



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Victor Henrique Santos de Lima

Análise de chuvas intensas e equações IDF no estado de Santa Catarina.

Florianópolis

2026

Victor Henrique Santos de Lima

Análise de chuvas intensas e equações IDF no estado de Santa Catarina.

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico
da Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Sanitária e Ambiental
Orientador: Prof. Dr. Adilson Pinheiro

Florianópolis

2026

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.

Dados inseridos pelo próprio autor.

Santos de Lima, Victor Henrique

Análise de chuvas intensas e equações IDF no estado de Santa Catarina. / Victor Henrique Santos de Lima ; orientador, Adilson Pinheiro, 2026.

117 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2026.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Hidrologia. 3. Chuvas Intensas. 4. Curva IDF. 5. Drenagem Urbana. I. Pinheiro, Adilson. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. III. Título.

Victor Henrique Santos de Lima

Análise de chuvas intensas e equações IDF no estado de Santa Catarina.

Florianópolis, 25 de Junho de 2026.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi avaliado e aprovado pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Adilson Pinheiro, Dr.

Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Leandro Isensee, Msc.

Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.a Patricia Kazue Uda, Dra

Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Certifico que esta é a **versão original e final** do Trabalho de Conclusão de Curso que foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental por mim e pelos demais membros da banca examinadora.

Prof. Adilson Pinheiro, Dr.

Orientador

Florianópolis, 2026.

RESUMO

As equações de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) são ferramentas essenciais para o planejamento e dimensionamento de sistemas de drenagem urbana, fornecendo informações sobre as intensidades máximas médias das chuvas em diferentes durações e períodos de retorno. As bases regionais de referência para Santa Catarina, Back (2002) e Back e Bonetti (2014), foram construídas a partir de dados pluviométricos diários e relações de desagregação temporal, metodologia que pode introduzir distorções nas estimativas de intensidade para durações horárias em função do clima regional. Este estudo reavalia as intensidades de precipitação no estado incorporando dados horários observados como alternativa à desagregação de registros diários. A metodologia envolve a coleta de dados pluviométricos distribuídos por todo o estado, sua espacialização regional através de krigagem ordinária e o desenvolvimento de equações IDF a partir de dados horários. Foram identificadas 23 estações com resolução temporal horária, pertencentes ao Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) subdiário, a partir das quais se construíram equações IDF ajustadas pela distribuição de probabilidade de Gumbel, com coeficientes de determinação de 0,99 e raiz do erro quadrático médio inferior a 3 mm/h. A comparação entre as bases regionalizadas de Back (2002) e Back e Bonetti (2014), com e sem a incorporação das estações horárias, evidenciou reduções nas intensidades médias estimadas por krigagem ordinária, da ordem de 1 a 4 mm/h, sugerindo possível superestimativa nas equações diárias construídas a partir de dados diários desagregados. A análise de curta duração revelou comportamento heterogêneo entre as estações de Florianópolis e Joinville, com a curva horária de SBFL aproximando-se das curvas diárias vizinhas, enquanto a de SBJV permaneceu consistentemente inferior a todas as referências regionais. Os resultados indicam que a utilização de dados horários nas equações IDF de Santa Catarina representam um refinamento metodológico relevante, fornecendo subsídios para a atualização das curvas atualmente em uso e para a investigação no regime de chuvas intensas do estado.

Palavras-chave: Equações IDF; Drenagem Urbana; Chuvas Intensas; Krigagem Ordinária

ABSTRACT

Intensity-Duration-Frequency (IDF) equations are essential tools for the planning and design of urban drainage systems, providing estimates of mean maximum rainfall intensities for different durations and return periods. The regional reference datasets for Santa Catarina, Back (2002) and Back and Bonetti (2014), were derived from daily rainfall records and temporal disaggregation relationships, a methodology that may introduce distortions in hourly intensity estimates due to the regional climate characteristics. This study reassesses rainfall intensities across the state by incorporating directly observed hourly data as an alternative to the disaggregation of daily records. The methodology involves the collection of rainfall data distributed throughout the state, their regional spatialization through ordinary kriging, and the development of IDF equations from hourly data. A total of 23 stations with hourly temporal resolution, belonging to the Airspace Control Institute (ICEA) and the National Institute of Meteorology (INMET), were identified, from which IDF equations fitted using the Gumbel distribution were developed, yielding coefficients of determination of 0.99 and root mean square errors below 3 mm/h. The comparison between the regionalized datasets of Back (2002) and Back and Bonetti (2014), with and without the incorporation of hourly stations, revealed reductions in the mean intensities estimated by ordinary kriging on the order of 1 to 4 mm/h, suggesting possible overestimation in conventional equations derived from disaggregated daily data. The short-duration analysis revealed heterogeneous behavior between the stations in Florianópolis and Joinville, with the hourly curve of SBFL approaching neighboring conventional curves, while that of SBJV remained consistently lower than all regional references. The results indicate that the use of hourly data in IDF equations for Santa Catarina represents a relevant methodological refinement, providing support for updating the curves currently in use and for investigating changes in the state's intense rainfall regime.

Keywords: IDF Equations; Urban Drainage; Extreme Rainfall; Ordinary Kriging

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização de Santa Catarina.....	24
Figura 2 - a) Estações da ICEA; b) Estações da CEMADEN; c) Estações do INMET-Subdiário;	32
Figura 3 - Estações horárias escolhidas para o desenvolvimento das Equações IDF.	34
Figura 4 - Interpolação da Intensidade entre as Bases para TR25 e TR100	38
Figura 5 - Diferença entre as Bases de Intensidade para TR25 e TR100.....	42
Figura 6 - Diferença Percentual entre as Bases de Intensidade para TR25 e TR100.	43
Figura 7 - Gráfico da Equação IDF da estação SBFL	45
Figura 8 - Gráfico da Equação IDF da estação SBJV	46
Figura 9 - Análise de curta duração para as Equações IDF horárias de Florianópolis	48
Figura 10 - Análise de curta duração para a Equação IDF horária de Joinville.....	49
Figura 11 - Limitação da equação IDF horária das estações de Florianópolis para durações inferiores a 30 min sem aplicação da desagregação CETESB.....	51
Figura 12 - Limitação da equação IDF horária da estação de Joinville para durações inferiores a 30 min sem aplicação da desagregação CETESB	51
Figura 13 – Equação IDF horária da estação A868.....	75
Figura 14 - Equação IDF horária da estação A867	75
Figura 15 - Equação IDF horária da estação A866	76
Figura 16 - Equação IDF horária da estação A864	76
Figura 17 - Equação IDF horária da estação A863	77
Figura 18 - Equação IDF horária da estação A862	77
Figura 19 - Equação IDF horária da estação A861	78
Figura 20 - Equação IDF horária da estação A860	78
Figura 21 - Equação IDF horária da estação A859	79
Figura 22 - Equação IDF horária da estação A858	79
Figura 23 - Equação IDF horária da estação A857	80
Figura 24 - Equação IDF horária da estação A851	80
Figura 25 - Equação IDF horária da estação A848	81
Figura 26 - Equação IDF horária da estação A845	81
Figura 27 - Equação IDF horária da estação A841	82

Figura 28 - Equação IDF horária da estação A817	82
Figura 29 - Equação IDF horária da estação A816	83
Figura 30 - Equação IDF horária da estação A815	83
Figura 31 - Equação IDF horária da estação A806	84
Figura 32 - Equação IDF horária da estação A814	84
Figura 33 - Equação IDF horária da estação SBNF	85
Figura 34 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A815	86
Figura 35 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A814	86
Figura 36 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A817	86
Figura 37 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A816	87
Figura 38 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A845	88
Figura 39 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A851	88
Figura 40 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A858	89
Figura 41 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A841	89
Figura 42 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A857	90
Figura 43 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A848	90
Figura 44 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A859	91
Figura 45 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A860	91
Figura 46 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A861	92
Figura 47 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A863	92
Figura 48 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A862	93
Figura 49 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A864	93
Figura 50 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A866	94
Figura 51 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação SBNF	94
Figura 52 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A868	95
Figura 53 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A867	95
Figura 54 - Equação IDF horária da estação A806 sem desagregação	96
Figura 55 – Equação IDF horária da estação A814 sem desagregação.....	96
Figura 56 – Equação IDF horária da estação A815 sem desagregação.....	97
Figura 57 – Equação IDF horária da estação A816 sem desagregação.....	97
Figura 58 – Equação IDF horária da estação A817 sem desagregação.....	98
Figura 59 – Equação IDF horária da estação A841 sem desagregação.....	98
Figura 60 – Equação IDF horária da estação A845 sem desagregação.....	99
Figura 61 – Equação IDF horária da estação A848 sem desagregação.....	99

Figura 62 – Equação IDF horária da estação A851 sem desagregação.....	100
Figura 63 – Equação IDF horária da estação A857 sem desagregação.....	100
Figura 64 – Equação IDF horária da estação A858 sem desagregação.....	101
Figura 65 – Equação IDF horária da estação A859 sem desagregação.....	101
Figura 66 – Equação IDF horária da estação A860 sem desagregação.....	102
Figura 67 – Equação IDF horária da estação A861 sem desagregação.....	102
Figura 68 – Equação IDF horária da estação A862 sem desagregação.....	103
Figura 69 – Equação IDF horária da estação A863 sem desagregação.....	103
Figura 70 – Equação IDF horária da estação A864 sem desagregação.....	104
Figura 71 – Equação IDF horária da estação A866 sem desagregação.....	104
Figura 72 – Equação IDF horária da estação A867 sem desagregação.....	105
Figura 73 – Equação IDF horária da estação A868 sem desagregação.....	105
Figura 74 – Equação IDF horária da estação SBFL sem desagregação	106
Figura 75 – Equação IDF horária da estação SBJV sem desagregação	106
Figura 76 – Equação IDF horária da estação SBNF sem desagregação	107
Figura 77 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A814 sem desagregação.....	108
Figura 78 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A815 sem desagregação.....	108
Figura 79 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A816 sem desagregação.....	109
Figura 80 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A817 sem desagregação.....	109
Figura 81 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A841 sem desagregação.....	110
Figura 82 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A845 sem desagregação.....	110
Figura 83 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A848 sem desagregação.....	111
Figura 84 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A851 sem desagregação.....	111
Figura 85 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A857 sem desagregação.....	112

Figura 86 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A858 sem desagregação.....	112
Figura 87 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A859 sem desagregação.....	113
Figura 88 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A860 sem desagregação.....	113
Figura 89 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A861 sem desagregação.....	114
Figura 90 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A862 sem desagregação.....	114
Figura 91 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A863 sem desagregação.....	115
Figura 92 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A864 sem desagregação.....	115
Figura 93 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A866 sem desagregação.....	116
Figura 94 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A867 sem desagregação.....	116
Figura 95 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A868 sem desagregação.....	117
Figura 96 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação SBNF sem desagregação.....	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Fatores de desagregação da CETESB para durações inferiores a 1 hora...	29
Tabela 2 – Estatística descritiva da Krigagem (60 min)	37
Tabela 3 - Estatística pontual das intensidades para duração de 60 minutos	37
Tabela 4 - Equações IDF horárias	44
Tabela 5 - Equações IDF horárias sem desagregação	49
Tabela 6 - Estatísticas referentes as intensidades máximas diárias anuais das estações horárias utilizadas para construir as equações IDF's.....	60
Tabela 7 - Estações CEMADEN com valores abaixo de 40 (mm/h)	61
Tabela 8 - Estações CEMADEN com valores entre 40 e 100 (mm/h).....	61
Tabela 9 - Estações CEMADEN com valores superiores a 140 (mm/h)	68
Tabela 10 - Intensidades pontuais utilizadas na espacialização	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Água e Saneamento Básico

CEDEP - Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais ligado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CIRAM - Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ Serviço Geológico do Brasil

DNMET - Departamento Nacional de Meteorologia

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agrícola de Santa Catarina

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICEA - Instituto de Controle do Espaço Aéreo

IDF - Intensidade-Duração-Frequência

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Objetivo Geral.....	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	EQUAÇÕES IDF	18
2.2	QUALIDADE DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS E METODOLOGIAS DE CONTROLE.....	20
2.3	IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE AS CURVAS IDF	21
3	MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1	ÁREA DE ESTUDO	23
3.2	BASE DE DADOS	24
3.3	DESENVOLVIMENTO DE EQUAÇÕES IDF.....	25
3.3.1	BASE DE DADOS E AGREGAÇÃO TEMPORAL.....	25
3.3.2	AJUSTE DA DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL E ESTIMATIVA DE QUANTIS	26
3.3.2.1	<i>DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL.....</i>	<i>26</i>
3.3.2.2	<i>ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS</i>	<i>27</i>
3.3.2.3	<i>ESTIMATIVA DOS QUANTIS.....</i>	<i>27</i>
3.3.2.4	<i>ESTRUTURA DA EQUAÇÃO IDF.....</i>	<i>27</i>
3.3.2.5	<i>AJUSTE POR MÍNIMOS QUADRADOS NÃO LINEARES.....</i>	<i>28</i>
3.3.2.6	<i>DESAGREGAÇÃO PARA CURTAS DURAÇÕES</i>	<i>28</i>
3.3.2.7	<i>QUALIDADE DO AJUSTE</i>	<i>29</i>
3.4	INTERPOLAÇÃO ESPACIAL POR KRIGAGEM ORDINÁRIA.....	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32

4.1	LEVANTAMENTO DE ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS EM SANTA CATARINA	32
4.2	INTERPOLAÇÃO POR KRIGAGEM ORDINÁRIA.....	35
4.2.1	ANÁLISE COMPARATIVA DAS BASES IDF	35
4.2.1.1	<i>EFEITO DA INCORPORAÇÃO DAS ESTAÇÕES HORÁRIAS.....</i>	35
4.2.1.2	<i>PADRÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL.....</i>	36
4.2.1.3	<i>DIFERENÇA ENTRE OS VALORES PONTUAIS E OS RESULTADOS DA KRIGAGEM.....</i>	39
4.2.2	ANÁLISE DAS DIFERENÇAS ENTRE BASES	39
4.2.2.1	<i>BACK e BONETTI (2014) – BACK (2002)</i>	40
4.2.2.2	<i>BACK e BONETTI (2014) + HORÁRIAS – BACK (2002)</i>	40
4.2.2.3	<i>BACK e BONETTI (2014) + HORÁRIAS – BACK E BONETTI (2014).....</i>	41
4.2.3	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS DIFERENÇAS	41
4.3	EQUAÇÕES IDF's HORÁRIAS	44
4.3.1	AJUSTE DAS EQUAÇÕES IDF PARA AS ESTAÇÕES SBFL E SBJV	45
4.3.2	ANÁLISE DE CURTA DURAÇÃO DAS EQUAÇÕES IDF's	46
4.3.2.1	<i>ESTAÇÃO SBFL E A806</i>	46
4.3.2.2	<i>ESTAÇÃO SBJV.....</i>	47
4.3.2.3	<i>INTERPRETAÇÃO CONJUNTA</i>	47
4.3.3	LIMITAÇÃO PARA CURTAS DURAÇÕES SEM DESAGREGAÇÃO	49
5	CONCLUSÃO.....	53
	REFERÊNCIAS.....	55
	Apêndice - A	60
	Apêndice - B	71
	Apêndice - C	75
	Apêndice - D	86
	Apêndice - E	96
	Apêndice - F.....	108

1 INTRODUÇÃO

As equações de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) constituem ferramentas fundamentais para o dimensionamento de sistemas de drenagem urbana e obras hidráulicas, fornecendo a relação entre a intensidade máxima de precipitação, a duração do evento e a frequência de ocorrência, subsidiando o cálculo da vazão de projeto em obras de drenagem (Martel et al., 2021). A subestimativa dessas intensidades pode resultar em subdimensionamento de obras com elevados prejuízos sociais, econômicos e ambientais, enquanto sua superestimativa implica desperdício de recursos (Cook et al., 2020). No estado de Santa Catarina, a aplicação dessas equações tem evoluído significativamente desde os primeiros estudos de Pfafstetter (1957), que estabeleceu IDF para três estações catarinenses.

Santa Catarina é submetida à atuação de múltiplos sistemas meteorológicos ao longo do ano como frentes frias, vórtices ciclônicos, convecção tropical e circulação marítima, cuja interação com o relevo produz distribuição espacial de precipitação altamente heterogênea entre as regiões litorânea, serrana e oeste do estado (Monteiro, 2001). Essa variabilidade implica que equações IDF de abrangência regional ampla capturam mal as condições locais de projeto, tornando necessária a calibração a partir de dados observados distribuídos pelo território.

