150	0.3305	0.01267	0.0150	0.3478	0.01088
0.0150	0.2618	0.02174	0.0150	0.3305	0.01267	0.0150	0.3478	0.01088
0.0150	0.2618	0.02174	0.0150	0.3305	0.01267	0.0150	0.3479	0.01089
0.0146	0.2621	0.04594	0.0150	0.3305	0.01267	0.0150	0.3479	0.01106
0.0149	0.2635	0.02368	0.0150	0.3306	0.01268	0.0150	0.3481	0.01085
0.0150	0.2636	0.02163	0.0149	0.3308	0.01323	0.0150	0.3481	0.01085
0.0150	0.2637	0.02148	0.0150	0.3308	0.01231	0.0150	0.3481	0.01085
0.0149	0.2640	0.02242	0.0150	0.3308	0.01231	0.0150	0.3481	0.01085
0.0150	0.2643	0.02149	0.0150	0.3308	0.01231	0.0150	0.3481	0.01087
0.0150	0.2649	0.02115	0.0150	0.3308	0.01231	0.0150	0.3482	0.01086
0.0150	0.2661	0.02132	0.0150	0.3308	0.01231	0.0150	0.3482	0.01086
0.0150	0.2669	0.02102	0.0150	0.3308	0.01231	0.0150	0.3485	0.01088
0.0150	0.2669	0.02102	0.0150	0.3308	0.01231	0.0150	0.3485	0.01092
0.0150	0.2669	0.02102	0.0150	0.3308	0.01231	0.0150	0.3488	0.01087
0.0144	0.2675	0.07503	0.0150	0.3308	0.01231	0.0150	0.3489	0.01045
0.0144	0.2675	0.07503	0.0150	0.3308	0.01231	0.0150	0.3489	0.01094
0.0144	0.2675	0.07503	0.0150	0.3308	0.01231	0.0150	0.3489	0.01094
0.0144	0.2675	0.07503	0.0150	0.3308	0.01231	0.0150	0.3489	0.01094
0.0151	0.2680	0.02255	0.0150	0.3308	0.01231	0.0150	0.3490	0.01094
0.0151	0.2680	0.02255	0.0149	0.3309	0.01328	0.0150	0.3490	0.01094
0.0151	0.2680	0.02255	0.0145	0.3309	0.05867	0.0150	0.3490	0.01080
0.0151	0.2686	0.03395	0.0150	0.3310	0.01230	0.0150	0.3490	0.01080
0.0149	0.2699	0.02223	0.0150	0.3310	0.01234	0.0150	0.3490	0.01085
0.0149	0.2706	0.02136	0.0150	0.3310	0.01234	0.0150	0.3492	0.01084
0.0149	0.2706	0.02070	0.0150	0.3310	0.01234	0.0150	0.3493	0.01096
0.0149	0.2706	0.02070	0.0150	0.3310	0.01301	0.0150	0.3493	0.01082
0.0149	0.2706	0.02070	0.0150	0.3312	0.01244	0.0150	0.3493	0.01082
0.0149	0.2706	0.02070	0.0150	0.3313	0.01229	0.0150	0.3494	0.01077
0.0149	0.2706	0.02070	0.0150	0.3313	0.01259	0.0150	0.3494	0.01072
0.0146	0.2727	0.04385	0.0150	0.3314	0.01235	0.0150	0.3494	0.01099
0.0149	0.2728	0.02338	0.0150	0.3314	0.01271	0.0150	0.3494	0.01099

0.0149	0.2735	0.02150	0.0150	0.3315	0.01229	0.0150	0.3494	0.01099
0.0148	0.2746	0.02603	0.0150	0.3315	0.01226	0.0150	0.3494	0.01099
0.0150	0.2755	0.01979	0.0149	0.3316	0.01338	0.0150	0.3495	0.01076
0.0149	0.2756	0.02042	0.0149	0.3317	0.01318	0.0150	0.3495	0.01076
0.0150	0.2762	0.01952	0.0150	0.3318	0.01226	0.0150	0.3495	0.01076
0.0150	0.2763	0.01949	0.0149	0.3321	0.01334	0.0150	0.3495	0.01076
0.0150	0.2765	0.01963	0.0150	0.3321	0.01248	0.0150	0.3496	0.01079
0.0144	0.2795	0.06565	0.0150	0.3321	0.01267	0.0150	0.3496	0.01080
0.0149	0.2809	0.02100	0.0149	0.3322	0.01310	0.0150	0.3496	0.01073
0.0151	0.2823	0.02092	0.0150	0.3322	0.01222	0.0150	0.3497	0.01090
0.0151	0.2823	0.02092	0.0150	0.3322	0.01249	0.0150	0.3498	0.01080
0.0148	0.2825	0.02874	0.0149	0.3325	0.01329	0.0150	0.3501	0.01091
0.0148	0.2838	0.02932	0.0150	0.3325	0.01223	0.0150	0.3501	0.01091
0.0150	0.2883	0.01831	0.0150	0.3326	0.01240	0.0150	0.3501	0.01080
0.0149	0.2888	0.01859	0.0150	0.3326	0.01289	0.0150	0.3502	0.01078
0.0149	0.2888	0.01859	0.0150	0.3326	0.01230	0.0150	0.3503	0.01088
0.0149	0.2888	0.01859	0.0150	0.3327	0.01291	0.0150	0.3508	0.01071
0.0150	0.2890	0.01760	0.0150	0.3328	0.01291	0.0150	0.3508	0.01089
0.0150	0.2890	0.01760	0.0150	0.3329	0.01269	0.0150	0.3508	0.01089
0.0150	0.2890	0.01760	0.0149	0.3329	0.01360	0.0150	0.3508	0.01089
0.0149	0.2892	0.01826	0.0149	0.3329	0.01359	0.0150	0.3511	0.01081
0.0149	0.2910	0.02081	0.0150	0.3329	0.01226	0.0150	0.3511	0.01081
0.0150	0.2916	0.01722	0.0149	0.3330	0.01314	0.0150	0.3511	0.01027
0.0149	0.2930	0.02131	0.0150	0.3330	0.01227	0.0150	0.3512	0.01073
0.0150	0.2930	0.01721	0.0150	0.3330	0.01226	0.0150	0.3512	0.01072
0.0150	0.2942	0.01688	0.0149	0.3331	0.01384	0.0150	0.3513	0.01086
0.0151	0.2958	0.01811	0.0150	0.3333	0.01226	0.0150	0.3516	0.01062
0.0150	0.2960	0.01659	0.0150	0.3333	0.01226	0.0150	0.3516	0.01085
0.0149	0.2961	0.02178	0.0150	0.3333	0.01226	0.0150	0.3518	0.01013
0.0150	0.2966	0.01660	0.0157	0.3333	0.08444	0.0150	0.3518	0.01082
0.0150	0.2966	0.01660	0.0150	0.3335	0.01263	0.0150	0.3520	0.01060
0.0149	0.2968	0.02004	0.0149	0.3335	0.01325	0.0150	0.3520	0.01082
0.0151	0.2968	0.01892	0.0149	0.3335	0.01325	0.0150	0.3520	0.01082
0.0151	0.2968	0.01892	0.0150	0.3339	0.01219	0.0150	0.3520	0.01082
0.0150	0.2992	0.01632	0.0150	0.3341	0.01218	0.0150	0.3520	0.01082
0.0150	0.3003	0.01589	0.0150	0.3341	0.01218	0.0150	0.3521	0.01059
0.0149	0.3005	0.01801	0.0149	0.3341	0.01324	0.0150	0.3523	0.01037
0.0150	0.3010	0.01593	0.0150	0.3342	0.01225	0.0150	0.3524	0.01037
0.0150	0.3014	0.01611	0.0150	0.3342	0.01225	0.0150	0.3524	0.01056
0.0150	0.3025	0.01567	0.0150	0.3342	0.01225	0.0150	0.3525	0.01052
0.0151	0.3032	0.02957	0.0150	0.3342	0.01225	0.0150	0.3525	0.01079
0.0150	0.3035	0.01567	0.0150	0.3342	0.01225	0.0150	0.3526	0.01057
0.0151	0.3046	0.03002	0.0150	0.3342	0.01210	0.0150	0.3527	0.01068
0.0150	0.3050	0.01545	0.0149	0.3343	0.01323	0.0150	0.3527	0.01050

0.0150	0.3051	0.01541	0.0150	0.3344	0.01214	0.0150	0.3528	0.01003
0.0150	0.3051	0.01541	0.0150	0.3345	0.01279	0.0150	0.3528	0.01003
0.0150	0.3051	0.01541	0.0150	0.3346	0.01214	0.0150	0.3530	0.01078
0.0150	0.3051	0.01541	0.0150	0.3346	0.01213	0.0150	0.3530	0.01078
0.0150	0.3060	0.01537	0.0150	0.3346	0.01213	0.0150	0.3530	0.01078
0.0147	0.3063	0.03307	0.0150	0.3346	0.01210	0.0150	0.3530	0.01078
0.0150	0.3069	0.01540	0.0150	0.3347	0.01245	0.0150	0.3530	0.01078
0.0144	0.3070	0.06809	0.0150	0.3348	0.01204	0.0150	0.3530	0.01078
0.0144	0.3070	0.06809	0.0150	0.3349	0.01272	0.0150	0.3530	0.01078
0.0144	0.3070	0.06809	0.0150	0.3349	0.01272	0.0150	0.3530	0.01078
0.0150	0.3071	0.01532	0.0150	0.3349	0.01272	0.0150	0.3530	0.01078
0.0151	0.3074	0.03009	0.0150	0.3349	0.01272	0.0150	0.3531	0.01053
0.0151	0.3074	0.03009	0.0150	0.3351	0.01198	0.0150	0.3534	0.01024
0.0150	0.3080	0.01550	0.0150	0.3351	0.01198	0.0150	0.3536	0.01046
0.0142	0.3081	0.08810	0.0150	0.3351	0.01198	0.0150	0.3539	0.01000
0.0150	0.3086	0.01543	0.0150	0.3353	0.01273	0.0150	0.3547	0.01000
0.0150	0.3087	0.01497	0.0150	0.3353	0.01273	0.0150	0.3547	0.01037
0.0150	0.3087	0.01497	0.0150	0.3355	0.01229	0.0150	0.3547	0.01027
0.0150	0.3091	0.01515	0.0144	0.3356	0.07054	0.0150	0.3553	0.00981
0.0150	0.3107	0.01485	0.0150	0.3357	0.01198	0.0150	0.3553	0.00981
0.0150	0.3109	0.01526	0.0150	0.3357	0.01194	0.0150	0.3553	0.00981
0.0150	0.3112	0.01475	0.0150	0.3359	0.01208	0.0150	0.3554	0.01053
0.0149	0.3121	0.01525	0.0150	0.3361	0.01191	0.0150	0.3554	0.01029
0.0150	0.3130	0.01459	0.0150	0.3361	0.01192	0.0147	0.3556	0.03029

Fonte: Autor (2025).