O conceito inicial das equações IDF baseia-se na estacionariedade temporal, ou seja, a distribuição estatística de eventos de chuva permanece constante ao longo do tempo (Cheng; AghaKouchak, 2014). Entretanto, evidências no clima global têm questionado essa premissa (Milly et al., 2008), particularmente considerando que a temperatura média global aumentou mais de 1°C desde o início do século XX, sendo observado a intensificação destes eventos nas últimas décadas (Intergovernmental Panel On Climate Change (Ipcc), 2023). Este aquecimento tem provocado mudanças no ciclo hidrológico, especialmente na intensidade e frequência de eventos extremos de precipitação (Bartiko et al., 2019).

A reduzida densidade das redes de monitoramento pluviométrico, especialmente em países em desenvolvimento, restringe a cobertura espacial dos dados, comprometendo as estimativas de intensidade de precipitação (Basumatary; Sil, 2017), dificultando a obtenção de dados pluviométricos em escala sub-horária. Essa limitação representa um desafio para a construção confiável de equações IDF, frequentemente resultando na adoção de equações IDF menos representativas das condições locais (Gebrechorkos et al., 2024).

A utilização de técnicas de krigagem auxilia estudos hidrológicos uma vez que permite estimar variáveis pluviométricas em locais sem monitoramento direto, sendo possível interpolar superfícies de intensidade de chuva (Jiang et al., 2026). No presente trabalho, a técnica da

krigagem ordinária foi empregada para espacializar as intensidades das bases regionais de Back (2002) e Back e Bonetti (2014).

A construção de equações IDF a partir de dados com resolução horária representa um refinamento metodológico em relação à abordagem convencional baseada em pluviômetros de registro diário e coeficientes de desagregação, uma vez que elimina a dependência de razões empíricas calibradas em outras regiões climáticas e incorpora diretamente a variabilidade temporal observada nas chuvas de curta duração (Basumatary; Sil, 2017; Gebrechorkos et al., 2024). No estado de Santa Catarina, onde a heterogeneidade climática é expressiva e a rede de monitoramento sub-horário permanece restrita, a disponibilização de equações IDF horárias regionalizadas constitui subsídio direto para a atualização dos critérios de projeto em sistemas de drenagem urbana.

Este trabalho apresenta uma análise das intensidades e das equações IDF no estado de Santa Catarina.

1.1 OBJETIVOS

Nas seções abaixo estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos deste TCC.

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a distribuição espacial de intensidades de precipitação e propor equações IDF atualizadas para o estado de Santa Catarina.

1.1.2 Objetivos Específicos

- i) Analisar a distribuição espacial de intensidades máximas de precipitação horárias medidas nas estações do Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN).
- ii) Distribuir espacialmente as intensidades máximas médias para durações horárias com diferentes períodos de retorno obtidos das equações de Back (2002) e Back e Bonetti (2014);
- iii) Produzir IDF's utilizando dados horários.
- iv) Avaliar o ajuste das IDF's horárias com IDF's diárias.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As intensidades de chuva desempenham papel importante no dimensionamento de obras hidráulicas e de drenagem urbana. A caracterização adequada das chuvas intensas, expressa pelas relações IDF constitui a base para o projeto de controle de cheias, galerias pluviais, bueiros, barragens de contenção e sistemas de amortecimento de vazões. A subestimativa dessas intensidades pode resultar em subdimensionamento de obras e em elevados prejuízos sociais, econômicos e ambientais, enquanto sua superestimativa implica em desperdício de recursos.

2.1 EQUAÇÕES IDF

As equações IDF representam o resumo estatístico do comportamento das chuvas intensas em uma determinada região, relacionando matematicamente a intensidade da precipitação com a duração do evento e o período de retorno adotado em projeto. Sua determinação requer séries temporais longas, controle de qualidade dos dados e escolha adequada da distribuição de probabilidades para ajuste dos máximos anuais (Lima Neto et al, 2021).

Back et al. (2019) analisaram séries temporais de precipitação com o objetivo de auxiliar o dimensionamento de sistemas de drenagem em Santa Catarina, concluindo que a utilização de curvas IDF baseadas em dados modernos e análise estatística adequada é fundamental para o desempenho de obras de micro e macrodrenagem. Na estação de Vargem do Cedro (SC), os autores identificaram forte variabilidade nos registros de máximas anuais, com predominância de assimetrias positivas, caracterizando a distribuição dos eventos extremos. A equação IDF ajustada indica que chuvas intensas podem atingir valores superiores a 200 mm e 500 mm para durações de 1 dia e 10 dias dado um período de retorno de 100 anos, reforçando a necessidade de critérios rigorosos de projeto.

Back et al. (2019) revelaram maior concentração de máximos anuais entre dezembro e março, embora eventos entre 80 e 100 mm tenham sido registrados em todos os meses do ano, indicando que o risco de chuvas intensas se distribui ao longo de todo o ano. Sendo necessário levar em consideração os meses históricos secos, caso contrário, é possível ocorrer a subestimação de valores associados a maiores tempos de retorno.

Em regiões com escassez de dados pluviométricos, a construção de curvas IDF demanda métodos alternativos de interpolação e regionalização. Sangüesa et al. (2023) compararam três abordagens para estimativa de IDF em terrenos montanhosos no Chile:

krigagem ordinária, ponderação pelo inverso da distância (IDW) e o Índice de Tempestade (SI). Os resultados demonstraram que o método SI, baseado em escalonamento linear, apresentou os menores erros de estimação em localidades não monitoradas, superando os métodos geoestatísticos. Os autores atribuíram as limitações da krigagem à distribuição espaçada dos pluviógrafos na região, enquanto o método SI mostrou-se mais viável para extrapolação das curvas IDF, embora não forneça estimativas de incerteza como a krigagem ordinária.

A regionalização de parâmetros IDF também foi abordada por Barbosa et al. (2022) para a bacia do rio Grande, na Bahia, utilizando séries temporais diárias de 45 pluviômetros com pelo menos 30 anos de observação. Os máximos anuais foram ajustados à distribuição de Gumbel por L-momentos, desagregados para durações subdiárias pelos coeficientes do DAEE/CETESB (1980), e os parâmetros das equações IDF foram estimados por otimização global via algoritmo de evolução diferencial. A comparação entre métodos de espacialização indicou melhor desempenho do IDW em relação à krigagem ordinária para interpolação dos parâmetros e dos quantis de precipitação, resultados semelhantes a conclusão de Sangüesa et al. (2023) quanto às limitações da krigagem em redes pluviométricas espalhadas.

Em contextos de escassez de dados pluviográficos, Kawara e Elsebaie (2022) demonstraram que é possível obter equações IDF representativas combinando séries diárias e subdiárias com razões regionais de conversão entre durações, identificando pequenas diferenças entre as distribuições de Gumbel e Log-Pearson Tipo III nas estimativas dos quantis. Embora o estudo valide a desagregação temporal como alternativa metodológica em situações de escassez de dados, ele também evidencia que as razões de conversão têm validade regional restrita, limitação que motiva a abordagem adotada neste trabalho, que prioriza dados horários diretamente observados em detrimento de coeficientes de desagregação derivados de outras regiões climáticas.

Basso et al. (2016) reavaliaram as isozonas de chuvas intensas originalmente propostas por Torrico (1974), com base em um banco de dados atualizado contendo aproximadamente mil equações IDF distribuídas pelo território brasileiro. O estudo evidenciou que, embora a configuração geral das regiões homogêneas permaneça válida, ocorreram alterações significativas nos coeficientes de desagregação em diversas regiões do país, destacando-se o aumento da intensidade das chuvas de curta duração no Sudeste. As novas isozonas e os coeficientes regionalizados apresentados pelos autores constituem importante atualização metodológica para a estimativa de chuvas intensas em locais sem registros pluviográficos, sendo de ampla aplicabilidade na elaboração e atualização de curvas IDF.

2.2 QUALIDADE DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS E METODOLOGIAS DE CONTROLE

As equações IDF estão diretamente condicionadas à qualidade dos dados utilizados em sua derivação. Inconsistências, falhas de registro e erros sistemáticos em séries temporais de precipitação podem introduzir vieses significativos nas estimativas de máximas anuais e, consequentemente, nos parâmetros das equações ajustadas.

Meira et al. (2022) avaliaram procedimentos de controle de qualidade aplicados a séries pluviométricas sub-horárias da rede CEMADEN, abrangendo aproximadamente 22 mil séries temporais coletadas entre 2014 e 2020 em intervalos de 10 minutos. A metodologia contemplou verificações e inspeções visuais para identificação de inconsistências, demonstrando a relevância de protocolos de controle de qualidade como condição fundamental para a determinação de máximos anuais confiáveis e para o desenvolvimento de equações IDF de alta resolução temporal.

Barbosa et al. (2022), no desenvolvimento das equações IDF para a bacia do rio Grande (BA), aplicaram o teste de Mann-Kendall para detecção de tendência temporal antes do ajuste estatístico dos máximos anuais, identificando séries com comportamento não aleatório que, se tratadas como estacionárias, introduziriam viés sistemático nos parâmetros da distribuição de Gumbel, inflando ou subestimando as intensidades de projeto conforme o sentido da tendência. Esse procedimento é particularmente relevante como limitação do presente trabalho uma vez que as séries horárias utilizadas não foram submetidas a teste de tendência, podendo significar que eventuais tendências de longo prazo nas estações com séries mais curtas não foram verificadas e podem estar refletidas nos parâmetros das equações IDF ajustadas.

Green et al. (2026) construíram o banco de dados global GSDR-IDF a partir de mais de 24 mil séries pluviométricas horárias, aplicando protocolo sistematizado de controle de qualidade com remoção de anos com mais de 10% de falhas e verificação de consistência entre durações e ajustando a distribuição GEV por máxima verossimilhança para estimar os quantis de precipitação. Uma das contribuições metodológicas do estudo é precisamente evidenciar que a cobertura de dados horários é globalmente desigual: enquanto Europa e América do Norte concentram a maior densidade de estações aptas ao ajuste de IDF's horárias, regiões como o sul do Brasil dispõem de número restrito de séries com qualidade e extensão suficientes. Essa escassez, documentada por Green et al. (2026), é também uma motivação para este trabalho,

das centenas de estações pluviométricas existentes em Santa Catarina, apenas 23 apresentaram critérios mínimos de qualidade e extensão para a construção de equações IDF horárias, reforçando que a ampliação do monitoramento sub-diário no estado é condição necessária para o desenvolvimento futuro dessas equações.

2.3 IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE AS CURVAS IDF

A hipótese da estacionariedade tem sido debatida diante das evidências de alteração nos padrões hidrológicos globais associadas às mudanças climáticas.

Milly et al. (2008) questionaram a validade da estacionariedade para o planejamento hídrico, argumentando que as mudanças climáticas estão alterando de forma permanente os padrões de precipitação, evapotranspiração e vazão. Os autores propõem o desenvolvimento de modelos não estacionários e a combinação de modelagem climática com análises probabilísticas e mecanismos de melhoria contínua como resposta às transformações que estão ocorrendo no ciclo hidrológico.

Hosseinzadehtalaei et al. (2020) projetaram equações IDF atuais e futuras para o continente europeu utilizando dados de sensoriamento remoto de alta resolução e simulações do conjunto EURO-CORDEX. Os resultados indicaram que eventos de alto período de retorno serão proporcionalmente mais intensos que eventos de baixo período de retorno, e que a frequência de precipitações extremas sub-diárias com períodos de retorno de 50 e 100 anos poderá triplicar sob o cenário RCP8.5. As curvas IDF futuras deverão apresentar intensidades 16 a 27% maiores e inclinação mais acentuada (17 a 25%), evidenciando a vulnerabilidade dos sistemas projetados com base nos padrões atuais.

Sung et al. (2023) avaliaram as características das chuvas intensas ocorridas em Seul em 2022, comparando-as com projeções baseadas nos cenários RCP e SSP. Os resultados indicaram que a precipitação máxima de 24 horas poderá aumentar aproximadamente 18% até o final do século XXI em relação ao período atual, semelhante as projeções de intensificação obtidas por Hosseinzadehtalaei et al. (2020). Os autores ressaltam a urgência no desenvolvimento de medidas de gestão de inundações urbanas e fluviais para absorver os impactos das mudanças climáticas nas infraestruturas existentes.

Weschenfelder et al. (2019) desenvolveram curvas IDF para cenários futuros de mudanças climáticas em Porto Alegre (RS) combinando modelagem estocástica por meio do gerador climático LARS-WG com projeções climáticas globais para os cenários A1B, A2 e B1. A desagregação das séries sintéticas diárias para escalas subdiárias permitiu a construção de

novas equações IDF por análise de frequência. Os resultados indicaram aumento de 10% a 20% nas intensidades de precipitação para o período de 2046–2065, sugerindo a necessidade de fatores de segurança no dimensionamento de obras hidráulicas.

Xu et al. (2024) investigaram os impactos das mudanças climáticas sobre curvas IDF em bacias urbanas de pequena escala na Colômbia e nos Estados Unidos, empregando projeções climáticas, técnicas de reamostragem por bootstrap e fatores de escala baseados na relação de Clausius-Clapeyron. Os resultados indicaram que a taxa generalizada de aumento de 7% na precipitação extrema por grau Celsius de aquecimento, amplamente adotada como referência, não é universalmente aplicável, observando-se relações sub-Clausius-Clapeyron em regiões tropicais. O estudo destaca a necessidade de parametrização local das curvas IDF para o desenvolvimento de infraestruturas urbanas resistentes.

Além dos impactos diretos sobre o dimensionamento de obras, a intensificação das chuvas extremas projetada pelos cenários climáticos tem consequências hidrológicas mais amplas. Eekhout et al. (2018) demonstraram que, mesmo em cenários de redução da precipitação anual total, o aumento da intensidade dos eventos extremos resulta em maior escoamento superficial, redução da infiltração e perda acelerada de capacidade de reservatórios por sedimentação, efeitos que reforçam a necessidade de equações IDF atualizadas e representativas das condições locais para o adequado dimensionamento de sistemas que precisam absorver esses picos de escoamento.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

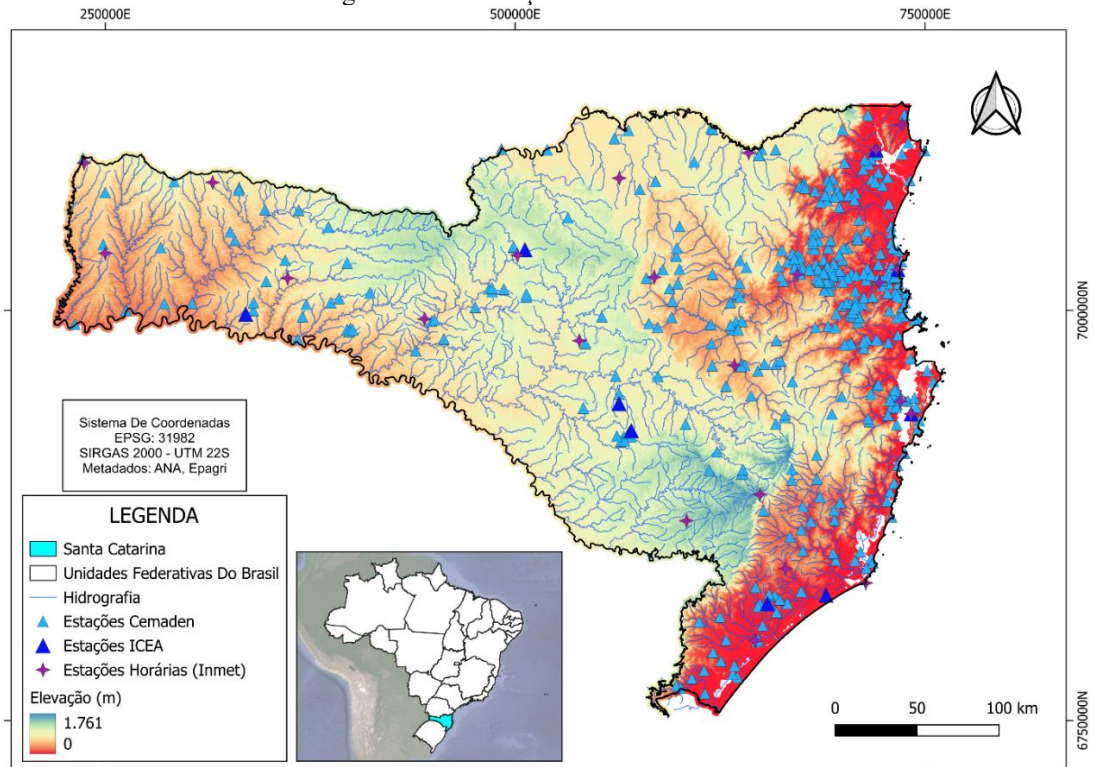
3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estado de Santa Catarina (Figura 1) possui um território de aproximadamente 96.000 km², situado na região sul do Brasil, fazendo divisa com o Paraná ao norte e o Rio Grande do Sul ao sul, além de fronteira com a Argentina a oeste e banhado pelo Oceano Atlântico a leste. O relevo é marcado pela diversidade, contemplando planícies litorâneas estreitas a leste, escarpas abruptas da Serra Geral e da Serra do Mar ao nordeste, Planalto Serrano no interior e extensas áreas de relevo suavizado no Oeste Catarinense. O estado integra três regiões hidrográficas, Paraná, Uruguai e Atlântico Sul, com dois sistemas independentes de drenagem separados pela Serra Geral, a Vertente Interior, que drena para o Uruguai, e a Vertente Atlântica, com destaque para os rios Itajaí-Açu, Tubarão e Cubatão.

Do ponto de vista climático, Santa Catarina apresenta clima subtropical úmido, classificado segundo Köppen como mesotérmico úmido (Cf), com os subtipos Cfa (mais quente, predominante no litoral e oeste) e Cfb (mais ameno, nas regiões serranas), ambos com as quatro estações bem definidas e precipitação distribuída ao longo de todo o ano, sem estação seca definida (Monteiro, 2001). As temperaturas médias variam conforme a altitude, com médias em torno de 22°C no litoral e valores negativos frequentes no inverno nas regiões serranas. A precipitação média anual situa-se próxima a 1.500 mm na maior parte do estado, podendo superar 1.800 mm nas áreas mais úmidas do litoral norte e da encosta atlântica, onde o estado é caracterizado como superúmido, especialmente nos arredores de Joinville (Pandolfo et al., 2002).

Os principais sistemas meteorológicos responsáveis pelas chuvas são as frentes frias, os vórtices ciclônicos, os cavados de níveis médios, a convecção tropical, a ZCAS e a circulação marítima, com o relevo contribuindo fundamentalmente para a distribuição diferenciada da precipitação entre as distintas áreas do estado (Monteiro, 2001). Esse efeito é particularmente expressivo nas encostas da Serra Geral, onde o ar úmido proveniente do Oceano Atlântico é forçado a ascender, intensificando a formação de nuvens cumuliformes e elevando localmente os índices de precipitação em relação às áreas costeiras e ao interior do estado (Monteiro, 2001; Pandolfo et al., 2002).

Figura 1 - Localização de Santa Catarina



3.2 BASE DE DADOS

As séries temporais das estações pluviométricas utilizadas neste trabalho foram obtidas a partir do trabalho desenvolvido por Almeida et al., (2025) que compilaram dados pluviométricos para o Brasil abrangendo estações da CEMADEN, INMET, ANA, Telemetria e ICEA. Os dados disponibilizados estão datados entre o período de 1885 a 2025 e possuem resolução temporal de 10 minutos até 1 dia. Neste trabalho, foram mapeadas as estações de Santa Catarina (Figura 1) com resolução temporal de até 1 hora (seção 4.1), sendo construídas equações IDF's provenientes de estações horárias com base na seção 3.3.

A fim de comparar as estações horárias citadas anteriormente com estações diárias, utilizou-se o inventário de equações IDF's de Santa Catarina desenvolvido por Back e Bonetti (2014) e Back (2002). Nestes trabalhos, as IDF's foram construídas utilizando estações pluviométricas da ANA e meteorológicas da Epagri, cujos dados foram medidos em pluviógrafos.

3.3 DESENVOLVIMENTO DE EQUAÇÕES IDF

Segundo Sun et al. (2019), o fluxograma para construção da equação IDF deve seguir os seguintes passos:

1. Obter as intensidades de máxima média para uma duração específica por meio da análise dos máximos anuais;
2. Ajustar a série temporal de intensidades máxima média, para cada duração, a uma função de distribuição teórica, como por exemplo: Valor Extremo Generalizado (GEV), Gumbel ou Pearson Tipo III;
3. Calcular a intensidade da chuva máxima média, para cada duração e período de retorno, com base na função de distribuição selecionada; e
4. Construir as curvas IDF utilizando fórmulas empíricas, como as de Talbot, Bernard, Kimijima ou Sherman, por meio de técnicas de regressão.

Neste trabalho, os passos foram adaptados para incluir a agregação de várias durações de tempo, utilizando a função de distribuição de Gumbel e desagregar suas estimativas para curtos períodos ($< 60\text{min}$). Foram ajustados os parâmetros da IDF de Sherman por meio de mínimos quadrados.

A justificativa para a utilização da distribuição de Gumbel baseia-se no livro de Naghettini e Pinto (2007), onde os autores argumentam que a distribuição de Gumbel é muito utilizada para análises hidrológicas possuindo várias aplicações na determinação de curvas de IDF e estudos de enchentes. Ressalta-se que neste trabalho não foram realizados testes de aderência como Kolmogorov-Smirnov ou Qui-Quadrado, sendo recomendado o seu uso a fim de aproximar o modelo matemático do comportamento de eventos extremos observado.

3.3.1 BASE DE DADOS E AGREGAÇÃO TEMPORAL

Como dito anteriormente, os dados pluviométricos utilizados foram obtidos a partir do trabalho de Almeida et al. (2025), que disponibilizou séries temporais de precipitação com resolução horária para 23 estações distribuídas na área de estudo (Figura 3). Para construção dos máximos diários anuais, recomenda-se realizar um pré-processamento da série abrangendo métodos como: preenchimento de lacunas com métodos apropriados (Lopes Martins et al. 2023); verificar a homogeneidade da série (Freitas; Nóbrega, 2012); utilizar estações pluviométricas que possuem preferencialmente 30 anos de dados (Klein et al., 2020).

Neste trabalho, a seleção dos anos aptos à construção das equações IDF, adotou-se como único critério de controle de qualidade a exclusão de anos com precipitação total anual

inferior a 1.000 mm. Não foram aplicados critérios baseados no percentual de falhas horárias ou no preenchimento do mês mais chuvoso, uma vez que as lacunas nas séries de Almeida et al. (2025) estão representadas como ausência de registros no arquivo e não como valores nulos explícitos. Essa limitação metodológica implica que anos com períodos sem registro podem ter sido incluídos na análise, constituindo uma fonte de incerteza nos parâmetros das equações IDF ajustadas.

A partir dessas séries, realizou-se um procedimento de agregação temporal (Equação 1), no qual os registros horários foram acumulados de forma progressiva para produzir totais correspondentes às durações de 1 h, 2 h, 3 h, ..., até 24 h. A inclusão de durações mais longas amplia o conjunto de pares (t, TR, i) utilizados no ajuste da equação paramétrica, contribuindo para maior estabilidade na estimativa dos parâmetros, em especial daqueles que controlam o comportamento da curva para durações superiores a 1 h.

Para cada duração e cada ano da série histórica, considerando o calendário civil, extraiu-se o valor máximo anual de precipitação acumulada, constituindo assim as séries de máximos anuais utilizadas nas etapas subsequentes do tratamento estatístico.

$$P_d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{i,d} \quad (1)$$

Onde:

P_d = precipitação média para a duração d ;

n = número de observações.

$P_{i,d}$ = precipitação observada na duração d para a observação i .

3.3.2 AJUSTE DA DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL E ESTIMATIVA DE QUANTIS

3.3.2.1 DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL

As séries de máximos anuais obtidas para cada duração foram ajustadas à distribuição de valores extremos do Tipo I, denominada distribuição de Gumbel, amplamente adotada na hidrologia brasileira para análise de frequência de precipitações máximas (Tucci, 2022). A função de distribuição acumulada é dada pela Equação 2:

$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}} \quad (2)$$

Onde:

x = Precipitação máxima (mm);

u = Parâmetro de posição (moda da distribuição);

α = Parâmetro de escala.

Os valores de u e α são ambos estimados conforme descrito na seção 3.3.2.2.

3.3.2.2 ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS

Seguindo a abordagem de Tucci (2022), os parâmetros da distribuição de Gumbel foram estimados a partir da média $\bar{x}$ e do desvio padrão S da própria amostra de máximos anuais, por meio das relações que podem ser visualizadas na Equação 3 e Equação 4.

$$\alpha = s \times \frac{\sqrt{6}}{\pi} \quad (3)$$

$$u = \bar{x} - 0,5772 \times \alpha \quad (4)$$

Em que 0,5772 é a constante de Euler-Mascheroni. Essa formulação, baseada no método dos momentos, relaciona diretamente os parâmetros da distribuição às estatísticas amostrais de primeira e segunda ordem, dispensando procedimentos iterativos.

3.3.2.3 ESTIMATIVA DOS QUANTIS

Com os parâmetros estimados pelas equações (3) e (4), calcularam-se os quantis de precipitação para os períodos de retorno $TR = 10, 20, 25, 50, 75$ e 100 anos, invertendo a função de distribuição acumulada (Equação 2):

$$x(TR) = u - \alpha \cdot \ln\left(\ln\left(1 - \frac{1}{Tr}\right)\right) \quad (5)$$

Os quantis resultantes, expressos em milímetros, foram então convertidos para intensidade (mm/h) dividindo-se o total acumulado pela respectiva duração em horas, produzindo os pares (t, Tr, i) que alimentam o ajuste da equação IDF.

3.3.2.4 ESTRUTURA DA EQUAÇÃO IDF

A relação entre intensidade máxima média de precipitação, duração e período de retorno foi expressa pela equação paramétrica:

$$i = \frac{K \times Tr^a}{(t+b)^c} \quad (6)$$

Onde:

i = Intensidade de precipitação (mm/h);

TR = Período de retorno (anos);

t = Duração da chuva (min);

K, a, b, c = Parâmetros empíricos positivos determinados pelo ajuste aos dados observados.

3.3.2.5 AJUSTE POR MÍNIMOS QUADRADOS NÃO LINEARES

Os parâmetros da equação (6) foram estimados pelo método dos mínimos quadrados não lineares, que minimiza a soma dos quadrados dos resíduos entre as intensidades observadas e as preditas pelo modelo:

$$SSR = \sum [i_{obs}(J) - i_{pred}(J)]^2 \quad (7)$$

Como os parâmetros aparecem de forma não linear na equação (principalmente ‘b’ e ‘c’), a minimização não possui solução analítica fechada, sendo resolvida iterativamente pelo algoritmo Trust Region Reflective (TRF) (Branch et al., 1999). A cada iteração, o algoritmo calcula o vetor de resíduos $r = i_{obs} - i_{pred}$, estima a matriz Jacobiana ‘J’ e resolve um subproblema quadrático dentro de uma região de confiança para determinar a correção $\Delta\theta$ que reduz o SSR, repetindo o processo até sua convergência.

Para garantir coerência física dos parâmetros, foram impostos os seguintes limites durante a otimização:

$$0 < K \leq 3000;$$

$$0 < a \leq 1;$$

$$0 < b \leq 50;$$

$$0 < c \leq 2;$$

Esses limites foram adotados ao observar a variação dos coeficientes nos trabalhos de Back (2002) e Back e Bonetti (2014)

3.3.2.6 DESAGREGAÇÃO PARA CURTAS DURAÇÕES

As intensidades obtidas pela equação IDF referem-se às durações de 1h a 24h, correspondentes às séries diretamente observadas. Para extensão a durações inferiores a 1h, aplicaram-se os coeficientes de desagregação temporal da CETESB (1986), que expressam a precipitação de uma duração-alvo como fração da precipitação de referência de 1h, com base

em relações empíricas. As intensidades desagregadas foram calculadas dividindo os totais resultantes pela duração correspondente, mantendo a unidade em mm/h.

Dessa forma, as precipitações máximas associadas às durações de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos foram estimadas a partir da precipitação máxima de 1 hora, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1- Fatores de desagregação da CETESB para durações inferiores a 1 hora.

Relação entre durações (min)	Fator de desagregação
5/30	0,34
10/30	0,54
15/30	0,70
20/30	0,81
25/30	0,91
30/60	0,97

A equação utilizada para a desagregação das precipitações sub-horárias a partir da precipitação é calculada através da Equação 8.

$$P_t = K_t \times P_r \quad (8)$$

Onde:

P_t = precipitação da duração desejada (mm);

P_r = precipitação da duração de referência utilizada na desagregação (mm);

k_t = fator de desagregação correspondente.

Assim, para a duração de 30 minutos, a precipitação foi estimada pela multiplicação da precipitação máxima de 60 minutos pelo respectivo fator de desagregação apresentado na Tabela 1.

Em seguida, calcula-se o restante das durações utilizando o valor de precipitação de 30 min.

3.3.2.7 QUALIDADE DO AJUSTE

A qualidade do ajuste da equação IDF foi avaliada por dois indicadores. O coeficiente de determinação R^2 mede a proporção da variância das intensidades observadas explicada pela Equação 9:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(i_{obs} - i_{pred})^2}{\sum(i_{obs} - \bar{i})^2} \quad (9)$$

A raiz do erro quadrático médio (RMSE) quantifica o erro médio absoluto, respectivamente:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum(i_{obs} - i_{pred})^2} \quad (10)$$

Onde $\bar{i}$ é a média das intensidades observadas.

3.4 INTERPOLAÇÃO ESPACIAL POR KRIGAGEM ORDINÁRIA

A espacialização da intensidade pluviométrica no estado de Santa Catarina foi conduzida a partir de equações de chuvas intensas (IDF) compiladas por Back (2002) e Back e Bonetti (2014). A base de 2002 abrange registros disponíveis até 1998, ao passo que a base de 2014 incorpora um período amostral mais extenso, compreendendo dados até 2011. Em ambos os casos, os parâmetros das equações foram ajustados pelo método de Gumbel-Chow, procedimento que estima a precipitação a partir da média e do desvio padrão da série.

Para cada estação e em cada base, estimou-se a intensidade de precipitação correspondente aos períodos de retorno de 25 anos (TR25) e 100 anos (TR100), adotando-se duração fixa de 60 minutos. A escolha de TR25 e TR100 reflete os períodos de retorno adotados, respectivamente, para o dimensionamento de obras de macrodrenagem e para o zoneamento de áreas ribeirinhas sujeitas a inundação (Tucci, 2022). Os valores de intensidade assim obtidos constituíram os dados pontuais de entrada para o processo de interpolação espacial.

A interpolação dos valores pontuais de intensidade foi realizada pelo método da krigagem ordinária, técnica geoestatística que estima valores em locais não amostrados como sendo uma combinação linear ponderada dos pontos vizinhos, minimizando a variância do erro de estimativa com base na estrutura de autocorrelação espacial descrita através do modelo de semivariograma como descrito em Journel e Huijbregts (2003).