Tabela A18 – Candidatos equifinais selecionados no Teste 6 para a sub-bacia S3 com dados de escoamento superficial (1º quartil)

Candidatos Equifinais (1º Quartil)								
N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE	N- Imperv	N- Perv	RMSE
0.0105	0.1235	0.08812	0.0100	0.1575	0.01092	0.0100	0.1598	0.01087
0.0105	0.1235	0.08812	0.0100	0.1575	0.01092	0.0100	0.1598	0.01087
0.0105	0.1235	0.08812	0.0100	0.1575	0.01092	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1351	0.01636	0.0100	0.1576	0.01091	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1363	0.01583	0.0100	0.1576	0.01091	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1379	0.01522	0.0100	0.1577	0.01119	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1389	0.01485	0.0100	0.1577	0.01091	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1400	0.01445	0.0100	0.1577	0.01162	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1407	0.01420	0.0100	0.1578	0.01091	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1409	0.01413	0.0100	0.1578	0.01091	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1412	0.01403	0.0100	0.1579	0.01090	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1415	0.01391	0.0100	0.1579	0.01093	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1421	0.01373	0.0100	0.1580	0.01090	0.0100	0.1598	0.01087

0.0100	0.1421	0.01373	0.0100	0.1581	0.01090	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1421	0.01373	0.0100	0.1581	0.01090	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1421	0.01373	0.0100	0.1583	0.01089	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1422	0.01368	0.0100	0.1583	0.01094	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1425	0.01360	0.0100	0.1583	0.01089	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1427	0.01355	0.0100	0.1584	0.01089	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1429	0.01349	0.0100	0.1585	0.01089	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1434	0.01333	0.0100	0.1586	0.01089	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1435	0.01331	0.0100	0.1586	0.01089	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1435	0.01329	0.0100	0.1586	0.01089	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1438	0.01321	0.0100	0.1586	0.01093	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1438	0.01319	0.0100	0.1586	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1441	0.01310	0.0100	0.1587	0.01094	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1442	0.01310	0.0100	0.1587	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1443	0.01307	0.0100	0.1588	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1443	0.01306	0.0100	0.1588	0.01212	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1446	0.01299	0.0100	0.1589	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1446	0.01297	0.0100	0.1589	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1446	0.01297	0.0100	0.1589	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1449	0.01288	0.0100	0.1589	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1450	0.01286	0.0100	0.1590	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1452	0.01282	0.0100	0.1590	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1453	0.01280	0.0100	0.1590	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1454	0.01276	0.0100	0.1590	0.01223	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1455	0.01274	0.0100	0.1590	0.01223	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1456	0.01547	0.0100	0.1590	0.01223	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1456	0.01547	0.0100	0.1591	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1456	0.01547	0.0100	0.1591	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1458	0.01266	0.0100	0.1591	0.01089	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1459	0.01265	0.0100	0.1592	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1459	0.01262	0.0100	0.1592	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1460	0.01261	0.0100	0.1592	0.01090	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1460	0.01260	0.0100	0.1592	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1461	0.01258	0.0100	0.1592	0.01089	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1462	0.01256	0.0100	0.1592	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1466	0.01245	0.0100	0.1592	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1467	0.01244	0.0100	0.1593	0.01090	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1467	0.01242	0.0100	0.1593	0.01090	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1469	0.01271	0.0100	0.1593	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1470	0.01236	0.0100	0.1593	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1471	0.01233	0.0100	0.1593	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1472	0.01233	0.0100	0.1593	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1472	0.01232	0.0100	0.1593	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1472	0.01231	0.0100	0.1593	0.01088	0.0100	0.1598	0.01087

0.0100	0.1559	0.01101	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1560	0.01100	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1561	0.01241	0.0100	0.1598	0.01090	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1561	0.01099	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1563	0.01100	0.0100	0.1598	0.01090	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1563	0.01102	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1563	0.01098	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1564	0.01097	0.0100	0.1598	0.01090	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1565	0.01097	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1565	0.01097	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1566	0.01096	0.0100	0.1598	0.01090	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1566	0.01096	0.0100	0.1598	0.01090	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1567	0.01096	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1567	0.01096	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1567	0.01095	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1568	0.01095	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1569	0.01095	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1569	0.01097	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1570	0.01094	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1571	0.01094	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1572	0.01093	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1573	0.01093	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1573	0.01093	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1574	0.01092	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1574	0.01092	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1574	0.01092	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087
0.0100	0.1574	0.01092	0.0100	0.1598	0.01087	0.0100	0.1598	0.01087

Fonte: Autor (2025).

APÊNDICE B – TABELAS DE ANÁLISE DE ERROS (PROGRAMA 2)

Tabela B1 – Erros calculados utilizando o método Híbrido de previsão considerando T1 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coeficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.9000	0.0010	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	27.9300	0.0170	0.0200	0.0084	57.8800	0.0116
T3	28.9900	0.0170	0.0400	0.0087	78.2900	0.0313
T4	12.7000	0.0022	0.0100	0.0087	12.7000	0.0013
T5	30.8400	0.0239	0.0300	0.0123	58.9800	0.0177

T6	22.0400	0.0155	0.0100	0.0090	9.5600	0.0010
T7	40.7400	0.0483	0.0200	0.0069	65.5700	0.0131
T8	39.3200	0.0509	0.0500	0.0107	78.6900	0.0393
T9	31.1500	0.0341	0.0300	0.0111	62.9300	0.0189

Fonte: Autor (2025).

Tabela B2 – Erros calculados utilizando o método Linear de previsão considerando T1 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coefficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.8100	0.0009	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	28.8900	0.0177	0.0200	0.0092	54.1400	0.0108
T3	27.0000	0.0163	0.0400	0.0095	76.2500	0.0305
T4	3.8800	0.0019	0.0100	0.0094	6.3600	0.0006
T5	30.7600	0.0238	0.0300	0.0106	64.6300	0.0194
T6	20.7300	0.0146	0.0100	0.0087	12.8100	0.0013
T7	40.2100	0.0477	0.0200	0.0078	61.1700	0.0122
T8	39.8700	0.0516	0.0500	0.0101	79.7200	0.0399
T9	31.2700	0.0343	0.0300	0.0111	63.1200	0.0189

Fonte: Autor (2025).

Tabela B3 – Erros calculados utilizando o método Random Forest (RF) de previsão considerando T1 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coefficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	1.0200	0.0011	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	24.9800	0.0153	0.0200	0.0071	64.4800	0.0129
T3	32.7500	0.0198	0.0400	0.0073	81.8700	0.0327
T4	4.5800	0.0023	0.0100	0.0076	24.1700	0.0024
T5	30.0300	0.0233	0.0300	0.0164	44.8800	0.0136
T6	23.8300	0.0167	0.0100	0.0097	2.7400	0.0003
T7	41.4700	0.0492	0.0200	0.0054	72.9400	0.0146
T8	38.0500	0.0493	0.0500	0.0012	76.4700	0.0488
T9	30.9300	0.0339	0.0300	0.0112	62.5700	0.0188

Fonte: Autor (2025).

Tabela B4 – Erros calculados utilizando o método Ridge de previsão considerando T1 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água	Coefficiente de Manning (n)			
---------------	----------------------	------------------------------------	--	--	--

	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.8100	0.0009	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	28.8800	0.0177	0.0200	0.0092	54.1200	0.0108
T3	26.9900	0.0163	0.0400	0.0095	76.2400	0.0305
T4	3.8600	0.0019	0.0100	0.0094	6.3100	0.0006
T5	30.7500	0.0238	0.0300	0.0106	64.6100	0.0194
T6	20.7100	0.0145	0.0100	0.0087	12.7600	0.0013
T7	40.1900	0.0477	0.0200	0.0078	61.1500	0.0122
T8	39.8600	0.0516	0.0500	0.0101	79.7100	0.0399
T9	31.2600	0.0342	0.0300	0.0111	63.1000	0.0189

Fonte: Autor (2025).

Tabela B5 – Erros calculados utilizando o método SVR de previsão considerando T1 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coefficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.8300	0.0009	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	22.7800	0.0140	0.0200	0.0093	53.5500	0.0107
T3	23.2900	0.0141	0.0400	0.0110	72.6000	0.0290
T4	11.1200	0.0055	0.0100	0.0107	7.2100	0.0007
T5	20.7500	0.0161	0.0300	0.0161	46.2200	0.0139
T6	6.0800	0.0043	0.0100	0.0153	53.3600	0.0053
T7	36.0000	0.0427	0.0200	0.0110	45.2100	0.0090
T8	39.2200	0.0507	0.0500	0.0109	78.2700	0.0391
T9	31.1600	0.0342	0.0300	0.0111	63.0900	0.0189

Fonte: Autor (2025).

Tabela B6 – Erros calculados utilizando o método Híbrido de previsão considerando T1 e T3 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coefficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.9600	0.0011	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	29.9100	0.0183	0.0200	0.0077	61.6300	0.0123
T3	3.4900	0.0021	0.0400	0.0400	0.0100	0.0000
T4	9.1300	0.0046	0.0100	0.0072	27.7500	0.0028
T5	28.8500	0.0224	0.0300	0.0115	61.6400	0.0185
T6	20.1900	0.0142	0.0100	0.0083	16.6600	0.0017

T7	39.4300	0.0468	0.0200	0.0084	58.1800	0.0116
T8	40.1500	0.0519	0.0500	0.0102	79.5400	0.0398
T9	31.9500	0.0351	0.0300	0.0107	64.2700	0.0193

Fonte: Autor (2025).

Tabela B7 – Erros calculados utilizando o método Linear de previsão considerando T1 e T3 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coefficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.8400	0.0009	0.0700	0.0698	0.8400	0.0002
T2	30.2700	0.0186	0.0200	0.0088	56.0100	0.0112
T3	0.3400	0.0002	0.0400	0.0400	0.0100	0.0000
T4	3.6900	0.0018	0.0100	0.0097	2.8700	0.0003
T5	32.0300	0.0248	0.0300	0.0099	32.0300	0.0201
T6	21.7200	0.0152	0.0100	0.0085	14.8700	0.0015
T7	40.7200	0.0483	0.0200	0.0075	62.8800	0.0125
T8	40.0800	0.0518	0.0500	0.0100	79.9400	0.0400
T9	31.3300	0.0344	0.0300	0.0110	63.3100	0.0190

Fonte: Autor (2025).

Tabela B8 – Erros calculados utilizando o método Random Forest (FR) de previsão considerando T1 e T3 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coefficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	1.1500	0.0013	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	28.6000	0.0175	0.0200	0.0058	70.9400	0.0142
T3	8.5600	0.0052	0.0400	0.0400	0.0100	0.0000
T4	18.2700	0.0091	0.0100	0.0040	60.2200	0.0060
T5	22.0800	0.0171	0.0300	0.0154	48.5500	0.0146
T6	17.0100	0.0119	0.0100	0.0079	20.5600	0.0021
T7	36.6600	0.0435	0.0200	0.0104	47.8000	0.0096
T8	40.2400	0.0520	0.0500	0.0106	78.8200	0.0394
T9	33.2600	0.0365	0.0300	0.0101	66.2800	0.0199

Fonte: Autor (2025).

Tabela B9 – Erros calculados utilizando o método Ridge de previsão considerando T1 e T3 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coeficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.9300	0.0010	0.0700	0.0698	0.2700	0.0002
T2	31.8600	0.0195	0.0200	0.0079	60.7500	0.0122
T3	2.0200	0.0012	0.0400	0.0400	0.0200	0.0000
T4	7.4600	0.0037	0.0100	0.0083	16.7800	0.0017
T5	32.6400	0.0253	0.0300	0.0097	67.6300	0.0203
T6	22.9200	0.0161	0.0100	0.0080	19.6400	0.0020
T7	41.6800	0.0494	0.0200	0.0072	63.7700	0.0128
T8	41.4800	0.0536	0.0500	0.0094	81.2400	0.0406
T9	33.0700	0.0363	0.0300	0.0102	65.9900	0.0198

Fonte: Autor (2025).

Tabela B10 – Erros calculados utilizando o método SVR de previsão considerando T1 e T3 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coeficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.8600	0.0010	0.0700	0.0698	0.2700	0.0002
T2	22.7300	0.0139	0.0200	0.0089	55.6700	0.0111
T3	4.6500	0.0028	0.0400	0.0400	0.0200	0.0000
T4	1.6100	0.0008	0.0100	0.0132	32.0200	0.0032
T5	16.9900	0.0132	0.0300	0.0168	44.0900	0.0132
T6	13.4600	0.0094	0.0100	0.0074	26.0300	0.0026
T7	36.0800	0.0428	0.0200	0.0124	37.8100	0.0076
T8	42.8300	0.0553	0.0500	0.0088	42.8300	0.0412
T9	34.7900	0.0382	0.0300	0.0095	68.4300	0.0205

Fonte: Autor (2025).

Tabela B11 – Erros calculados utilizando o método Híbrido de previsão considerando T1, T3 e T5 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coeficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.4100	0.0005	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	3.4100	0.0021	0.0200	0.0015	26.0600	0.0185
T3	2.5400	0.0015	0.0400	0.0400	0.0600	0.0000
T4	7.1200	0.0036	0.0100	0.0079	20.5900	0.0021
T5	15.8300	0.0122	0.0300	0.0300	0.0800	0.0000
T6	21.1000	0.0148	0.0100	0.0085	14.5700	0.0015

T7	41.7000	0.0494	0.0200	0.0078	61.2000	0.0122
T8	42.9200	0.0554	0.0500	0.0088	82.3300	0.0412
T9	35.0400	0.0384	0.0300	0.0094	68.7900	0.0206

Fonte: Autor (2025).

Tabela B12 – Erros calculados utilizando o método Linear de previsão considerando T1, T3 e T5 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coefficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.1800	0.0002	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	7.4600	0.0006	0.0200	0.0185	7.4600	0.0015
T3	2.6500	0.0016	0.0400	0.0400	0.0600	0.0000
T4	8.5500	0.0043	0.0100	0.0079	21.5000	0.0022
T5	17.7800	0.0137	0.0300	0.0300	0.0800	0.0000
T6	24.7100	0.0173	0.0100	0.0080	20.1600	0.0020
T7	44.0800	0.0522	0.0200	0.0065	67.6700	0.0135
T8	44.0600	0.0568	0.0500	0.0082	83.6500	0.0418
T9	36.0500	0.0395	0.0300	0.0089	70.2000	0.0211

Fonte: Autor (2025).

Tabela B13 – Erros calculados utilizando o método Ridge de previsão considerando T1, T3 e T5 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coefficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.7800	0.0009	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	10.6400	0.0065	0.0200	0.0098	51.0300	0.0102
T3	2.6000	0.0016	0.0400	0.0400	0.0600	0.0000
T4	1.1600	0.0006	0.0100	0.0079	21.0900	0.0021
T5	11.0800	0.0086	0.0300	0.0300	0.0800	0.0000
T6	10.2100	0.0072	0.0100	0.0115	15.1800	0.0015
T7	41.2500	0.0489	0.0200	0.0104	48.2100	0.0096
T8	45.9800	0.0593	0.0500	0.0061	87.8600	0.0439
T9	34.7700	0.0382	0.0300	0.0095	68.4100	0.0205

Fonte: Autor (2025).

Tabela B14 – Erros calculados utilizando o método Random Forest (RF) de previsão considerando T1, T3 e T5 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água	Coefficiente de Manning (n)			
---------------	----------------------	------------------------------------	--	--	--

	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.1800	0.0002	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	0.9000	0.0006	0.0200	0.0185	7.4500	0.0015
T3	2.5700	0.0016	0.0400	0.0400	0.0600	0.0000
T4	8.3200	0.0042	0.0100	0.0079	20.9000	0.0021
T5	17.7100	0.0137	0.0300	0.0300	0.0800	0.0000
T6	24.5300	0.0172	0.0100	0.0080	19.7000	0.0020
T7	43.9600	0.0521	0.0200	0.0065	67.4500	0.0135
T8	43.9400	0.0567	0.0500	0.0082	83.5500	0.0418
T9	35.9100	0.0394	0.0300	0.0090	70.0100	0.0210

Fonte: Autor (2025).

Tabela B15 – Erros calculados utilizando o método SVR de previsão considerando T1, T3 e T5 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coefficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.5400	0.0006	0.0700	0.0698	0.2700	0.0002
T2	6.8600	0.0042	0.0200	0.0130	34.8500	0.0070
T3	8.2900	0.0050	0.0400	0.0400	0.0200	0.0000
T4	18.2500	0.0091	0.0100	0.0175	75.2400	0.0075
T5	1.8700	0.0015	0.0300	0.0300	0.0500	0.0000
T6	1.8100	0.0013	0.0100	0.0129	29.0500	0.0029
T7	32.0400	0.0380	0.0200	0.0165	17.4800	0.0035
T8	43.4100	0.0559	0.0500	0.0086	82.7800	0.0414
T9	35.5600	0.0389	0.0300	0.0092	69.3100	0.0208

Fonte: Autor (2025).

Tabela B16 – Erros calculados utilizando o método Híbrido de previsão considerando T1, T3, T5 e T7 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coefficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.5200	0.0006	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	6.6200	0.0041	0.0200	0.0133	33.7400	0.0067
T3	4.4600	0.0027	0.0400	0.0400	0.0600	0.0000
T4	3.5100	0.0017	0.0100	0.0066	34.3700	0.0034
T5	3.6200	0.0027	0.0300	0.0300	0.0800	0.0000
T6	11.5400	0.0080	0.0100	0.0159	59.1200	0.0059

T7	29.7100	0.0353	0.0200	0.0200	0.2000	0.0000
T8	46.3500	0.0597	0.0500	0.0075	84.9900	0.0425
T9	39.7500	0.0434	0.0300	0.0075	74.9000	0.0225

Fonte: Autor (2025).

Tabela B17 – Erros calculados utilizando o método Linear de previsão considerando T1, T3, T5 e T7 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coefficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.3200	0.0004	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	3.6700	0.0023	0.0200	0.0161	19.5800	0.0039
T3	5.4900	0.0033	0.0400	0.0400	0.0600	0.0000
T4	3.5500	0.0018	0.0100	0.0059	41.3100	0.0041
T5	3.5700	0.0027	0.0300	0.0300	0.0800	0.0000
T6	12.7300	0.0089	0.0100	0.0170	69.9400	-0.0070
T7	29.6500	0.0352	0.0200	0.0200	0.2000	0.0000
T8	46.4600	0.0599	0.0500	0.0075	84.9200	0.0425
T9	40.2100	0.0439	0.0300	0.0074	75.4500	0.0226

Fonte: Autor (2025).

Tabela B18 – Erros calculados utilizando o método Random Forest (RF) de previsão considerando T1, T3, T5 e T7 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coefficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.8500	0.0009	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	11.7700	0.0072	0.0200	0.0090	55.0400	0.0110
T3	2.3000	0.0014	0.0400	0.0400	0.0600	0.0001
T4	3.6500	0.0018	0.0100	0.0081	18.7700	0.0019
T5	3.7200	0.0300	0.0300	0.0300	0.0800	0.0000
T6	9.2500	0.0064	0.0100	0.0139	39.1300	0.0039
T7	29.8400	0.0354	0.0200	0.0200	0.2000	0.0000
T8	46.2100	0.0595	0.0500	0.0074	85.2300	0.0426
T9	38.9900	0.0426	0.0300	0.0078	73.9800	0.0222

Fonte: Autor (2025).

Tabela B19 – Erros calculados utilizando o método Ridge de previsão considerando T1, T3, T5 e T7 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água	Coefficiente de Manning (n)			
---------------	----------------------	------------------------------------	--	--	--

	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.3300	0.0004	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	3.6700	0.0023	0.0200	0.0161	19.5600	0.0039
T3	5.4000	0.0033	0.0400	0.0400	0.0600	0.0000
T4	3.7700	0.0019	0.0100	0.0059	40.7200	0.0041
T5	3.5400	0.0027	0.0300	0.0300	0.0800	0.0000
T6	12.7400	0.0089	0.0100	0.0170	70.4000	-0.0070
T7	29.5900	0.0351	0.0200	0.0197	0.2000	0.0003
T8	46.3200	0.0597	0.0500	0.0076	84.7900	0.0424
T9	40.0400	0.0437	0.0300	0.0074	75.2300	0.0226

Fonte: Autor (2025).

Tabela B20 – Erros calculados utilizando o método SVR de previsão considerando T1, T3, T5 e T7 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coefficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.520	0.0006	0.07	0.06982	0.26	0.00018
T2	6.57	0.004	0.02	0.013306	33.47	0.006694
T3	9.97	0.006	0.04	0.039975	0.06	2.5E-05
T4	23.59	0.0118	0.01	0.019471	94.71	0.009471
T5	2.68	0.0021	0.03	0.029976	0.08	2.4E-05
T6	8.77	0.0061	0.01	0.014471	44.71	0.004471
T7	27.83	0.033	0.02	0.01996	0.20	4E-05
T8	41.76	0.0538	0.05	0.0097	80.60	0.0403
T9	34.35	0.0375	0.03	0.009747	67.51	0.020253

Fonte: Autor (2025).

Tabela B21 – Erros calculados utilizando o método Híbrido de previsão considerando T1, T3, T5, T7 e T9 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coefficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.6200	0.0007	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	7.9800	0.0049	0.0200	0.0120	39.8400	0.0080
T3	7.4000	0.0045	0.0400	0.0400	0.0600	0.0000
T4	5.6200	0.0028	0.0100	0.0047	53.3400	0.0053

T5	2.0700	0.0015	0.0300	0.0300	0.0800	0.0000
T6	6.7300	0.0047	0.0100	0.0133	33.1700	0.0033
T7	26.0700	0.0310	0.0200	0.0200	0.2000	0.0000
T8	25.1700	0.0325	0.0500	0.0118	76.4000	0.0382
T9	0.7200	0.0003	0.0300	0.0299	0.3500	0.0001

Fonte: Autor (2025).

Tabela B22 – Erros calculados utilizando o método Linear de previsão considerando T1, T3, T5, T7 e T9 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coeficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.5300	0.0006	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	6.6200	0.0041	0.0200	0.0133	33.7000	0.0067
T3	9.1100	0.0055	0.0400	0.0400	0.0600	0.0000
T4	7.1300	0.0036	0.0100	0.0037	63.0200	0.0063
T5	1.7600	0.0013	0.0300	0.0300	0.0800	0.0000
T6	7.3300	0.0051	0.0100	0.0141	40.7800	0.0041
T7	25.3000	0.0301	0.0200	0.0200	0.2000	0.0000
T8	24.2700	0.0314	0.0500	0.0128	74.3900	0.0372
T9	0.7300	0.0003	0.0300	0.0299	0.3500	0.0001

Tabela B23 – Erros calculados utilizando o método Random Forest (RF) de previsão considerando T1, T3, T5, T7 e T9 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coeficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.7900	0.0009	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	10.5800	0.0065	0.0200	0.0099	50.4800	0.0101
T3	3.2500	0.0020	0.0400	0.0400	0.0600	0.0000
T4	1.4500	0.0007	0.0100	0.0074	25.8600	0.0026
T5	2.6700	0.0020	0.0300	0.0300	0.0800	0.0000
T6	5.5500	0.0038	0.0100	0.0119	19.1100	0.0019
T7	27.5200	0.0327	0.0200	0.0200	0.2000	0.0000
T8	26.8600	0.0347	0.0500	0.0100	79.9900	0.0400
T9	0.7100	0.0003	0.0300	0.0299	0.3500	0.0001

Fonte: Autor (2025).