O processamento foi executado no ambiente QGIS, por meio do plugin desenvolvido por Pereira et al. (2023) intitulado SMART-MAP. Utilizou-se o modelo de semivariograma esférico e configurações padrão do plugin. A grade de saída foi definida com resolução de 1.700

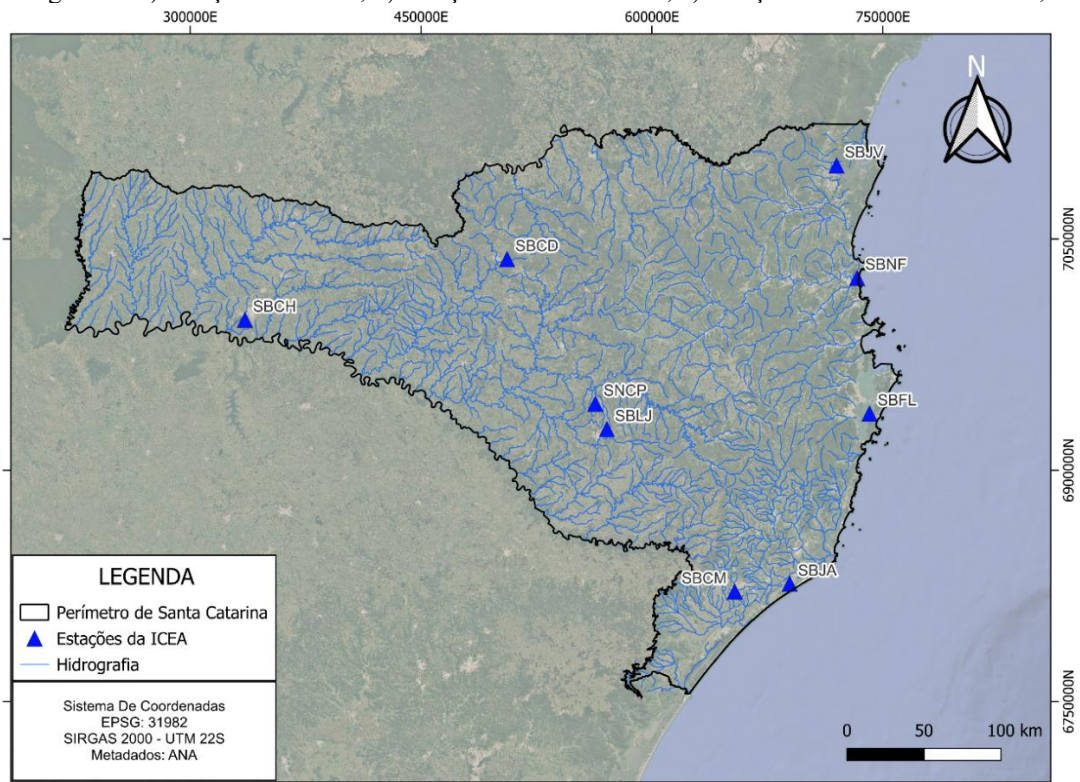
×1.700 metros, sendo esta adotada buscando um equilíbrio entre representatividade espacial dos dados, tamanho da área de estudo e custo computacional. Ao final do processo, foram gerados 4 arquivos matriciais no formato GeoTIFF, correspondentes às combinações entre as duas bases de dados (Back 2002; Back e Bonetti, 2014) e os dois períodos de retorno (TR25 e TR100). Para fins de comparação, foram gerados 2 arquivos GeoTIFF que possuem dados mesclados das IDF's de Back e Bonetti (2014) e as IDF's desenvolvidas através das estações horárias que foram propostas neste estudo. Todos os arquivos foram reprojetados para o sistema de referência SIRGAS 2000 / UTM Zona 22S.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

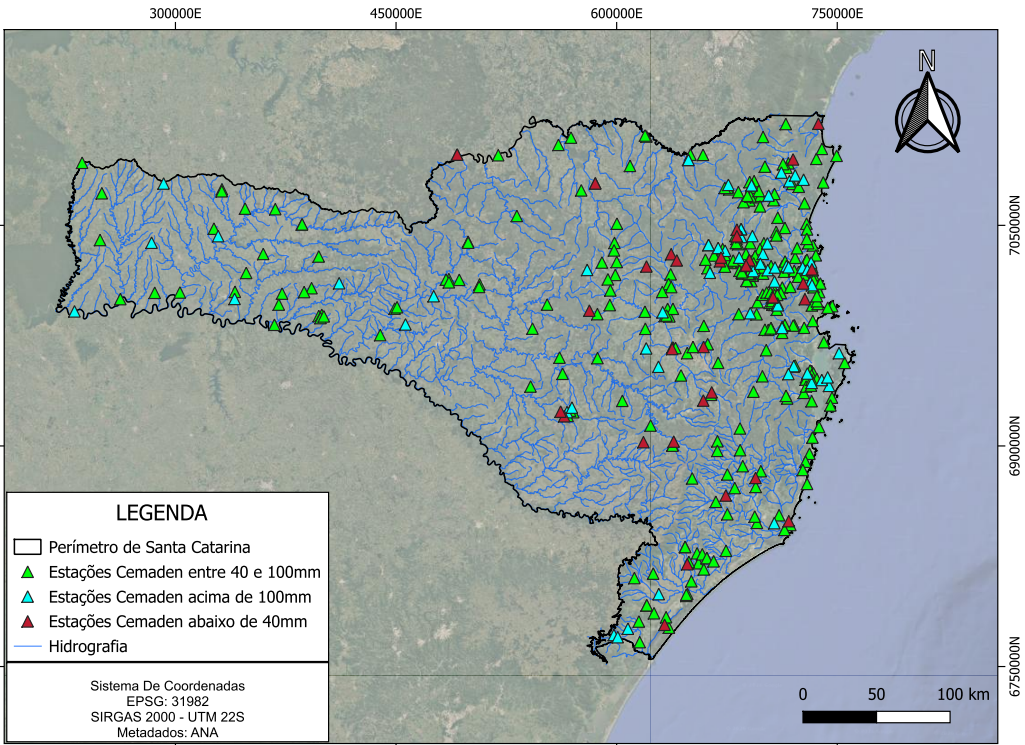
4.1 LEVANTAMENTO DE ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS EM SANTA CATARINA

A partir da base de dados de Almeida et al. (2025), foram mapeadas as estações pluviométricas que possuíam registros com passo de tempo menor ou igual a 60 minutos, nas quais foram identificadas estações pertencentes ao ICEA, ao CEMADEN e ao INMET subdiário, conforme representado na Figura 2.

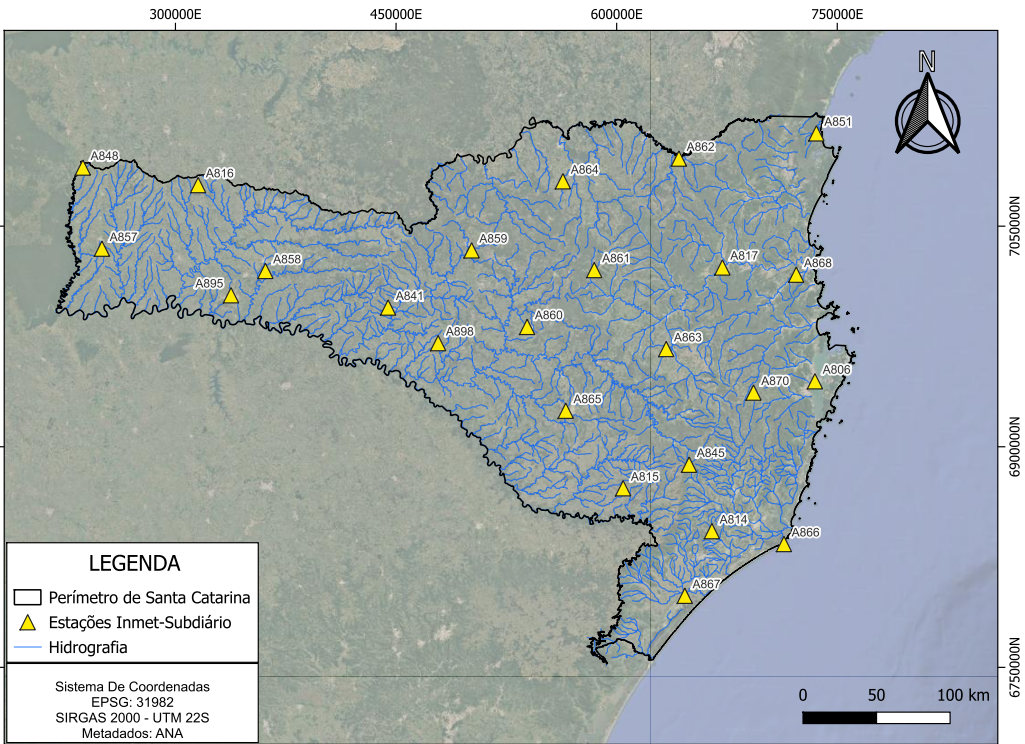
Figura 2 - a) Estações da ICEA; b) Estações da CEMADEN; c) Estações do INMET-Subdiário;



a)



b)



c)

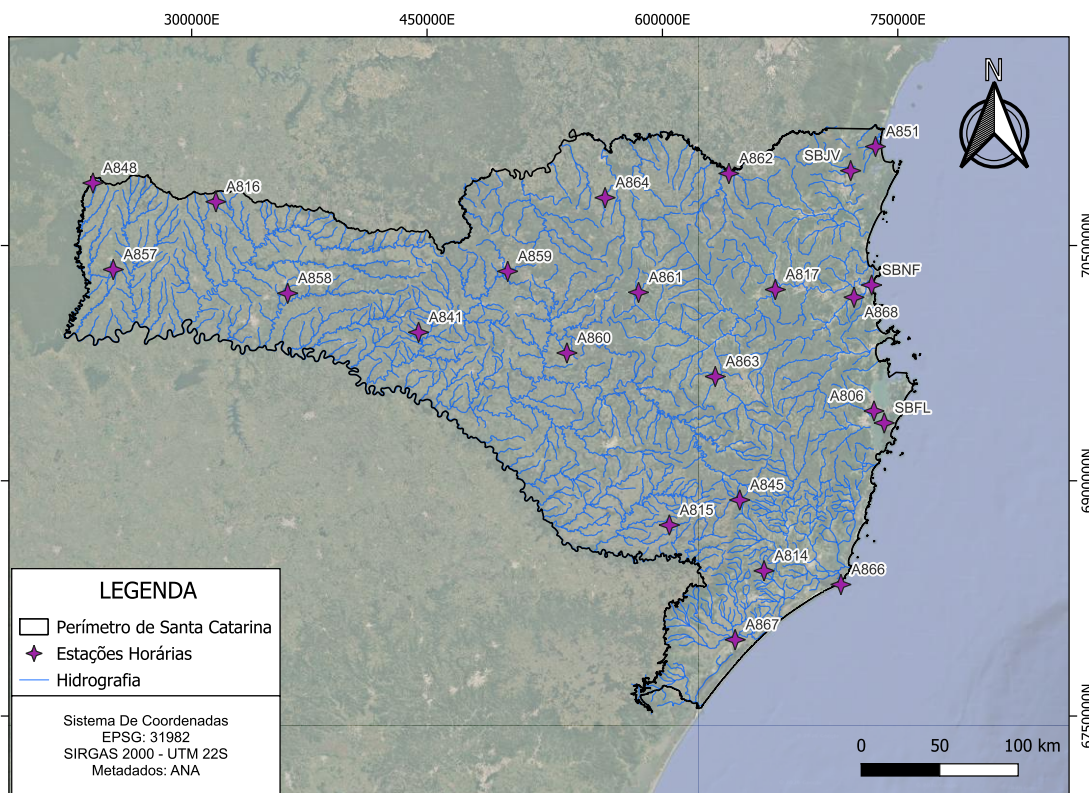
A partir do conjunto das estações identificadas foram analisadas a extensão da série histórica disponível e a qualidade dos dados registrados, onde foram selecionadas 23 estações com passo de tempo de 60 minutos (Figura 3) para a construção das equações IDF.

Para informações estatísticas relativas às 23 estações selecionadas para a construção das equações IDF, pode-se consultar a Tabela 6 do Apêndice - A

No que se refere às estações do CEMADEN, que operam com passo de tempo de 10 minutos, foi realizada agregação da série temporal para 60 minutos a fim de comparar os valores pluviométricos encontrados com as estações do INMET-Subdiário, estas foram classificadas segundo os valores de precipitação máxima diária para toda sua série, de acordo com os seguintes intervalos: máximas inferiores a 40 mm; entre 40 mm e 100 mm; e superiores a 100 mm. Seguindo a classificação de intervalos, temos 64 estações que registraram máximos acima de 100 mm/h, 311 estações entre 100 e 40 mm/h e 33 estações abaixo de 40 mm/h. As estações com intensidades máximas de 40 mm/h podem apresentar funcionamento deficientes.

Informações adicionais referentes às estações do CEMADEN podem ser consultadas na Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9 do Apêndice - A

Figura 3 - Estações horárias escolhidas para o desenvolvimento das Equações IDF.



4.2 INTERPOLAÇÃO POR KRIGAGEM ORDINÁRIA

Para avaliar as discrepâncias espaciais decorrentes da diferença no período amostral das duas bases, foram calculadas superfícies de diferença de pixel a pixel entre os rasters correspondentes. As comparações foram realizadas entre todas as combinações possíveis de pares de bases para cada período de retorno, resultando em três superfícies de diferença por TR.

A escala de classificação adotada na visualização das diferenças foi definida para todas as bases, abrangendo simultaneamente os dados de TR25 e TR100, de modo a garantir que uma mesma cor represente a mesma magnitude de diferença em todas as figuras e permitir comparações diretas.

4.2.1 ANÁLISE COMPARATIVA DAS BASES IDF

Ao observar a Figura 4, a comparação entre os campos interpolados das bases Back (2002) e Back e Bonetti (2014) evidencia redução consistente nas intensidades pluviométricas estimadas para duração de 60 minutos em ambos os períodos de retorno. Para TR25, a média cai de 70,4 mm/h (Back 2002) para 69,3 mm/h (Back e Bonetti (2014)), acompanhada pelo aumento do valor máximo de 91,3 para 92,4 mm/h. Para TR100, a redução da média é mais expressiva: de 90,1 mm/h (Back 2002) para 88,4 mm/h (Back e Bonetti (2014)), e o valor máximo recua de 121,1 para 118,3 mm/h (Tabela 2).

Essa tendência de redução pode decorrer do efeito do período amostral: as bases diferem tanto no comprimento quanto no intervalo temporal das séries, Back (2002) cobre registros até 1998, enquanto Back e Bonetti (2014) estende o período até 2011. Séries históricas mais curtas produzem estimativas dos parâmetros da distribuição de probabilidade com maior variabilidade amostral, sendo mais sensíveis à presença ou ausência de eventos extremos no período registrado, o que pode resultar em superestimativa ou subestimativa dos quantis, dependendo das condições climáticas do intervalo amostrado (Stedinger et al., 1993; Hosking; Wallis, 1997).

4.2.1.1 EFEITO DA INCORPORAÇÃO DAS ESTAÇÕES HORÁRIAS

A base Back e Bonetti (2014) + Horárias introduz 23 estações com registros em regime horário, cujas curvas IDF foram construídas diretamente a partir dos dados observados em escala horária. Essa incorporação promove uma nova redução das intensidades médias

estimadas: para TR25, a média recua para 67,7 mm/h e o máximo para 81,4 mm/h; para TR100, os valores caem para 86,0 mm/h e 107,3 mm/h, respectivamente.

Essa redução adicional em relação à base Back e Bonetti (2014) pode significar que os pluviógrafos de resolução diária, quando submetidos a relações de desagregação para durações horárias, tendem a superestimar as intensidades de curta duração, uma vez que as relações empíricas de desagregação não coincidem exatamente com o clima do sul do Brasil.

O desvio padrão também se reduz ($\sigma = 5,8$ mm/h para TR25 e $\sigma = 8,2$ mm/h para TR100). A redução do desvio padrão ocorre por conta de que as estações horárias apresentam valores de intensidade inferiores aos das bases diárias, ao serem incorporadas à krigagem, puxam a distribuição dos valores interpolados para baixo, reduzindo sua dispersão. O comportamento oposto, aumento do desvio padrão, seria igualmente esperável caso as estações horárias capturassem regiões com intensidades discrepantes em relação às vizinhanças, evidenciando que a variação do desvio padrão depende dos valores observados, e não apenas da densidade da rede.

4.2.1.2 PADRÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL

Os seis painéis da Figura 4 revelam um padrão espacial consistente entre bases e períodos de retorno: as maiores intensidades pluviométricas concentram-se na porção leste e no litoral norte do estado, região que corresponde à Serra Geral e costa catarinense, onde os processos orográficos intensificam a precipitação convectiva associada a sistemas frontais e à circulação de brisa marítima. A faixa litorânea, em especial a região ao norte de Florianópolis e o trecho entre Joinville e São Francisco do Sul (representado pelo extremo nordeste dos mapas), concentra sistematicamente os maiores valores de intensidade em todas as bases.

O extremo oeste do estado, região de Chapecó, São Miguel do Oeste e Dionísio Cerqueira, também apresenta valores elevados nas superfícies interpoladas, nesta região, a Baixa do Chaco organiza condições de tempo instáveis associadas às frentes frias, favorecendo chuvas mais volumosas do que nas áreas costeiras centrais do estado (Monteiro, 2001). Adicionalmente, os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCMs), associados ao Jato de Baixos Níveis Sul-Americano que transporta calor e umidade da Amazônia para latitudes mais altas, são responsáveis por episódios de precipitação intensa e curta duração nessa região, independentemente do relevo local (Reboita et al., 2010).