Tabela B24 – Erros calculados utilizando o método Ridge de previsão considerando T1, T3, T5, T7 e T9 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coeficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.5300	0.0006	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	6.6200	0.0041	0.0200	0.0133	33.6700	0.0067
T3	9.0900	0.0055	0.0400	0.0400	0.0600	0.0000
T4	7.0900	0.0035	0.0100	0.0037	62.9500	0.0063
T5	1.7500	0.0013	0.0300	0.0300	0.0800	0.0000
T6	7.3300	0.0051	0.0100	0.0141	40.8400	0.0041
T7	25.2900	0.0301	0.0200	0.0200	0.2000	0.0000
T8	24.2500	0.0314	0.0500	0.0128	74.3600	0.0372
T9	0.7300	0.0003	0.0300	0.0299	0.3500	0.0001

Fonte: Autor (2025).

Tabela B25 – Erros calculados utilizando o método SVR de previsão considerando T1, T3, T5, T7 e T9 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coeficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.8800	0.0010	0.0700	0.0698	0.2600	0.0002
T2	11.9000	0.0073	0.0200	0.0089	55.4900	0.0111
T3	2.4900	0.0015	0.0400	0.0400	0.0600	0.0000
T4	6.0200	0.0030	0.0100	0.0122	22.1700	0.0022
T5	2.9200	0.0022	0.0300	0.0300	0.0800	0.0000
T6	4.6400	0.0032	0.0100	0.0111	10.5500	0.0011
T7	28.1500	0.0334	0.0200	0.0200	0.2000	0.0000
T8	27.6200	0.0356	0.0500	0.0093	81.4400	0.0407
T9	0.6400	0.0003	0.0300	0.0299	0.3500	0.0001

Fonte: Autor (2025).

Tabela B26 – Erros calculados utilizando o método Híbrido de previsão considerando T1, T2, T3, T4, T5, T8 e T9 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coeficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.0900	0.0001	0.0700	0.0698	0.2700	0.0002
T2	0.2500	0.0002	0.0200	0.0203	1.4700	0.0003
T3	0.0500	0.0000	0.0400	0.0400	0.0200	0.0000

T4	0.7100	0.0004	0.0100	0.0100	0.4100	0.0000
T5	2.1700	0.0017	0.0300	0.0300	2.1700	0.0000
T6	1.9400	0.0014	0.0100	0.0103	3.1000	0.0003
T7	1.5100	0.0018	0.0200	0.0182	9.2300	0.0018
T8	0.1500	0.0002	0.0500	0.0498	0.3700	0.0002
T9	0.1500	0.0002	0.0300	0.0299	0.3700	0.0001

Fonte: Autor (2025).

Tabela B27 – Erros calculados utilizando o método Linear de previsão considerando T1, T2, T3, T4, T5, T8 e T9 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coefficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.0900	0.0001	0.0700	0.0698	0.2700	0.0002
T2	0.2600	0.0002	0.0200	0.0203	1.4700	0.0003
T3	0.0500	0.0000	0.0400	0.0400	0.0200	0.0000
T4	2.6300	0.0013	0.0100	0.0100	0.4100	0.0000
T5	10.6000	0.0082	0.0300	0.0300	0.0500	0.0000
T6	13.6300	0.0095	0.0100	0.0087	12.7500	0.0013
T7	7.0000	0.0083	0.0200	0.0118	41.1700	0.0082
T8	0.2300	0.0002	0.0500	0.0498	0.3700	0.0002
T9	0.2700	0.0002	0.0300	0.0299	0.3700	0.0001

Tabela B28 – Erros calculados utilizando o método Random Forest de previsão considerando T1, T2, T3, T4, T5, T8 e T9 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coefficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.0900	0.0001	0.0700	0.0698	0.2700	0.0002
T2	0.8000	0.0005	0.0200	0.0203	1.4700	0.0003
T3	0.0600	0.0000	0.0400	0.0400	0.0200	0.0000
T4	1.7400	0.0009	0.0100	0.0100	0.4100	0.0000
T5	12.7500	0.0099	0.0300	0.0300	0.0500	0.0000
T6	15.8400	0.0111	0.0100	0.0091	8.6500	0.0009
T7	8.6900	0.0103	0.0200	0.0101	49.5900	0.0099
T8	0.2500	0.0002	0.0500	0.0498	0.3700	0.0002
T9	0.2900	0.0002	0.0300	0.0299	0.3700	0.0001

Fonte: Autor (2025).

Tabela B29 – Erros calculados utilizando o método Ridge de previsão considerando T1, T2, T3, T4, T5, T8 e T9 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coeficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.0800	0.0001	0.0700	0.0698	0.2700	0.0002
T2	0.2500	0.0002	0.0200	0.0203	1.4700	0.0003
T3	0.2700	0.0002	0.0400	0.0400	0.0200	0.0000
T4	4.4400	0.0022	0.0100	0.0100	0.4100	0.0000
T5	6.6500	0.0051	0.0300	0.0300	0.0500	0.0000
T6	3.8800	0.0027	0.0100	0.0078	22.4400	0.0022
T7	4.2600	0.0050	0.0200	0.0262	31.1100	0.0062
T8	0.1700	0.0002	0.0500	0.0498	0.3700	0.0002
T9	0.1700	0.0002	0.0300	0.0299	0.3700	0.0001

Fonte: Autor (2025).

Tabela B30 – Erros calculados utilizando o método SVR de previsão considerando T1, T2, T3, T4, T5, T8 e T9 com dados observados.

Trecho	Lâmina d'água		Coeficiente de Manning (n)			
	Erro Médio Relativo (%)	Erro Médio Absoluto (m)	Gabarito	Calibrado	Erro Relativo (%)	Erro Absoluto
T1	0.0900	0.0001	0.0700	0.0698	0.2700	0.0002
T2	1.1200	0.0007	0.0200	0.0203	1.4700	0.0003
T3	0.0500	0.0000	0.0400	0.0401	0.0200	0.0001
T4	0.7200	0.0004	0.0100	0.0100	0.4100	0.0000
T5	13.7500	0.0106	0.0300	0.0300	0.0500	0.0000
T6	16.4900	0.0115	0.0100	0.0096	3.8700	0.0004
T7	9.5000	0.0112	0.0200	0.0093	53.4000	0.0107
T8	0.2500	0.0002	0.0500	0.0498	0.3700	0.0002
T9	0.2900	0.0002	0.0300	0.0299	0.3700	0.0001

Fonte: Autor (2025).

APÊNDICE C – RELATÓRIOS E TABELAS DA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO COEFICIENTE DE MANNING (PROGRAMA 1)

Figura C1 – Relatório de sensibilidade para S1 (Programa 1)

```

=====
RELATÓRIO DE ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E ROBUSTEZ
=====

Subcatchment: S1
Elemento: S1
Variável: runoff

CASO BASE
-----
N-Imperv: 0.019971
N-Perv: 0.063020
RMSE: 0.026248
NSE: 0.999998
R²: 0.999998

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE - N-IMPERV
-----
N-Perv fixo: 0.063020
Número de testes: 7

  N-Imperv   Q_Pico   Q_Média   Q_Total   RMSE     NSE     PBIAS
-----
  0.005000  57.8573  14.4838   709.71   3.773940  0.9602   3.84
  0.010000  57.8572  13.9901   685.51   1.138492  0.9964   0.30
  0.013000  57.8569  13.9753   684.79   0.741315  0.9985   0.20
  0.016000  57.8560  13.9639   684.23   0.398195  0.9996   0.11
  0.019000  57.8538  13.9547   683.78   0.095913  1.0000   0.05
  0.022000  57.8497  13.9468   683.40   0.185858  0.9999  -0.01
  0.024000  57.8456  13.9422   683.17   0.356305  0.9996  -0.04

Índices de Sensibilidade:
  Sensibilidade Q_Pico: 0.0002
  Sensibilidade NSE: 0.0326
  Sensibilidade RMSE: 3.1540

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE - N-PERV
-----
N-Imperv fixo: 0.019971
Número de testes: 9

  N-Perv     Q_Pico   Q_Média   Q_Total   RMSE     NSE     PBIAS
-----
  0.030000  58.5648  13.9848   685.26   0.123797  1.0000   0.26
  0.050000  58.0272  13.9611   684.10   0.041429  1.0000   0.09
  0.100000  57.5983  13.9310   682.62   0.071002  1.0000  -0.12
  0.150000  57.4502  13.9269   682.42   0.088616  1.0000  -0.15
  0.200000  57.3751  13.9038   681.29   0.173696  0.9999  -0.32
  0.250000  57.3297  13.9004   681.12   0.182424  0.9999  -0.34
  0.300000  57.2994  13.8981   681.01   0.188594  0.9999  -0.36
  0.350000  57.2776  13.8903   680.62   0.210723  0.9999  -0.41
  0.500000  57.2383  13.9107   681.62   0.140706  0.9999  -0.27

Índices de Sensibilidade:
  Sensibilidade Q_Pico: 0.0105
  Sensibilidade NSE: 0.0001
  Sensibilidade RMSE: 0.5694

=====
FIM DO RELATÓRIO
=====

```

Fonte: Autor (2025).

Figura C2 – Relatório de sensibilidade para S1 (Programa 1)

```

=====
                          RELATÓRIO DE ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E ROBUSTEZ
=====
Subcatchment: S2
Elemento: S2
Variável: runoff

CASO BASE
-----
N-Imperv: 0.015009
N-Perv: 0.292122
RMSE: 0.017089
NSE: 0.999999
R²: 0.999999

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE - N-IMPERV
-----
N-Perv fixo: 0.292122
Número de testes: 7

      N-Imperv   Q_Pico   Q_Média   Q_Total   RMSE     NSE     PBIAS
-----
      0.005000   57.3080   13.9922   685.62   1.505370  0.9937   0.47
      0.010000   57.3079   13.9459   683.35   0.646379  0.9988   0.14
      0.013000   57.3077   13.9392   683.02   0.235072  0.9998   0.09
      0.016000   57.3067   13.9278   682.46   0.112268  1.0000   0.01
      0.019000   57.3045   13.9186   682.01   0.416266  0.9995  -0.05
      0.022000   57.3004   13.9108   681.63   0.690952  0.9987  -0.11
      0.024000   57.2963   13.9061   681.40   0.860835  0.9979  -0.14

Índices de Sensibilidade:
Sensibilidade Q_Pico: 0.0002
Sensibilidade NSE: 0.0052
Sensibilidade RMSE: 1.7891

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE - N-PERV
-----
N-Imperv fixo: 0.015009
Número de testes: 9

      N-Perv   Q_Pico   Q_Média   Q_Total   RMSE     NSE     PBIAS
-----
      0.030000   58.5685   14.0002   686.01   0.260632  0.9998   0.53
      0.050000   58.0309   13.8678   679.52   0.780288  0.9983  -0.42
      0.100000   57.6020   13.9523   683.66   0.087752  1.0000   0.19
      0.150000   57.4539   13.9423   683.17   0.053871  1.0000   0.12
      0.200000   57.3788   13.9368   682.90   0.035452  1.0000   0.08
      0.250000   57.3334   13.9334   682.74   0.023896  1.0000   0.05
      0.300000   57.3030   13.9310   682.62   0.016024  1.0000   0.04
      0.350000   57.2813   13.9293   682.53   0.010422  1.0000   0.02
      0.500000   57.2420   13.9260   682.38   0.004000  1.0000  -0.00

Índices de Sensibilidade:
Sensibilidade Q_Pico: 0.0105
Sensibilidade NSE: 0.0008
Sensibilidade RMSE: 2.5054

=====
                          FIM DO RELATÓRIO
=====

```

Fonte: Autor (2025).