O interior do estado, correspondente ao Planalto Serrano, apresenta intensidades moderadas, em geral entre 58 e 74 mm/h para TR25 e entre 73 e 94 mm/h para TR100 na base

Back (2002). Esse padrão é mantido nas demais bases, com redução proporcional dos valores absolutos conforme discutido na seção anterior.

Os resultados gerais da krigagem podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2 – Estatística descritiva da Krigagem (60 min)

Base	TR	Média	Mediana	Desvio P.	Mín	Máx
Back (2002)	TR25	70,41	69,49	7,16	57,35	91,32
Back (2002)	TR100	90,07	88,94	9,92	72,06	121,14
Back e Bonetti (2014)	TR25	69,29	67,77	7,40	57,83	92,38
Back e Bonetti (2014)	TR100	88,35	86,57	9,95	73,20	118,31
Back e Bonetti (2014) + Horária	TR25	67,71	66,74	5,84	58,11	81,35
Back e Bonetti (2014) + Horária	TR100	86,02	85,09	8,25	72,12	107,26

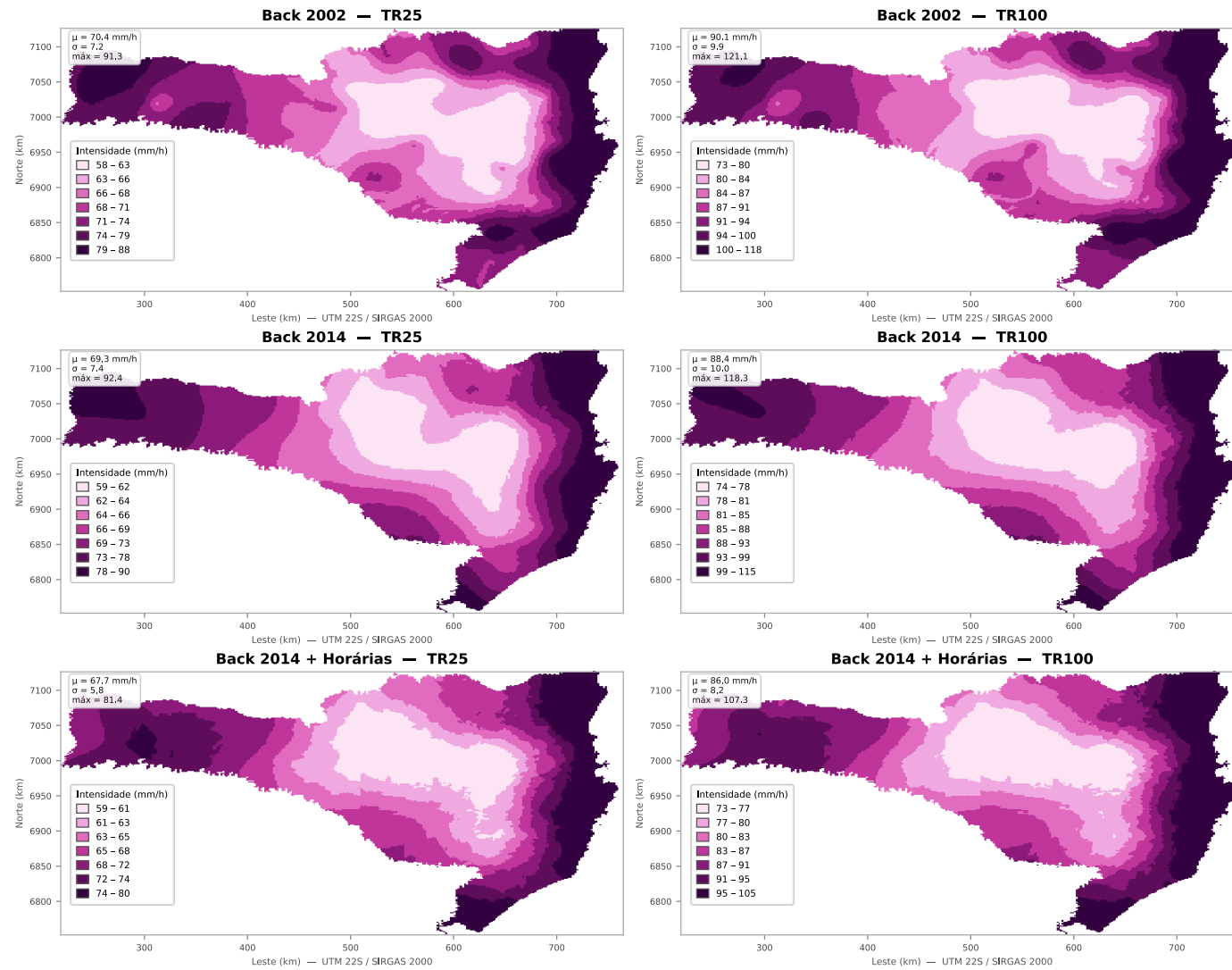
A estatística das intensidades pontuais de precipitação para a duração de 60 minutos (Tabela 3), compiladas a partir das equações IDF de Back (2002) e Back e Bonetti (2014) demonstra que para o TR de 25 anos, a média das intensidades reduziu de 72,14 mm/h (Back, 2002) para 71,36 mm/h (Back e Bonetti, 2014), acompanhada de diminuição do desvio padrão de 15,72 para 13,19 mm/h. Para o TR de 100 anos, o comportamento é semelhante, a média reduziu de 93,36 para 91,81 mm/h e o desvio padrão de 24,15 para 19,42 mm/h, indicando que a base de Back e Bonetti (2014) estimou intensidades menores e um campo espacial mais homogêneo. Essa redução pode ser atribuída ao efeito do comprimento da série histórica, onde séries mais curtas, como em Back (2002), tendem a superestimar os parâmetros da distribuição de Gumbel pela maior influência de eventos extremos isolados.

Tabela 3 - Estatística pontual das intensidades para duração de 60 minutos

Estatística	Back (2002)		Back e Bonetti (2014)	
	TR25	TR100	TR25	TR100
Quantidade de estações	153	153	147	147
Mínimo	49,22	62,61	53,26	65,25
Máximo	159,99	237,05	127,99	178,02
Amplitude	110,77	174,43	74,73	112,77
Média	72,14	93,36	71,36	91,81
Mediana	69,74	89,38	69,06	87,55
Desvio Padrão	15,72	24,15	13,19	19,42

Os valores pontuais referentes as intensidades podem ser visualizadas na Tabela 10 do Apêndice - B.

Figura 4 - Interpolação da Intensidade entre as Bases para TR25 e TR100



4.2.1.3 DIFERENÇA ENTRE OS VALORES PONTUAIS E OS RESULTADOS DA KRIGAGEM

Os valores máximos e mínimos do raster de krigagem tendem a diferir dos valores extremos calculados pelas equações IDF nas estações. Isso ocorre porque o resultado da interpolação é convertido em uma grade regular de pixels, e o centro de cada pixel raramente coincide com a localização exata de uma estação. Quando isso acontece, nenhum pixel recebe o valor original da estação, o pixel mais próximo assume um valor ligeiramente diferente, por estar a uma pequena distância do ponto interpolado. Por esse motivo, os extremos da superfície rasterizada são em geral menos pronunciados do que os valores pontuais originais.

Dessa forma, os picos de intensidade registrados em estações isoladas, especialmente aqueles associados a eventos extremos são atenuados na superfície interpolada, resultando em valores máximos inferiores aos observados pontualmente. O mesmo princípio se aplica aos valores mínimos, que tendem a ser superiores aos menores registros pontuais.

Observando a análise estatística das intensidades, a comparação entre os valores pontuais e os campos interpolados por krigagem ordinária demonstra o efeito de suavização pertencente ao método. Para a base Back (2002) e TR25, a média pontual de 72,14 mm/h reduz para 70,41 mm/h após a interpolação, enquanto o valor máximo pontual foi amortecido de 159,99 para 91,32 mm/h. Para TR100, a média pontual de 93,36 mm/h reduz para 90,07 mm/h na superfície interpolada, e o máximo pontual de 237,05 mm/h é reduzido para 121,14 mm/h.

Para a base de Back e Bonetti (2014), o valor máximo pontual de 178,02 mm/h (TR100) é reduzido para 118,31 mm/h na krigagem. A incorporação das estações horárias intensifica esse efeito: o máximo interpolado reduz para 107,26 mm/h no TR100 e a média para 86,02 mm/h, os menores valores observados entre todas as combinações analisadas.

4.2.2 ANÁLISE DAS DIFERENÇAS ENTRE BASES

A discussão a seguir é referente as subtrações das bases de intensidade realizadas através dos dados de Back (2002), Back e Bonetti (2014) e Back e Bonetti (2014) somado as estações horárias, sendo está realizada quantitativamente (Figura 5) e percentualmente (Figura 6).

4.2.2.1 BACK e BONETTI (2014) – BACK (2002)

A subtração entre as bases Back e Bonetti (2014) e Back (2002) representa a diferença obtida através da expansão da série histórica de dados, onde a série de 2014 é mais longa que a de 2002 para um conjunto semelhante de estações diárias.

Para TR25, a diferença média espacial absoluta é de $|\mu| = 1,1$ mm/h, com predomínio de Back 2002, ou seja, a base mais antiga estima intensidades superiores na maior parte do estado. O valor máximo de diferença pontual é de $|\Delta|_{\text{máx}} = 14,5$ mm/h.

Para TR100, a diferença média cresce para $|\mu| = 1,7$ mm/h e o máximo pontual aumenta para $|\Delta|_{\text{máx}} = 20,4$ mm/h, mantendo o sentido predominante.

A predominância de Back (2002) pode ser justificada pelas séries mais curtas, onde tendem a ser mais sensíveis à influência de eventos extremos isolados sobre os parâmetros da distribuição de Gumbel.

Como neste par a metodologia de obtenção do dado é idêntica entre as duas bases, este é o único entre os três pares analisados em que se pode atribuir com razoável segurança a diferença observada ao efeito do comprimento da série histórica — havendo indício de que a base Back (2002) superdimensionava as intensidades em razão da amostra mais curta disponível quando foi construída. Em termos percentuais (Figura 6), as diferenças médias são de 1,5% (TR25) e 1,8% (TR100), com picos de 20,2% e 19,1%, respectivamente.

4.2.2.2 BACK e BONETTI (2014) + HORÁRIAS – BACK (2002)

Esse painel exhibe as maiores diferenças absolutas e percentuais do conjunto analisado. Para TR25, $|\mu| = 2,7$ mm/h com $|\Delta|_{\text{máx}} = 14,1$ mm/h; para TR100, $|\mu| = 4,0$ mm/h com $|\Delta|_{\text{máx}} = 21,3$ mm/h, sendo Back 2002 maior em ambos os casos.

Diferente do par analisado no item 4.2.2.1, não é possível atribuir isoladamente esta diferença ao efeito do comprimento da série histórica uma vez que grande parte das estações horárias introduzidas possuem menos de 20 anos de dados.

A permanência da diferença no sentido de Back (2002) não permite concluir sobre qual mecanismo é dominante. As estações horárias introduzidas apresentam simultaneamente séries mais curtas e valores de intensidade observada inferiores aos estimados pelas equações diárias de Back (2002). Como ambos os fatores apontam na mesma direção, a diferença resultante reflete o conteúdo das séries horárias disponíveis, isto é, os valores de precipitação registrados no período coberto por essas estações, e não necessariamente uma superioridade

metodológica de um tipo de dado sobre o outro. Os dois mecanismos atuam simultaneamente e não podem ser quantificados separadamente com os dados disponíveis.

Em termos percentuais, as diferenças são de 3,6% (TR25) e 4,3% (TR100), com picos de 16,1% e 18,2%. O aumento da diferença média de TR25 para TR100 é o maior observado entre os três pares analisados.

4.2.2.3 BACK e BONETTI (2014) + HORÁRIAS – BACK E BONETTI (2014)

Esse painel apresenta sentido predominante invertido em relação aos demais: Back e Bonetti (2014) maior.

Para TR25, a diferença média é de $|\mu| = 1,6$ mm/h com $|\Delta|_{\text{máx}} = 14,8$ mm/h; para TR100, sobe para $|\mu| = 2,3$ mm/h com $|\Delta|_{\text{máx}} = 19,2$ mm/h. Semelhante a seção 4.2.2.2, enfrentamos o dilema entre os mesmos mecanismos, o efeito de amostra mais curta nas estações horárias, que tenderia a elevar as intensidades estimadas, e o efeito de se utilizar a intensidade horária observada. Não é possível, portanto, afirmar que a base Back e Bonetti (2014) estivesse superdimensionada em relação à base com estações horárias pela mesma lógica.

Em termos percentuais, as diferenças são de 2,0% (TR25) e 2,4% (TR100), com picos de 16,0% e 16,3%, valores praticamente estáveis entre os dois TR, ao contrário dos outros pares, em que a diferença percentual aumentava de forma mais acentuada de TR25 para TR100.

4.2.3 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS DIFERENÇAS

A distribuição espacial demonstra que as discrepâncias entre bases não são uniformes no território catarinense. Os valores máximos pontuais, da ordem de 14 a 21 mm/h em termos absolutos e de 16 a 20% em termos percentuais, concentram-se nas regiões mais acentuadas, como no litoral norte do estado e próximo dos locais que mais divergem entre as bases.

Em todos os três pares de comparação, o padrão espacial das diferenças é semelhante entre TR25 e TR100, onde as mesmas regiões concentram os maiores desvios, porém com amplitude maior para TR100.