Figura C3 – Relatório de sensibilidade para S3 (Programa 1)

```

=====
RELATÓRIO DE ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E ROBUSTEZ
=====

Subcatchment: S3
Elemento: S3
Variável: runoff

CASO BASE
-----
N-Imperv: 0.010000
N-Perv: 0.156098
RMSE: 0.010992
NSE: 1.000000
R²: 1.000000

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE - N-IMPERV
-----
N-Perv fixo: 0.156098
Número de testes: 7

  N-Imperv   Q_Pico   Q_Média   Q_Total   RMSE     NSE     PBIAS
-----
  0.005000   57.4430  14.0278   687.36   0.795839  0.9983   0.17
  0.010000   57.4430  14.0060   686.29   0.010992  1.0000   0.01
  0.013000   57.4427  13.9956   685.79   0.390965  0.9996  -0.06
  0.016000   57.4418  13.9868   685.35   0.730251  0.9985  -0.13
  0.019000   57.4396  13.9792   684.98   1.030834  0.9971  -0.18
  0.022000   57.4355  13.9726   684.66   1.301491  0.9953  -0.23
  0.024000   57.4314  13.9685   684.46   1.468488  0.9941  -0.26

Índices de Sensibilidade:
Sensibilidade Q_Pico: 0.0002
Sensibilidade NSE: 0.0049
Sensibilidade RMSE: 1.4595

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE - N-PERV
-----
N-Imperv fixo: 0.010000
Número de testes: 9

  N-Perv   Q_Pico   Q_Média   Q_Total   RMSE     NSE     PBIAS
-----
  0.030000  58.5693  14.0648   689.17   0.211900  0.9999   0.43
  0.050000  58.0317  14.0411   688.01   0.123086  1.0000   0.26
  0.100000  57.6028  14.0168   686.82   0.039772  1.0000   0.09
  0.150000  57.4547  14.0068   686.33   0.011738  1.0000   0.02
  0.200000  57.3796  14.0014   686.07   0.017716  1.0000  -0.02
  0.250000  57.3342  13.9979   685.90   0.027807  1.0000  -0.05
  0.300000  57.3038  13.9955   685.78   0.035298  1.0000  -0.06
  0.350000  57.2821  13.9938   685.70   0.040891  1.0000  -0.08
  0.500000  57.2428  13.9906   685.54   0.051378  1.0000  -0.10

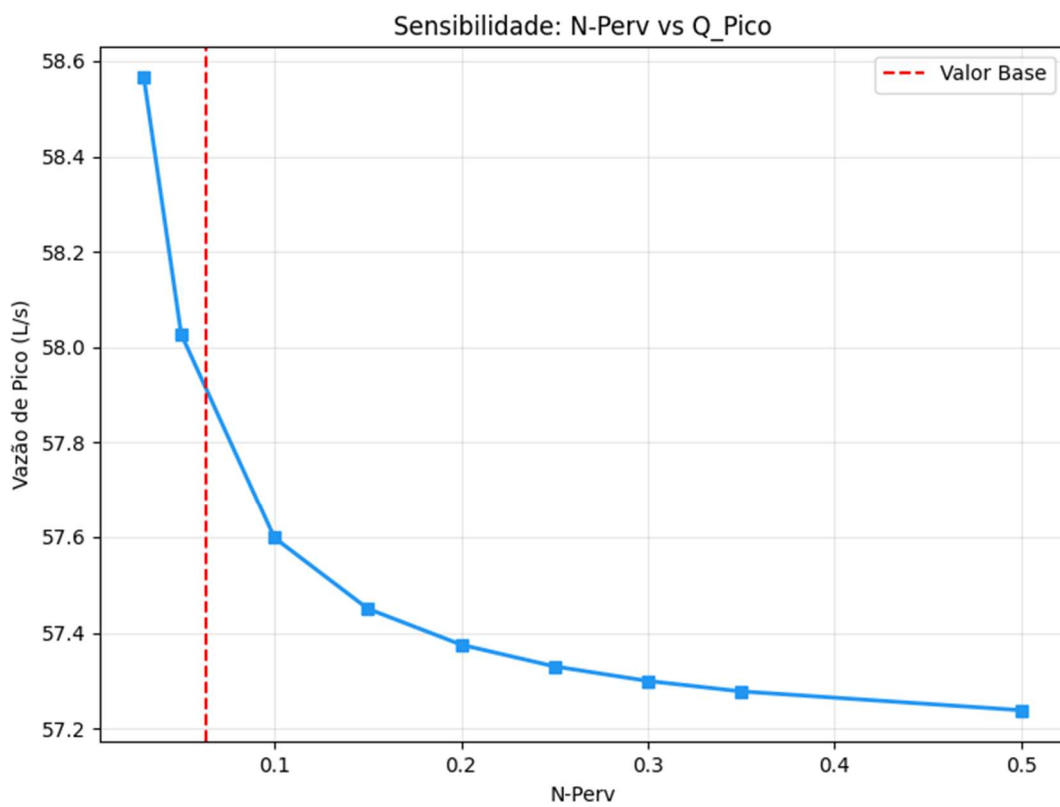
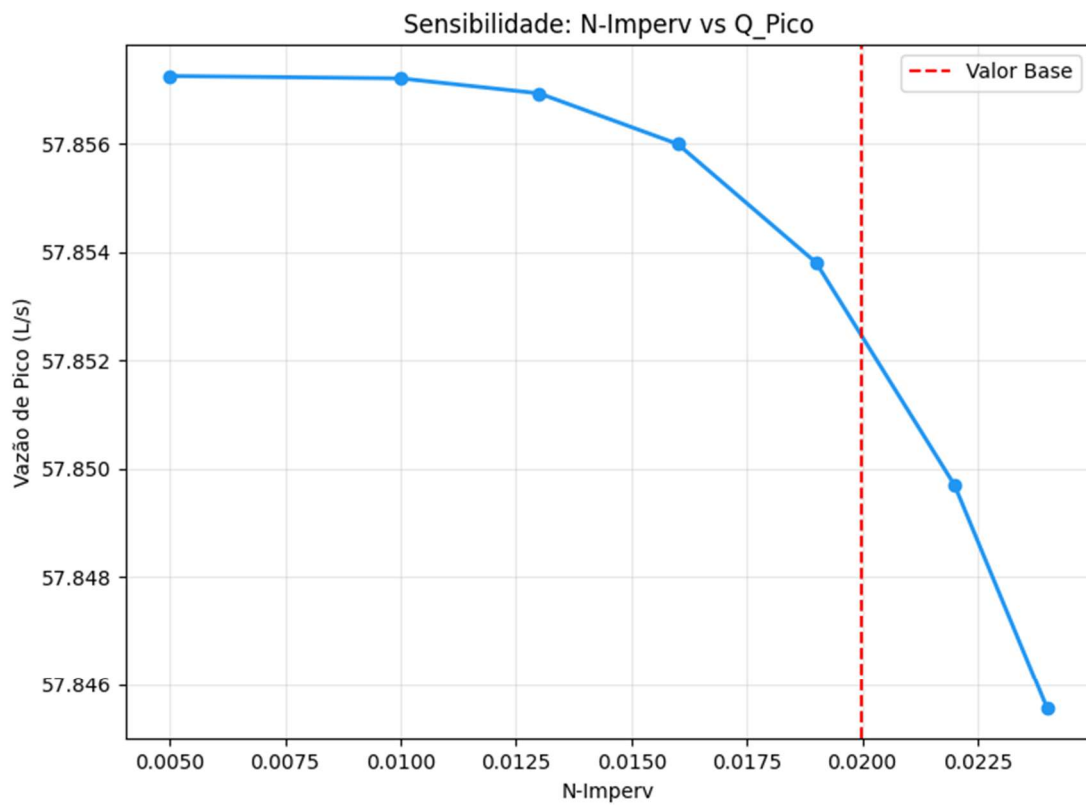
Índices de Sensibilidade:
Sensibilidade Q_Pico: 0.0105
Sensibilidade NSE: 0.0001
Sensibilidade RMSE: 1.4688

=====
FIM DO RELATÓRIO
=====

```

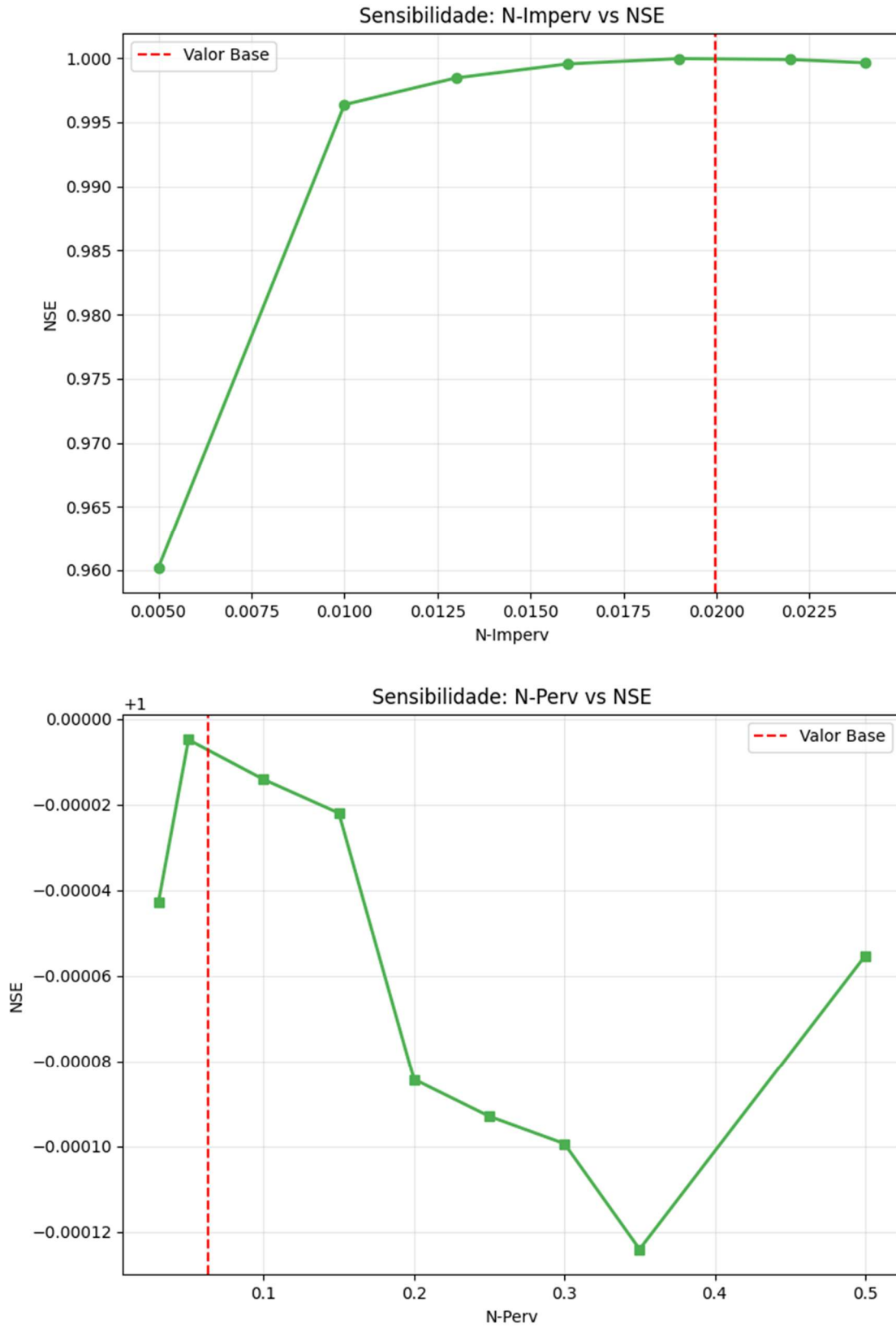
Fonte: Autor (2025).

Figura C4 – Sensibilidade da vazão de pico para S1



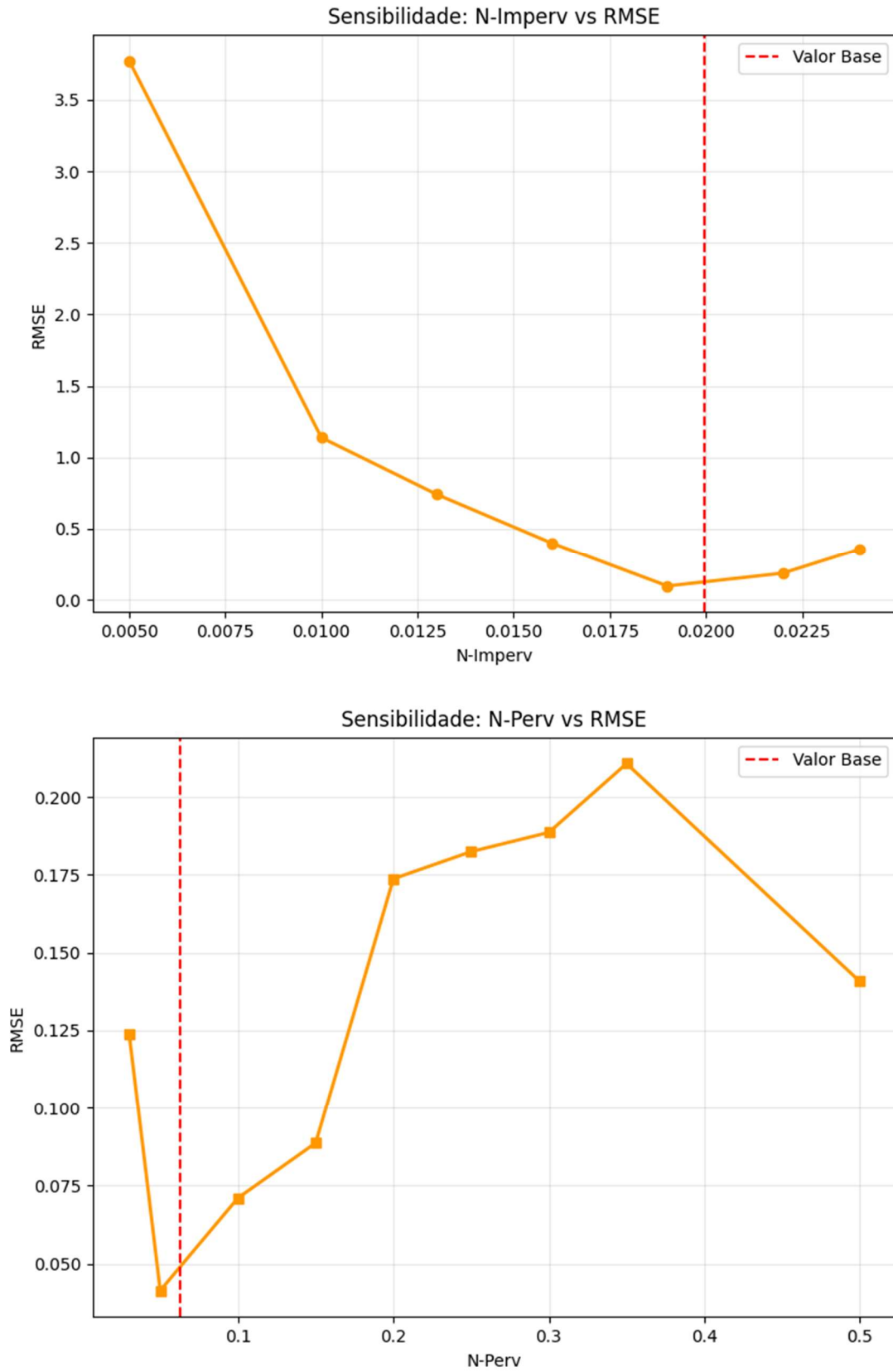
Fonte: Autor (2025).

Figura C5 – Sensibilidade de NSE para S1



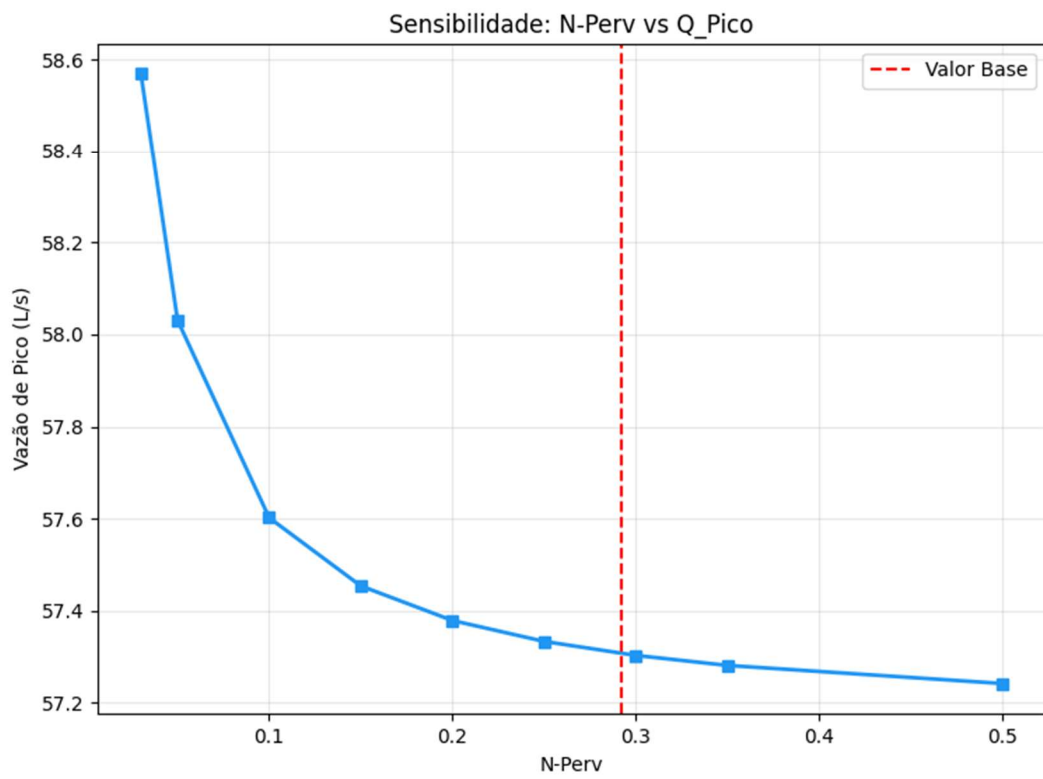
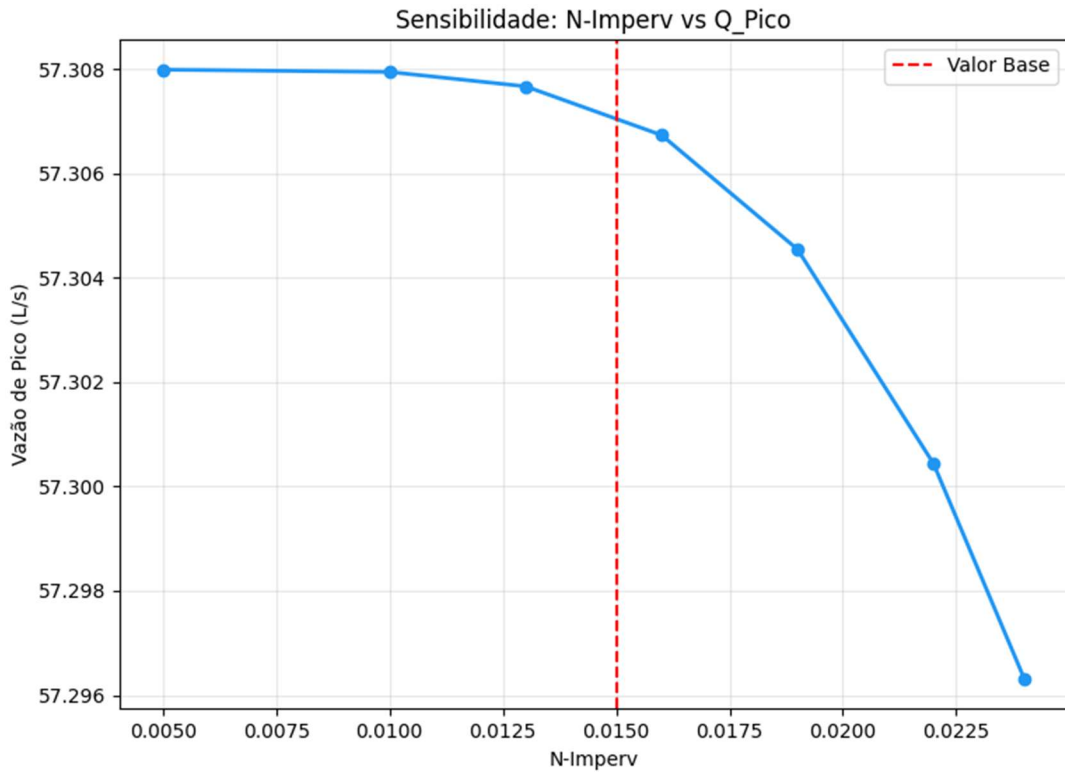
Fonte: Autor (2025).