Figura 5 - Diferença entre as Bases de Intensidade para TR25 e TR100

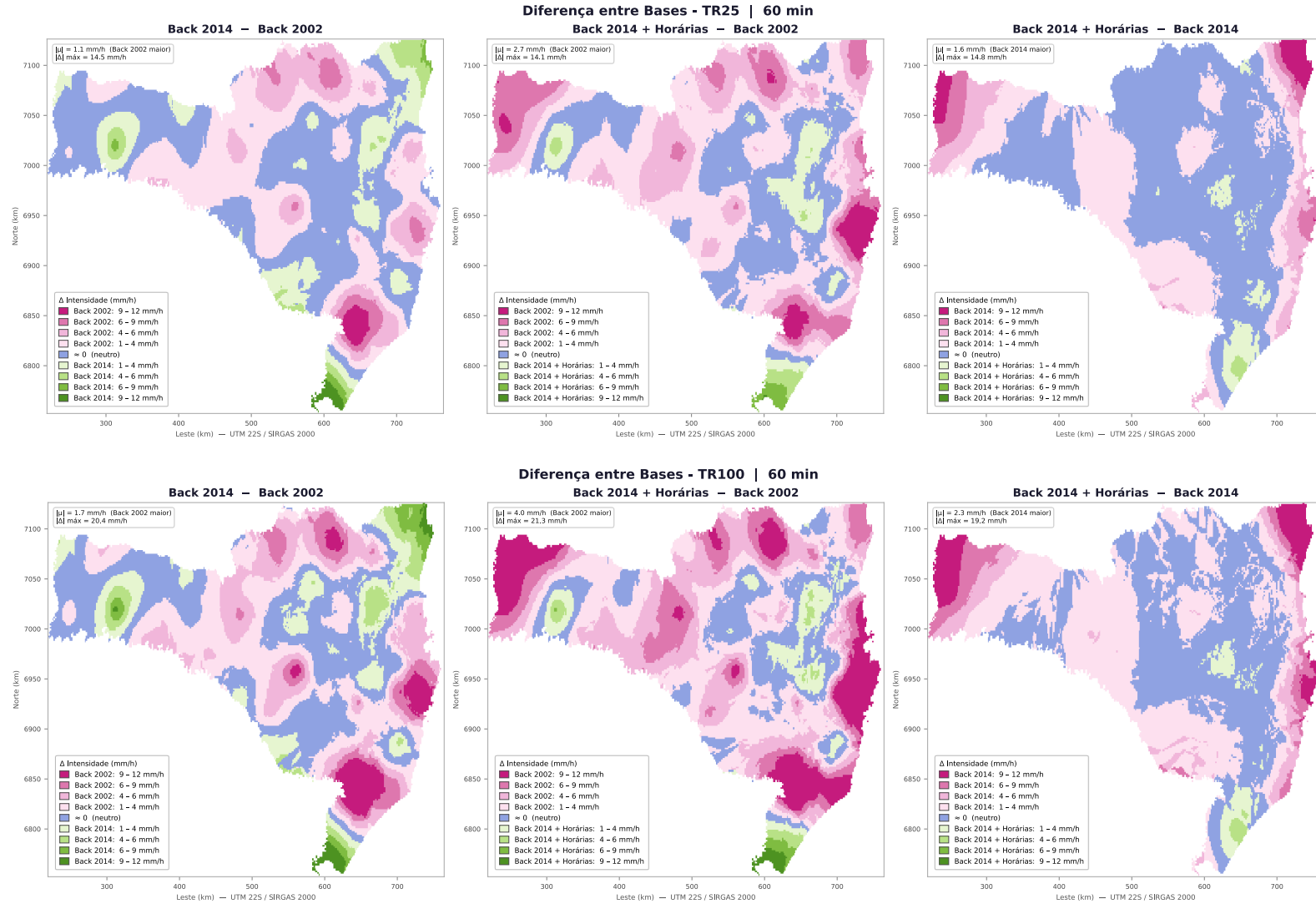
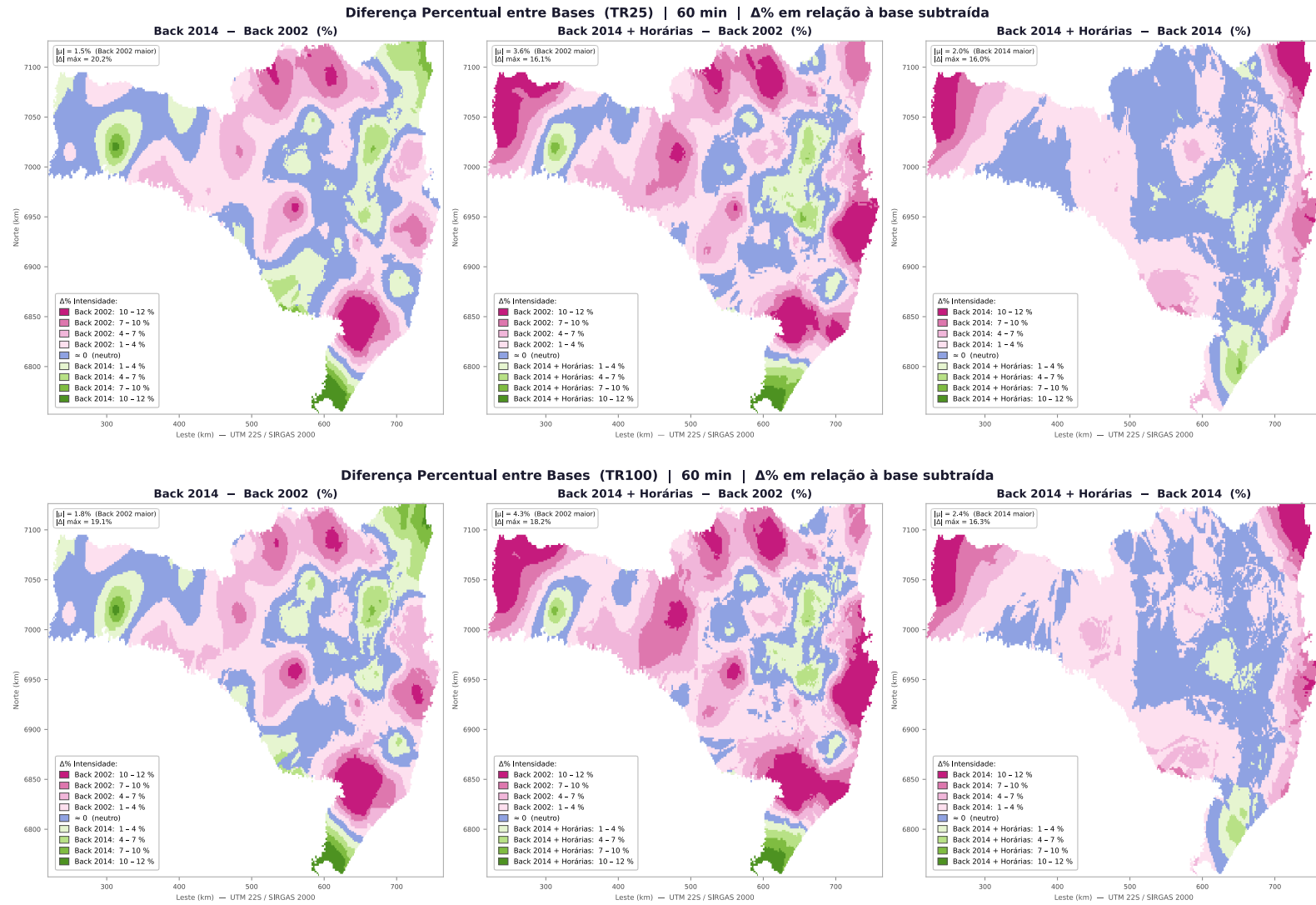


Figura 6 - Diferença Percentual entre as Bases de Intensidade para TR25 e TR100



Nota: $|\mu|$ = diferença média espacial em valor absoluto; $|\Delta|$ máx = maior diferença pontual observada no campo interpolado; sentido predominante indica qual base apresenta maiores intensidades na maior parte do domínio estadual.

4.3 EQUAÇÕES IDF's HORÁRIAS

A partir do ajuste das 23 equações IDF's horárias, iremos enfatizar as estações de Florianópolis e Joinville, uma vez que são locais que recebem maiores intensidades pluviométricas e por possuírem maior série histórica. As equações IDF's de Florianópolis (SBFL e A806) e Joinville (SBJV) se encontram na Tabela 4 junto com as demais estações que foram analisadas.

Os gráficos referentes as equações IDF horárias podem ser visualizados no Apêndice - C.

Tabela 4 - Equações IDF horárias

Estação	K	a	b	c	R^2	RMSE
A806	384,340	0,153	4,489	0,550	0,9995	1,0768
A814	1041,039	0,149	11,238	0,764	0,9995	1,2175
A815	502,729	0,139	8,462	0,683	0,9997	0,6475
A816	846,561	0,138	9,246	0,704	0,9998	0,8739
A817	780,421	0,124	10,126	0,726	0,9994	1,1409
A841	668,246	0,118	8,992	0,706	0,9992	1,1902
A845	883,834	0,158	10,667	0,764	0,9988	1,7578
A848	662,644	0,128	7,028	0,641	0,9996	1,1043
A851	773,363	0,136	7,228	0,649	0,9995	1,4411
A857	532,749	0,126	7,143	0,641	0,9998	0,5656
A858	536,793	0,108	7,256	0,641	0,9998	0,5562
A859	603,219	0,119	9,347	0,714	0,9997	0,6416
A860	604,747	0,146	8,815	0,701	0,9995	0,9324
A861	1024,913	0,145	10,281	0,730	0,9991	1,8524
A862	922,541	0,137	10,968	0,765	0,9995	1,0331
A863	1169,179	0,153	12,462	0,804	0,9995	1,1908
A864	656,851	0,159	10,396	0,737	0,9994	1,0064
A866	825,766	0,185	10,407	0,752	0,9991	1,6656
A867	784,734	0,170	9,062	0,695	0,9995	1,4084
A868	501,616	0,124	6,202	0,591	0,9972	2,5396
SBFL	901,241	0,190	8,270	0,678	0,9997	1,3051
SBJV	676,730	0,129	7,751	0,656	0,9996	0,9872
SBNF	1780,487	0,203	14,286	0,865	0,9992	2,1819

4.3.1 AJUSTE DAS EQUAÇÕES IDF PARA AS ESTAÇÕES SBFL E SBJV

As equações IDF de SBFL (Figura 7) e SBJV (Figura 8) foram ajustadas pelo método dos mínimos quadrados não lineares à forma generalizada de Sherman.

Ambos os ajustes apresentam coeficiente de determinação R^2 próximo a 1 e erro quadrático médio (RMSE) de 1,305 mm/h em SBFL e 0,987 mm/h em SBJV demonstrando que o ajuste foi adequado dado a amplitude das intensidades observadas para o período de 5 a 1440 minutos.

Observando as figuras, os pontos observados, marcados para cada período de retorno, alinham-se de forma contínua às curvas teóricas em todo o intervalo de duração, com poucos desvios visíveis nas regiões de curta ou longa duração.

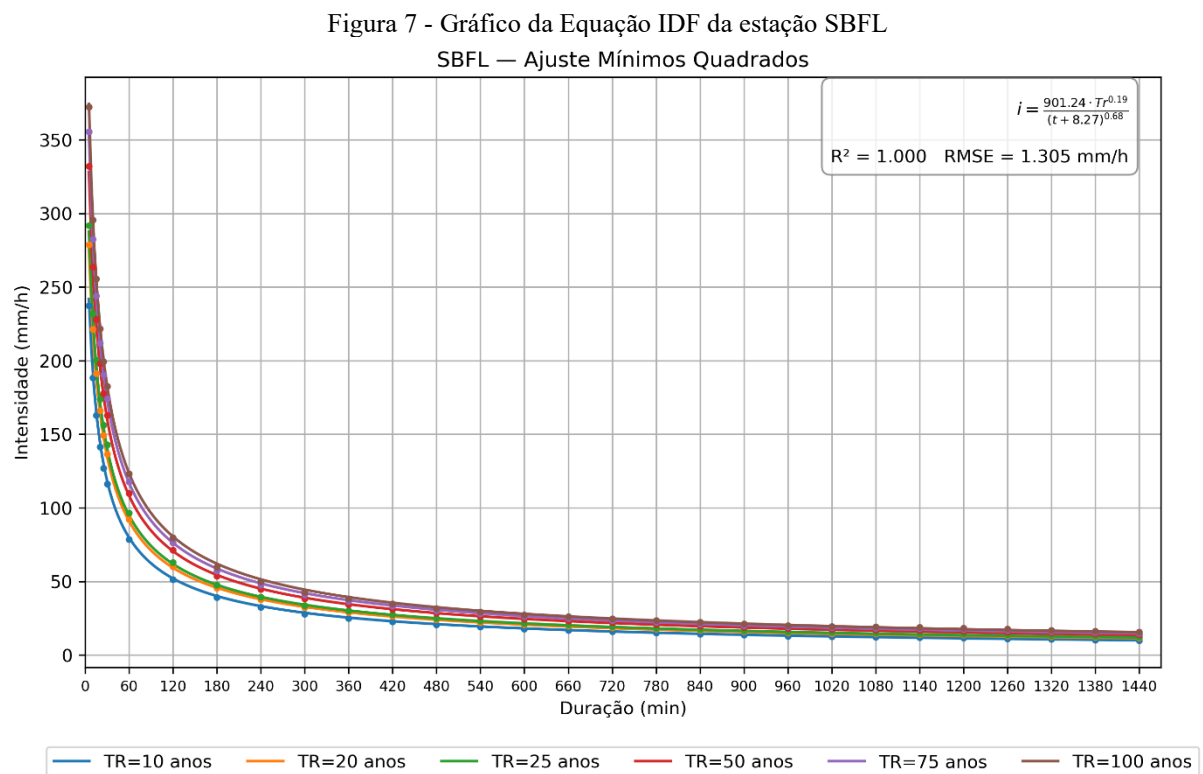
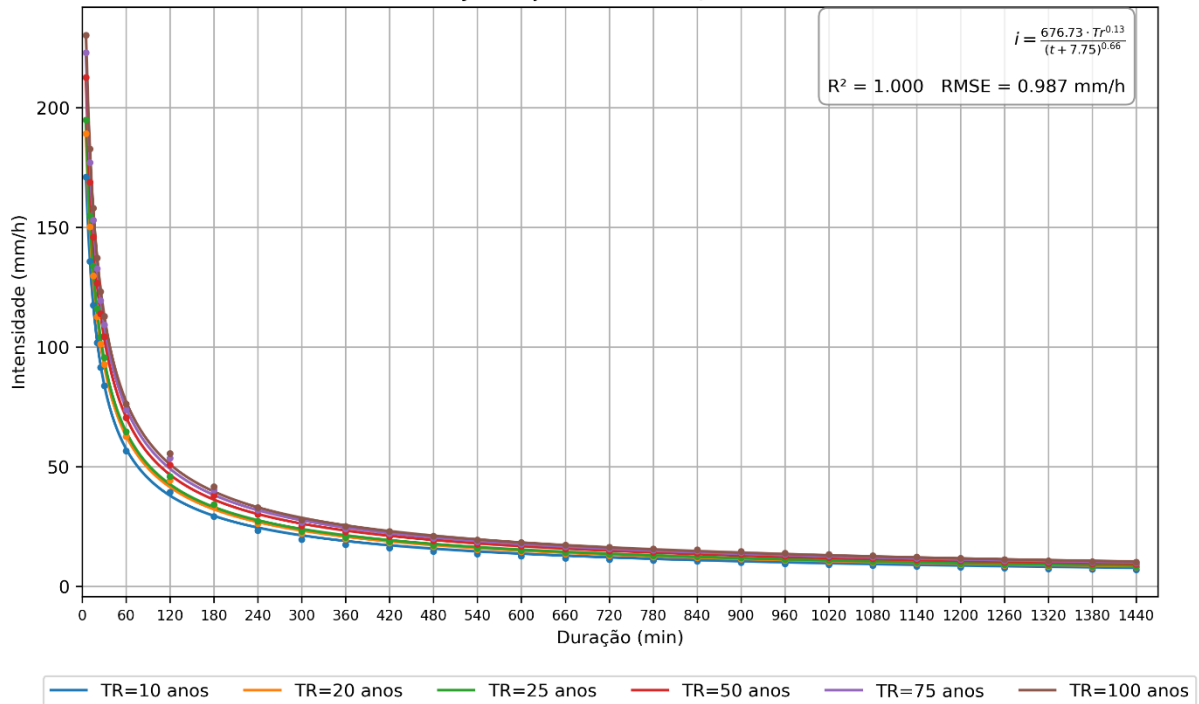


Figura 8 - Gráfico da Equação IDF da estação SBJV
SBJV — Ajuste Mínimos Quadrados



4.3.2 ANÁLISE DE CURTA DURAÇÃO DAS EQUAÇÕES IDF's

A fim de verificar o ajuste das equações IDF's para curtas durações (≤ 30 min), plotou-se gráficos de curtas durações envolvendo as estações horárias e as estações de Back e Bonetti (2014) que estivessem na vizinhança para um TR de 100 anos. Os gráficos das estações horárias de curta duração se encontram no Apêndice - D.

4.3.2.1 ESTAÇÃO SBFL E A806

A Figura 9 apresenta a estação SBFL (estação horária) e A806 (estação INMET horária vizinha) às curvas das estações utilizadas por Back e Bonetti (2014), como 2748006, Florianópolis Epagri e de Pompeu (2003). Observa-se que, para durações curtas (5 a 30 minutos), as curvas das estações horárias SBFL e A806 situam-se de maneira intermediária onde, Florianópolis Epagri projeta a maior intensidade do conjunto, enquanto Pompeu (2003) projeta a menor intensidade junto com a estação A806.

Pode-se observar uma proximidade entre as curvas de SBFL e de Back e Bonetti (2014) (estação 2748006), as duas curvas construídas por métodos e fontes de dados diferentes, convergem de maneira semelhante.

A equação derivada da estação Florianópolis Epagri projeta as maiores intensidades do conjunto em todo o intervalo, situando-se muito acima das demais curvas para durações

inferiores a 30 minutos com valores superiores a 550 mm h^{-1} aos 5 minutos para TR de 100 anos.

Em relação à equação de Otto Pfafstetter (1957), as duas estações horárias apresentam comportamentos distintos. A estação SBFL posiciona-se acima dessa curva em todo o intervalo de durações analisado, indicando que as intensidades estimadas a partir dos dados horários superam as projetadas por Otto. A estação A806 apresenta comportamento distinto: para durações inferiores a 15 minutos, suas estimativas situam-se levemente acima da curva de Otto e a partir de 15 minutos, os valores da A806 são levemente subestimados.