Figura C6 – Sensibilidade de RMSE para S1



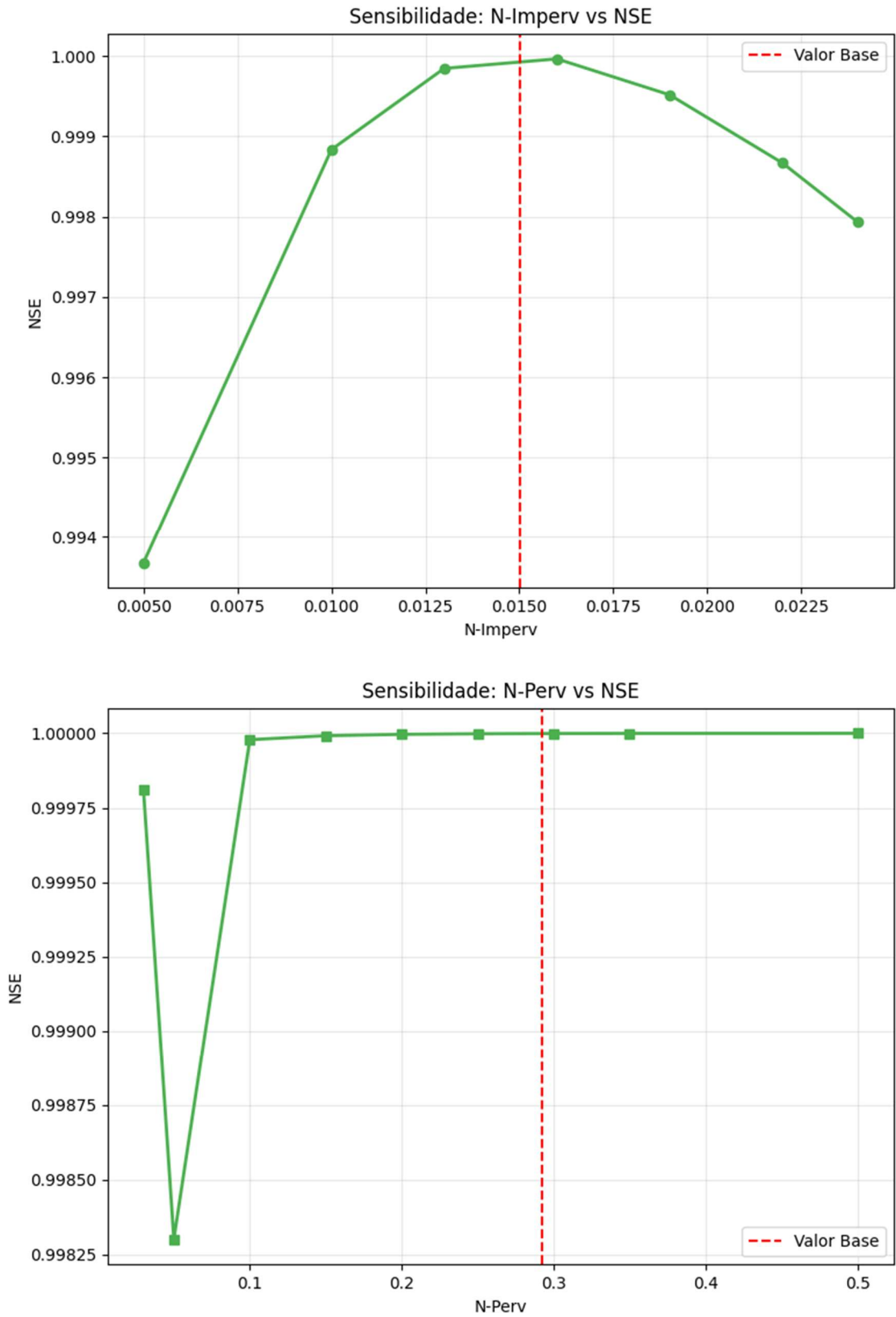
Fonte: Autor (2025).

Figura C7 – Sensibilidade da vazão de pico para S2



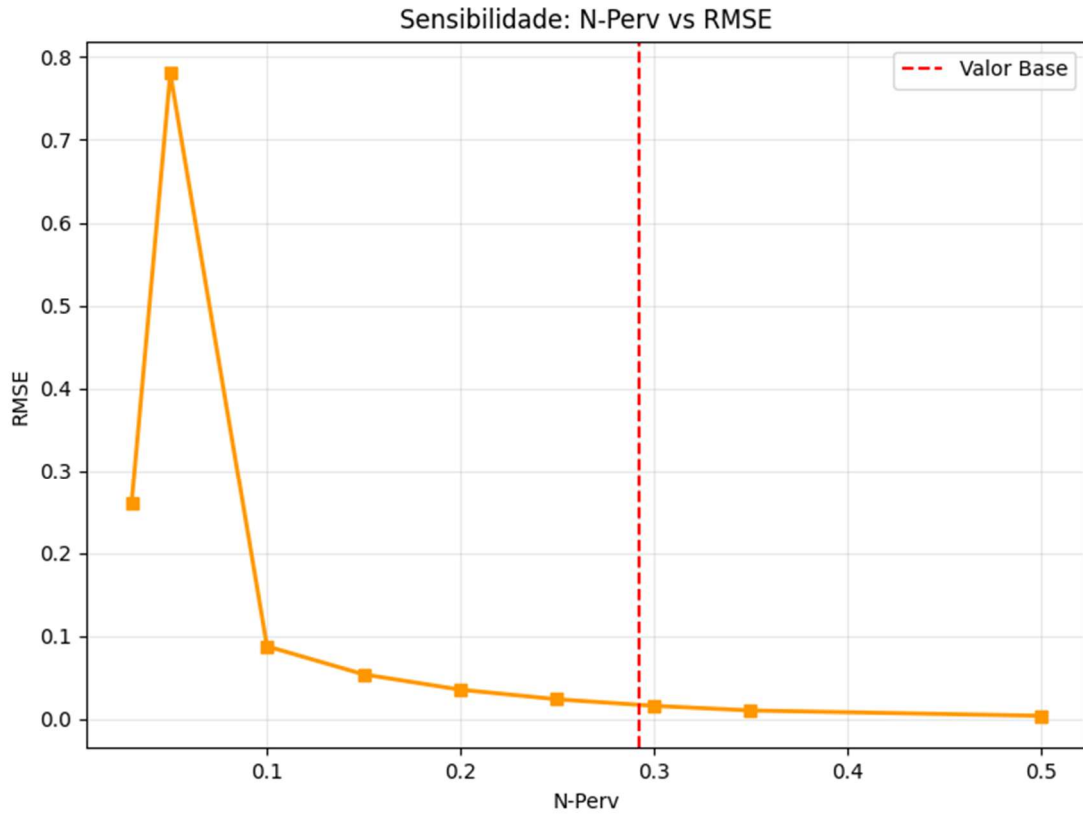
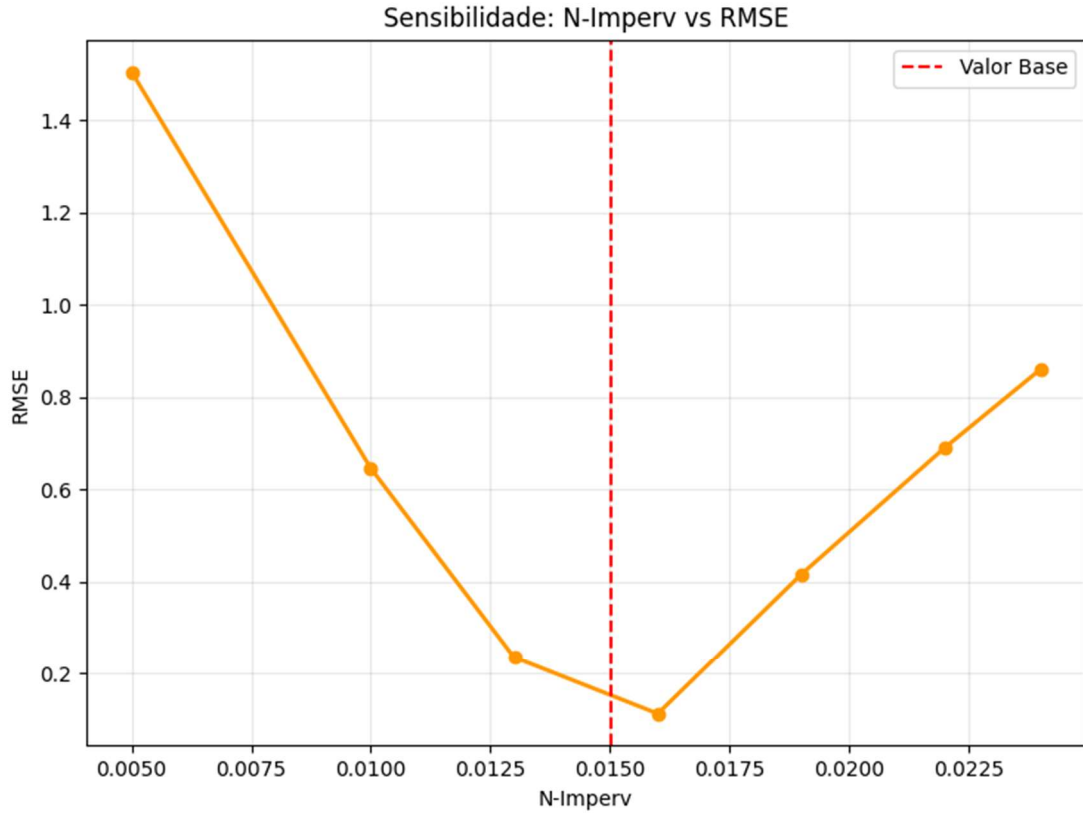
Fonte: Autor (2025).

Figura C8 – Sensibilidade de NSE para S2



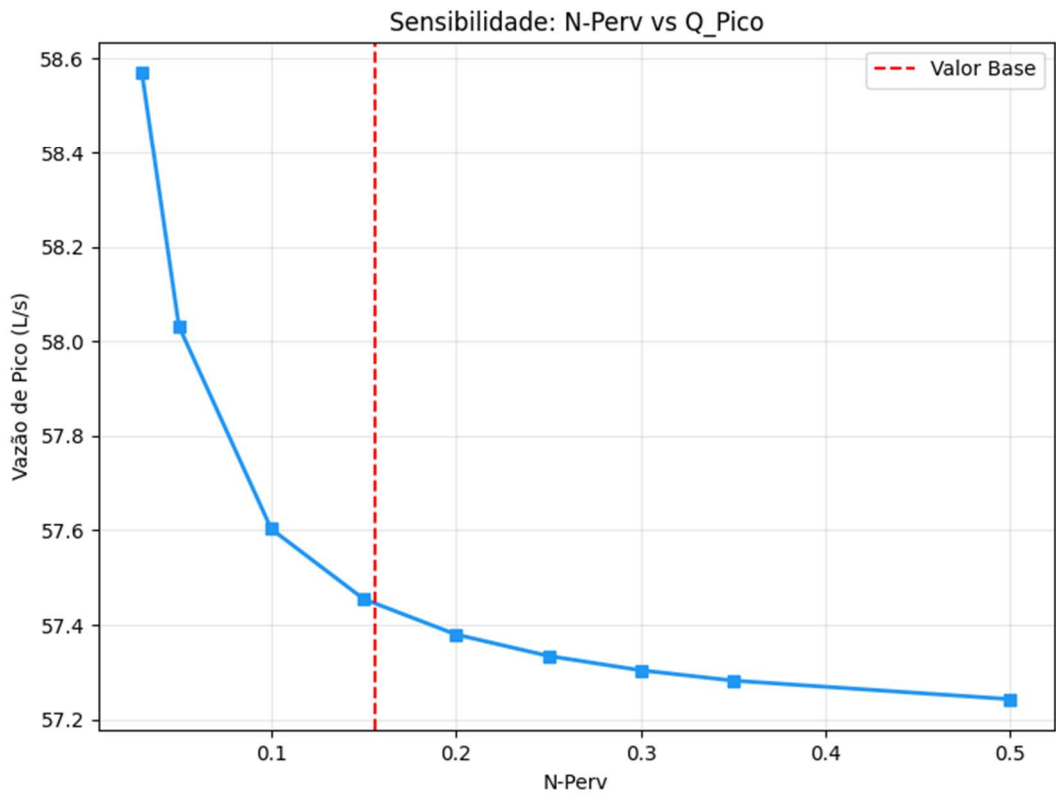
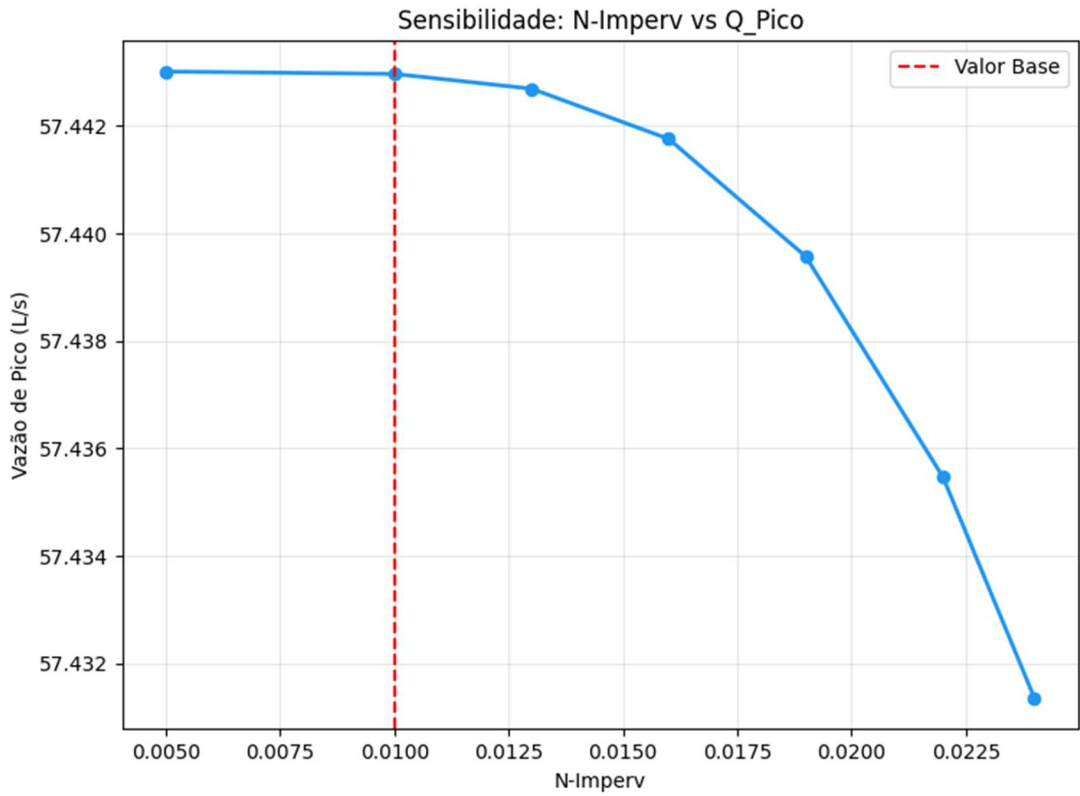
Fonte: Autor (2025).

Figura C9 – Sensibilidade de RMSE para S2



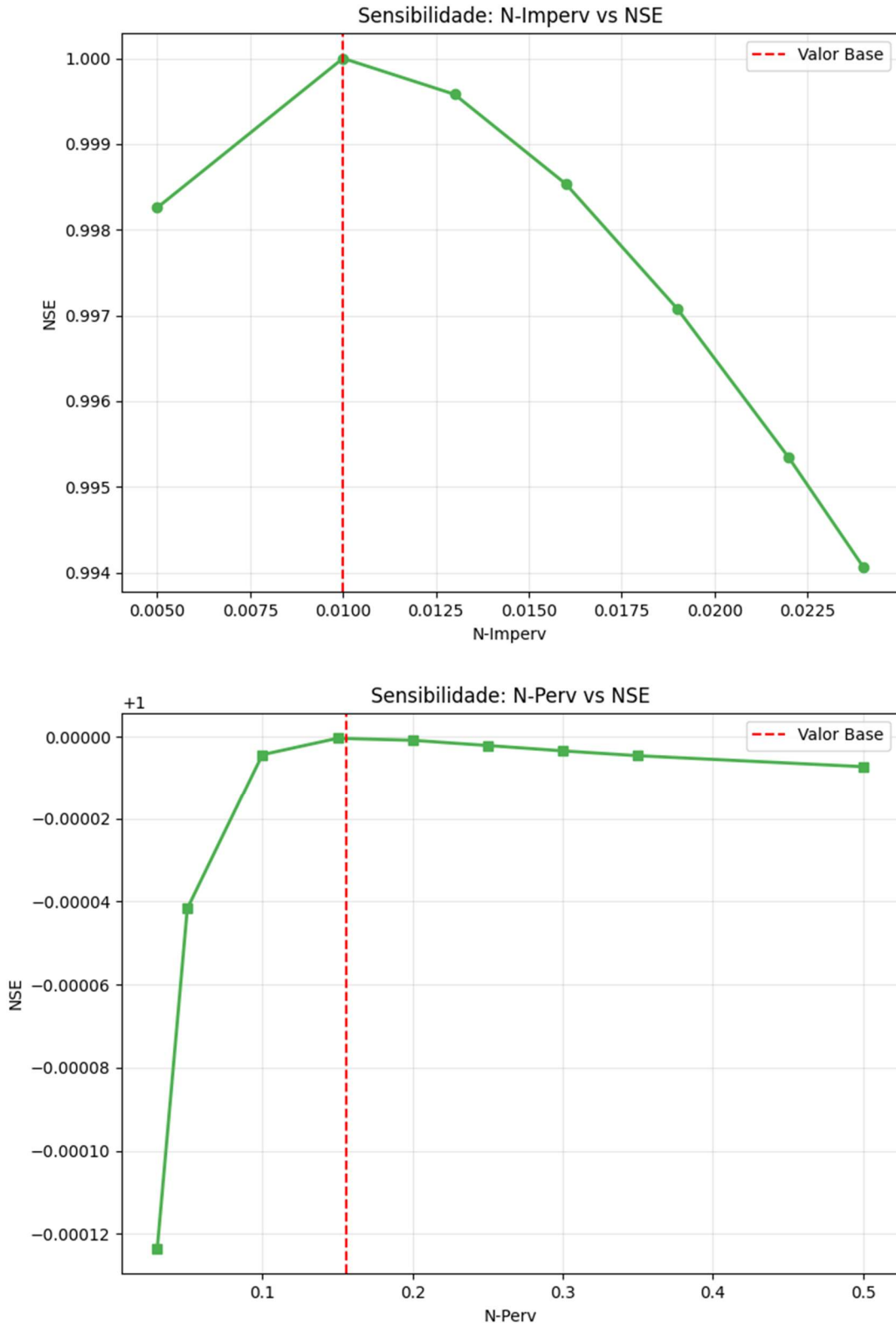
Fonte: Autor (2025).

Figura C10 – Sensibilidade da vazão de pico para S3



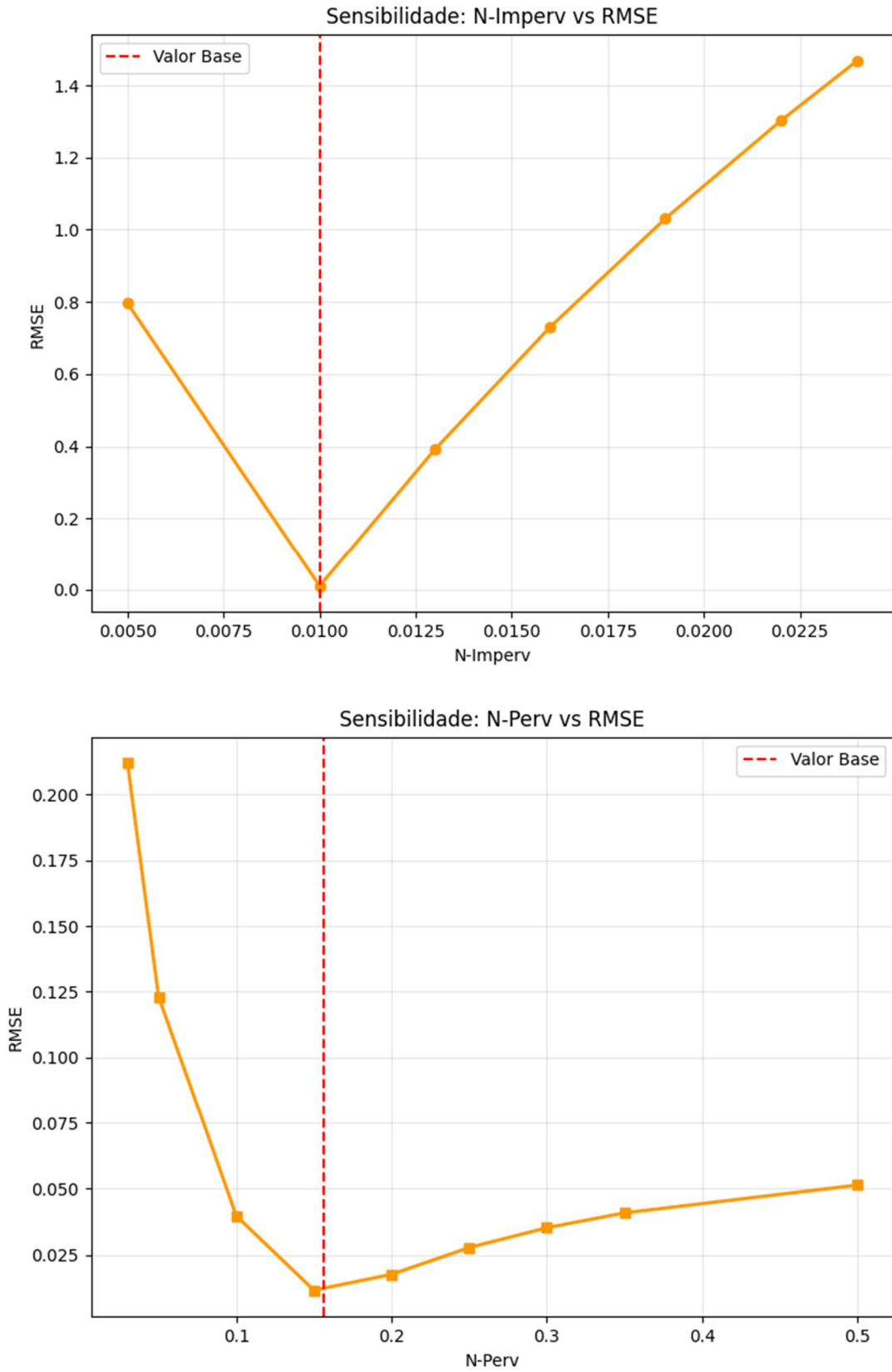
Fonte: Autor (2025).

Figura C11 – Sensibilidade de NSE para S3



Fonte: Autor (2025).

Figura C12 – Sensibilidade de RMSE para S3



Fonte: Autor (2025).