4.3.2.2 ESTAÇÃO SBJV

A Figura 10 apresenta a estação SBJV que se apresentou abaixo de todas as curvas para o período de 15 a 180 minutos. Em SBJV, a distância entre a curva horária e o conjunto de Back e Bonetti (2014) mantém-se proporcionalmente estável ao longo de toda a faixa analisada, sugerindo divergência entre a estimativa a partir de dados horários e as estimativas obtidas por desagregação de dados diários nesta região.

A curva de Otto Pfafstetter (1957) está relativamente próxima da estação SBJV para durações superiores a 120 minutos e para durações menores que 30 minutos. Diferente do observado em Florianópolis, a equação de Otto representa o limite inferior do conjunto de curvas diárias, sendo possível observar que as equações de Back e Bonetti (2014) absorveram os eventos registrados nas últimas décadas, resultando em intensidades superiores às da curva de 1957 para essa região.

4.3.2.3 INTERPRETAÇÃO CONJUNTA

A comparação das estações SBFL e SBJV indica que o comportamento das curvas horárias em relação às curvas diárias de Back e Bonetti (2014) não é uniforme, uma vez que em SBFL, a curva horária aproxima-se da curva diária na faixa intermediária, enquanto em SBJV a curva horária permanece consistentemente inferior a todas as curvas diárias próximas, em qualquer curta duração analisada. Essa diferença é compatível com a discussão anterior sobre a impossibilidade de atribuir, de forma generalizada, um único mecanismo à diferença entre bases construídas com e sem dados horários.

A maior proximidade entre SBFL e a curva de Back e Bonetti (2014) sugere que, para a região de Florianópolis, a agregação aplicada captura razoavelmente bem a intensidade nessa faixa de duração, onde a curva de Back e Bonetti (2014) permanece levemente abaixo de SBFL.

Para a região de Joinville, a curva horária de SBJV posiciona-se abaixo de todas as curvas diárias próximas para curtas durações. Entretanto, essa diferença não permite concluir que as equações diárias estejam superestimando as intensidades de projeto. A equação IDF de SBJV foi ajustada a partir de apenas 22 anos de dados, não foi realizado teste de aderência que confirmasse a adequação da distribuição de Gumbel à sua série de máximos, o que introduz incerteza adicional sobre a representatividade dos parâmetros ajustados.

Figura 9 - Análise de curta duração para as Equações IDF horárias de Florianópolis
Curvas IDF | TR = 100 anos

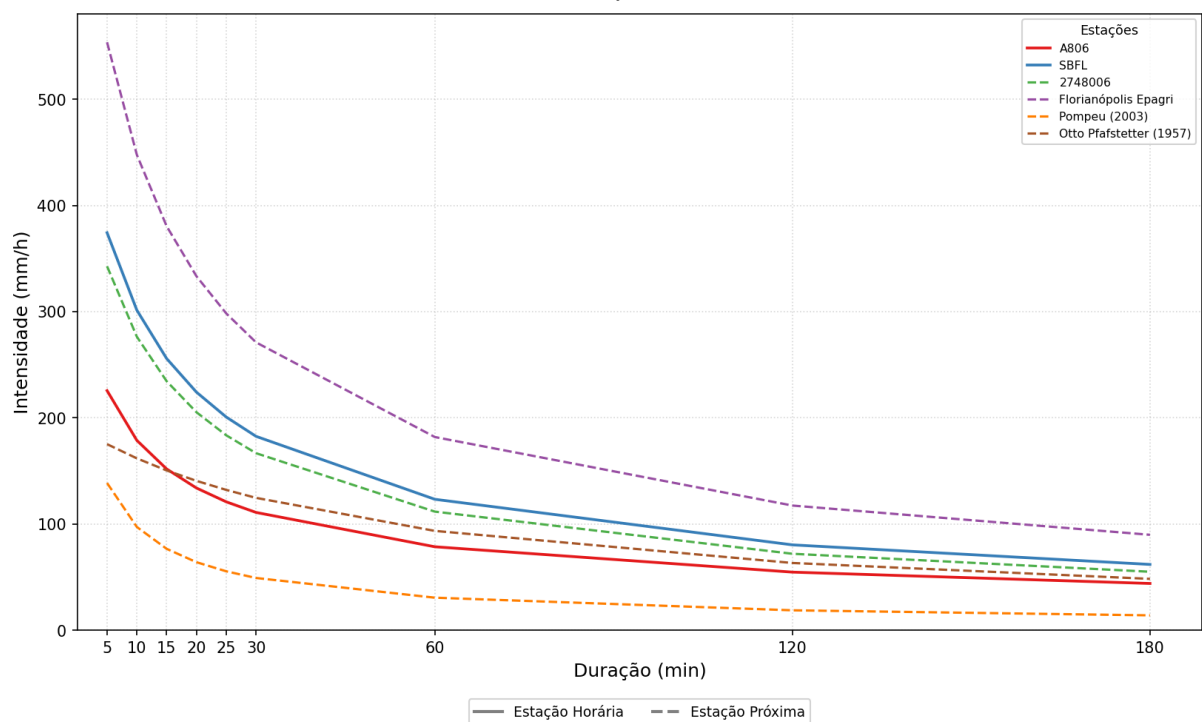
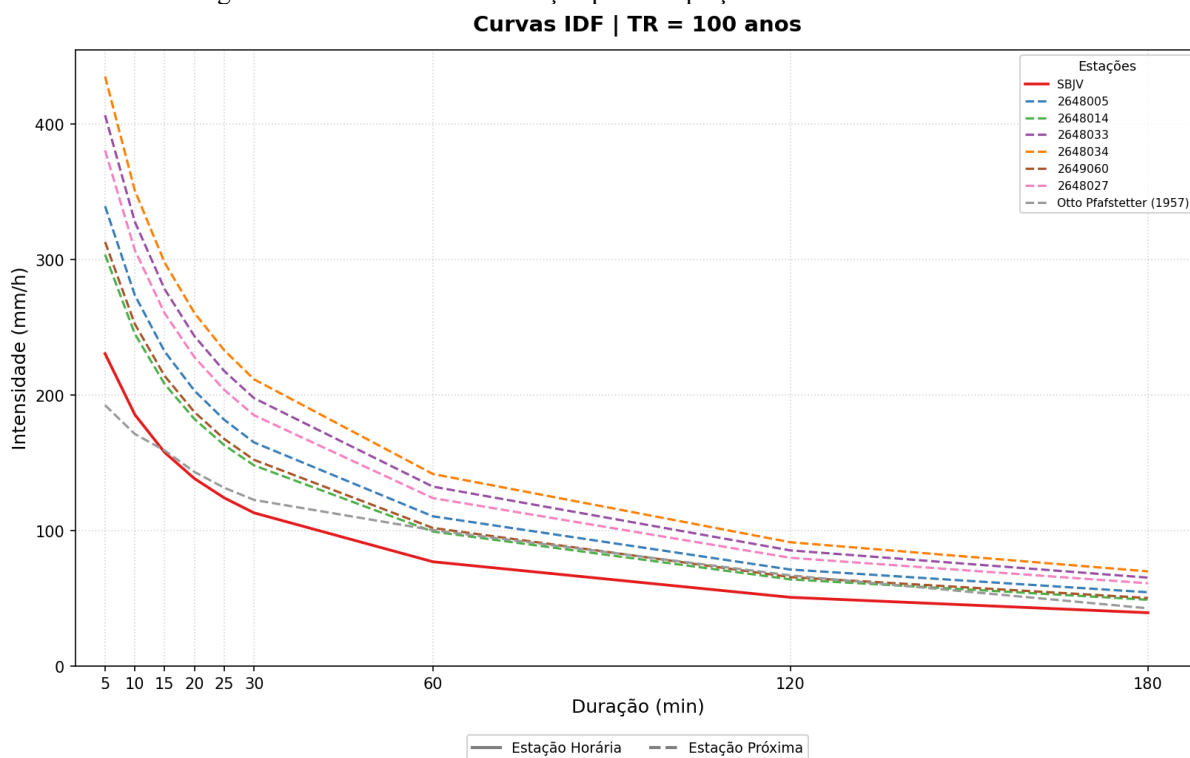


Figura 10 - Análise de curta duração para a Equação IDF horária de Joinville



4.3.3 LIMITAÇÃO PARA CURTAS DURAÇÕES SEM DESAGREGAÇÃO

As equações IDF foram construídas a partir de máximos anuais de intensidade média para durações de 1 h a 24 h, obtidos por agregação dos registros horários. Para durações inferiores a uma hora, a curva ajustada é extrapolada para fora do domínio observado, sem que existam dados capazes de validar o comportamento do modelo nesse intervalo.

As equações IDF ajustadas sem desagregação sub-horária podem ser visualizadas na Tabela 5 e seus gráficos no Apêndice - E.

Tabela 5 - Equações IDF horárias sem desagregação

Estação	K	a	b	c	R^2	RMSE
A806	577,76	0,17	35,76	0,62	1,00	0,46
A814	1909,69	0,14	24,50	0,86	1,00	0,48
A815	428,45	0,13	0,00	0,66	1,00	0,52
A816	1191,06	0,13	17,99	0,76	1,00	0,42
A817	2455,38	0,13	47,47	0,91	1,00	0,52
A841	532,88	0,11	0,00	0,67	0,99	1,10
A845	695,60	0,14	0,00	0,72	0,98	1,49
A848	516,04	0,13	0,00	0,60	1,00	0,89
A851	585,92	0,14	0,00	0,61	0,99	1,15
A857	480,72	0,12	4,23	0,62	1,00	0,42

Estação	K	a	b	c	R^2	RMSE
A858	801,17	0,12	26,08	0,71	1,00	0,27
A859	489,33	0,11	0,00	0,68	1,00	0,44
A860	468,85	0,14	0,00	0,66	1,00	0,70
A861	2897,07	0,15	40,86	0,89	0,99	1,24
A862	745,92	0,13	0,00	0,73	1,00	0,64
A863	1553,75	0,14	13,59	0,85	1,00	0,47
A864	1275,04	0,15	26,34	0,84	1,00	0,63
A866	672,12	0,17	0,00	0,71	0,99	1,30
A867	2382,38	0,16	47,94	0,86	1,00	0,46
A868	1395,35	0,15	50,00	0,76	0,99	1,76
SBFL	755,61	0,19	0,34	0,65	1,00	0,47
SBJV	972,63	0,14	23,05	0,72	1,00	0,77
SBNF	1476,85	0,19	0,00	0,84	1,00	0,68

Pode-se notar que por mais que o ajuste do coeficiente de determinação e raiz do erro quadrado médio estejam adequados, as equações IDF sem desagregação em sua grande maioria, falham ao tentar estimar intensidades para curtas durações. Além disso, observa-se que o parâmetro ‘b’ modelado está próximo dos limites previamente estabelecidos na seção 3.3.2.5.

A Figura 11 e a Figura 12 demonstram esse problema, ao se prolongar a equação IDF horária das estações para o intervalo de 5 a 30 minutos sem qualquer desagregação, a curva resultante subestima ou superestima as intensidades reais de curta duração em comparação com as curvas diárias de Back e Bonetti (2014). Esse comportamento é esperado do ponto de vista físico, sendo a resolução horária insuficiente para representar os máximos sub-horários.

Figura 11 - Limitação da equação IDF horária das estações de Florianópolis para durações inferiores a 30 min sem aplicação da desagregação CETESB.

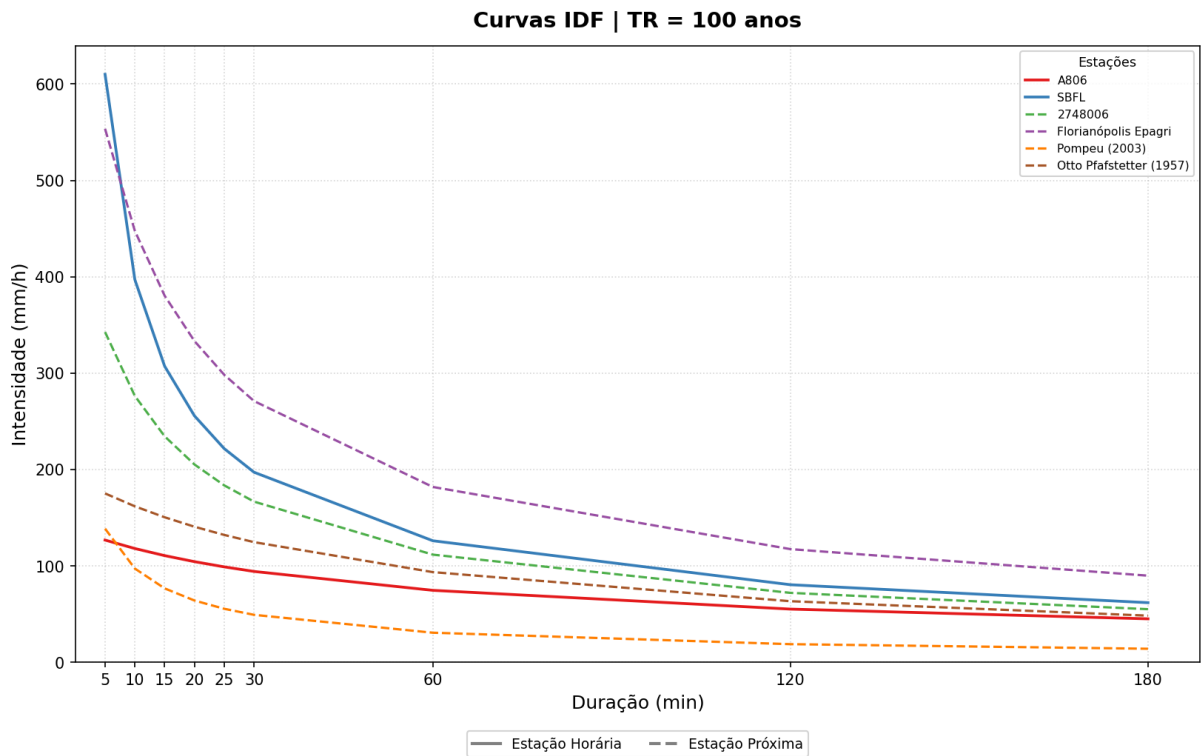
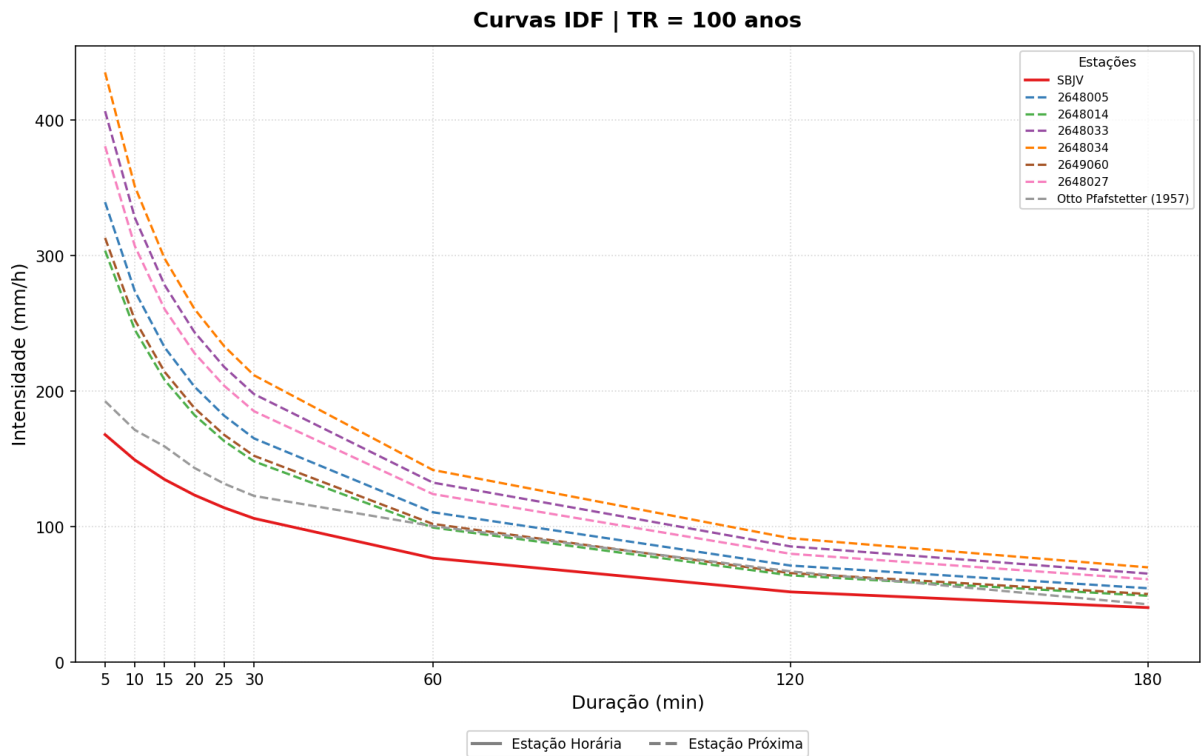


Figura 12 - Limitação da equação IDF horária da estação de Joinville para durações inferiores a 30 min sem aplicação da desagregação CETESB



A diferença é mais pronunciada para as menores durações (5 a 15 min), onde a extrapolação da equação horária levou a curva a uma assíntota vertical (SBFL) ou falha no seu crescimento para baixas durações (A806). Essa discrepância tem implicações diretas no dimensionamento de sistemas de microdrenagem como sarjetas, bocas de lobo e galerias de pequena extensão, cujos tempos de concentração frequentemente situam-se abaixo de 30 minutos (CETESB, 1986). Adotar a curva horária sem correção levaria ao superdimensionamento ou subdimensionamento dessas estruturas, aumentando o risco de inundações locais.

O restante das estações analisadas sem a aplicação da agregação pode ser visualizado no Apêndice - F.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição espacial de intensidades de precipitação e propor equações IDF para o estado de Santa Catarina, a partir da incorporação de estações pluviométricas de resolução horária ao conjunto de dados.

Quanto à apresentação da distribuição espacial das intensidades máximas medidas nas estações do ICEA, do INMET subdiário e do CEMADEN, foi possível mapear e classificar as estações disponíveis no estado segundo sua resolução temporal e seus valores de precipitação máxima, identificando-se 23 estações horárias aptas à construção de equações IDF. A distribuição espacial das intensidades máximas médias obtidas das equações de Back (2002) e Back e Bonetti (2014), por sua vez, foi realizada por meio de krigagem ordinária, permitindo identificar um padrão consistente de maiores intensidades concentradas na porção leste e no litoral norte do estado.

A produção de equações de intensidade-duração-frequência a partir de dados horários obtiveram coeficientes de determinação superiores a 0,99 e raiz do erro quadrado médio menor que 3 mm/h nas 23 estações analisadas. A avaliação do ajuste das IDF's horários frente às IDF's diárias revelou comportamento heterogêneo entre as regiões estudadas: em Florianópolis, a curva construída a partir de dados horários aproximou-se das curvas vizinhas enquanto em Joinville, a curva permaneceu inferior às vizinhas, ambos os resultados devem ser interpretados com cautela, uma vez que todas as equações horárias desenvolvidas neste estudo estão sujeitas às limitações metodológicas já descritas, ausência de critério de falhas na seleção dos anos e de teste de aderência para validação da distribuição de Gumbel adotada.

Ademais, a precipitação no sul do Brasil é influenciada por variabilidade climática de baixa frequência, como o degrau climático observado em torno de 1976–1980, associado à mudança de fase da Oscilação Decadal do Pacífico, que alterou os padrões de precipitação na região sul nas décadas seguintes, e pelos ciclos de El Niño-Oscilação Sul (ENOS), que modulam a frequência e a intensidade de eventos extremos em Santa Catarina (Grimm et al., 2000).

Os resultados obtidos indicam que a incorporação de dados horários às bases de chuvas intensas de Santa Catarina produz efeitos significativos nas estimativas obtidas, mas promove alterações de magnitude variável e de sentido nem sempre uniforme entre as estações, o que reforça a importância de uma avaliação individualizada antes da adoção de equações para fins de dimensionamento de obras de drenagem urbana. A disparidade de comportamento entre Florianópolis e Joinville, em particular, demonstra que a confiabilidade de uma curva IDF

construída a partir de dados horários está condicionada às características locais da série histórica disponível, não sendo possível generalizar para todo o estado uma única alteração de correção em relação às curvas diárias.

Para estudos futuros, recomenda-se, em primeiro lugar, a realização de análise de consistência individual de cada série histórica de precipitação horária utilizada, incluindo verificação de homogeneidade, detecção de tendências e identificação de períodos com comportamento atípico, etapas que não foram aplicadas neste trabalho e que podem afetar significativamente os parâmetros ajustados das equações IDF. Em segundo lugar, sugere-se investigar o efeito do critério de falhas, o presente trabalho adotou como único filtro o total anual mínimo de 1.000 mm, sem verificação do percentual de falhas horárias; estudos futuros deveriam avaliar como diferentes limiares de preenchimento afetam o tamanho das amostras e a estabilidade dos quantis estimados. Em terceiro lugar, recomenda-se a aplicação de testes de aderência como Kolmogorov-Smirnov ou qui-quadrado para verificar a adequação da distribuição de Gumbel à série de máximos anuais de cada estação antes do ajuste das equações IDF, uma vez que a adoção da distribuição sem validação estatística introduz incerteza sobre a representatividade dos parâmetros. Por fim, sugere-se que análises futuras classifiquem os resultados por regiões climática dentro de Santa Catarina, litoral norte, Serra Geral, Planalto Serrano e Oeste Catarinense, de modo a investigar se o comportamento observado para Florianópolis e Joinville é representativo de suas respectivas regiões ou específico dessas estações, e a identificar padrões espaciais mais robustos na relação entre IDF's horárias e diárias.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C.** et al. The design of the Brazilian Sub-Daily Rainfall dataset (BR-SDR): two decades of high-time-resolution data in Brazil. **Hydrological Sciences Journal**, Abingdon, v. 70, n. 11, p. 1850-1862, 2025.
- BACK, A. J.** **Chuvas intensas e chuva de projeto de drenagem superficial no Estado de Santa Catarina.** Florianópolis: Epagri, 2002. 65 p. (Boletim Técnico, 123).
- BACK, Á. J.; BONETTI, A.** Chuva de projeto para instalações prediais de águas pluviais de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 260-267, 2014.
- BACK, Á. J.** et al. Equação de chuvas intensas de longa duração para Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 33, p. 189-207, 2023.
- BACK, Á. J.** et al. Análise de chuvas intensas para projetos de drenagem. **CIVILTEC: Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil**, Criciúma, v. 2, n. 1, p. 14, 2019.
- BARBOSA, A. D. G.** et al. Assessing intensity-duration-frequency equations and spatialization techniques across the Grande River Basin in the state of Bahia, Brazil. **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 27, p. e43, 2022.
- BARTIKO, D.** et al. Spatial and seasonal patterns of flood change across Brazil. **Hydrological Sciences Journal**, Abingdon, v. 64, n. 9, p. 1071-1079, 2019.
- BASSO, R. E.** et al. Revisão das isozonas de chuvas intensas do Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, p. 635-641, 2016.
- BASUMATARY, V.; SIL, B.** Generation of rainfall intensity-duration-frequency curves for the Barak River Basin. **Meteorology Hydrology and Water Management**, [S.l.], 2017. Disponível em: <http://www.journalssystem.com/mhwm/Generation-of-Rainfall-Intensity-Duration-Frequency-Curves-for-the-Barak-River-Basin,79175,0,2.html>. Acesso em: 9 jun. 2026.

BRANCH, M. A.; COLEMAN, T. F.; LI, Y. A subspace, interior, and conjugate gradient method for large-scale bound-constrained minimization problems. **SIAM Journal on Scientific Computing**, Philadelphia, v. 21, n. 1, p. 1-23, 1999.

CETESB — COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Drenagem urbana: manual de projeto.** 3. ed. São Paulo: CETESB, 1986.

CHENG, L.; AGHAKOUCHAK, A. Nonstationary precipitation intensity-duration-frequency curves for infrastructure design in a changing climate. **Scientific Reports**, London, v. 4, n. 1, p. 7093, 2014.

COOK, L. M.; MCGINNIS, S.; SAMARAS, C. The effect of modeling choices on updating intensity-duration-frequency curves and stormwater infrastructure designs for climate change. **Climatic Change**, Dordrecht, v. 159, n. 2, p. 289-308, 2020.

EEKHOUT, J. P. C. et al. Why increased extreme precipitation under climate change negatively affects water security. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 22, n. 11, p. 5935-5946, 2018.

FREITAS, M. A. S.; NÓBREGA, M. T. **Diretrizes e análises recomendadas para a consistência de dados pluviométricos.** Brasília: ANA, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/doi/10.13140/RG.2.2.16452.04482>. Acesso em: 9 jun. 2026.

GEBRECHORKOS, S. H. et al. Global-scale evaluation of precipitation datasets for hydrological modelling. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 28, n. 14, p. 3099-3118, 2024.

GREEN, A. C.; GUERREIRO, S. B.; FOWLER, H. J. Global intensity-duration-frequency curves based on observed sub-daily rainfall (GSDR-IDF). **Scientific Data**, London, v. 13, n. 1, p. 455, 2026.

GRIMM, A. M.; BARROS, V. R.; DOYLE, M. E. Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, Boston, v. 13, n. 1, p. 35-58, 2000.

HOSKING, J. R. M.; WALLIS, J. R. **Regional frequency analysis: an approach based on L-moments.** Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

HOSSEINZADEHTALAEI, P.; TABARI, H.; WILLEMS, P. Climate change impact on short-duration extreme precipitation and intensity-duration-frequency curves over Europe. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 590, p. 125249, 2020.

JIANG, Y. et al. Regionalization of IDF curves for mainland China: a comparative evaluation of machine learning versus spatial interpolation techniques. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 30, n. 10, p. 2931-2951, 2026.

JOURNEL, A. G.; HUIJBREGTS, C. J. **Mining geostatistics**. 5. ed. Caldwell: Blackburn Press, 2003.

KAWARA, A. Q.; ELSEBAIE, I. H. Development of rainfall intensity, duration and frequency relationship on a daily and sub-daily basis: case study: Yalamlam Area, Saudi Arabia. **Water**, Basel, v. 14, n. 6, p. 897, 2022.

KLEIN, N. M.; SANTOS, A. T.; ECHER, E. Caracterização e elaboração de equações de chuvas intensas para o oeste de Santa Catarina. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E SEMINÁRIO INTEGRADO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2020, [S.l.]. **Anais[...]**. [S.l.: s.n.], 2020. p. e24860.

LIMA NETO, V. D. S.; TAVARES, P. R. L.; BATISTA, T. L. Ajuste e validação de equações IDF a partir de dados pluviométricos para cidades do Estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 713-721, 2021.

LOPES MARTINS, L. et al. Gap-filling of daily precipitation and streamflow time series: a method comparison at random and sequential gaps. **Hydrological Sciences Journal**, Abingdon, v. 68, n. 1, p. 148-160, 2023.

MARTEL, J.-L. et al. Climate change and rainfall intensity-duration-frequency curves: overview of science and guidelines for adaptation. **Journal of Hydrologic Engineering**, Reston, v. 26, n. 10, p. 03121001, 2021.

MEIRA, M. A. et al. Quality control procedures for sub-hourly rainfall data: an investigation in different spatio-temporal scales in Brazil. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 613, p. 128358, 2022.

MILLY, P. C. D. et al. Stationarity is dead: whither water management? **Science**, Washington, v. 319, n. 5863, p. 573-574, 2008.

MINUZZI, R. B.; VIANELLO, R. L.; SEDIYAMA, G. C. Influência dos fenômenos El Niño e La Niña na precipitação do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 373-381, 2007.

MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, Florianópolis, v. 16, n. 31, p. 69-78, 2001.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.

PANDOLFO, C. et al. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002.

PEREIRA, G. W. et al. SMART-MAP: plugin QGIS para interpolação utilizando krigagem ordinária e machine learning. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 14., 2023, [S.l.]. **Anais[...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2023. p. 127-134. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbiagro/article/view/26550>. Acesso em: 8 maio 2026.

PFAFSTETTER, O. **Chuvas intensas no Brasil**. Rio de Janeiro: DNOS, 1957. 426 p.

POMPEU, C. A. **Equações de chuvas intensas para Florianópolis**. Florianópolis: [s.n.], 2003.

REBOITA, M. S. et al. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010.

SANGÜESA, C. et al. Comparing methods for the regionalization of intensity-duration-frequency (IDF) curve parameters in sparsely-gauged and ungauged areas of central Chile. **Hydrology**, Basel, v. 10, n. 9, p. 179, 2023.

SOTO-ESCOBAR, C. et al. Developing intensity-duration-frequency (IDF) curves using sub-daily gridded and in situ datasets: characterising precipitation extremes in a drying climate. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 30, n. 1, p. 91-117, 2026.

STEDINGER, J. R.; VOGEL, R. M.; FOUFOULA-GEORGIOU, E. Frequency analysis of extreme events. In: **MAIDMENT, D. R.** (ed.). **Handbook of Hydrology**. New York: McGraw-Hill, 1993. cap. 18, p. 18.1-18.66.

SUN, Y. et al. Deriving intensity-duration-frequency (IDF) curves using downscaled in situ rainfall assimilated with remote sensing data. **Geoscience Letters**, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 17, 2019.

SUNG, J. H. et al. Analysis of extreme rainfall characteristics in 2022 and projection of extreme rainfall based on climate change scenarios. **Water**, Basel, v. 15, n. 22, p. 3986, 2023.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2022.

WESCHENFELDER, A. B. et al. Geração de curvas IDFs para cenários projetados na cidade de Porto Alegre/RS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 201-216, 2019.

XU, M.; BRAVO DE GUENNI, L.; CÓRDOVA, J. R. Climate change impacts on rainfall intensity-duration-frequency curves in local scale catchments. **Environmental Monitoring and Assessment**, Dordrecht, v. 196, n. 4, p. 372, 2024.

Apêndice - A

Tabela 6 - Estatísticas referentes as intensidades máximas diárias anuais das estações horárias utilizadas para construir as equações IDF's.

Estação	Amostra (Anos)	Mínimo (mm/h)	Máximo (mm/h)	2nd Máximo (mm/h)	Mediana (mm/h)	Média (mm/h)	Desvio Padrão	CV	CA	CC
A806	20	20,80	61,60	60,20	33,40	36,69	12,15	0,33	0,98	3,00
A814	15	24,20	68,00	60,40	37,80	40,31	13,21	0,33	0,73	2,93
A815	17	18,00	53,80	33,80	26,60	27,88	8,13	0,29	2,07	9,18
A816	13	26,40	68,80	57,60	42,20	43,75	12,42	0,28	0,44	2,63
A817	17	22,40	52,60	47,40	37,20	36,53	8,71	0,24	0,03	2,22
A841	17	23,60	49,00	45,80	32,00	34,69	7,80	0,23	0,44	1,92
A845	13	19,40	66,20	52,40	33,80	35,35	13,28	0,38	1,08	4,14
A848	17	23,00	70,20	59,60	45,00	44,64	11,32	0,25	0,37	3,64
A851	15	31,40	76,20	74,00	46,80	50,20	13,89	0,28	0,47	2,61
A857	14	22,60	51,60	50,60	33,60	35,69	8,78	0,25	0,67	2,72
A858	17	24,80	49,40	47,00	37,80	36,51	7,02	0,19	0,16	2,41
A859	14	22,40	43,00	39,40	29,10	30,10	6,86	0,23	0,50	2,00
A860	15	18,60	57,00	38,80	31,00	31,27	9,82	0,31	1,10	5,16
A861	12	27,40	81,00	65,80	43,50	46,82	14,55	0,31	1,29	4,84
A862	17	21,60	58,40	53,00	37,20	36,48	10,38	0,29	0,51	2,78
A863	15	24,60	77,20	48,80	35,40	37,93	13,02	0,34	2,08	8,70
A864	10	22,00	54,20	42,60	26,40	29,76	10,38	0,35	1,91	6,05
A866	13	18,20	77,20	44,20	25,60	31,83	15,90	0,50	2,15	8,50
A867	14	22,80	73,00	69,20	34,50	39,16	16,43	0,42	1,14	3,27
A868	12	31,60	61,40	55,20	41,60	41,40	9,55	0,23	0,91	3,30
SBFL	45	18,60	117,80	100,00	38,90	45,64	23,29	0,51	1,56	5,00
SBJV	22	15,90	59,60	53,40	46,00	42,70	10,70	0,25	-0,96	3,72
SBNF	17	20,00	131,10	63,70	32,30	41,22	26,47	0,64	2,70	11,63

Onde: CV = Coeficiente de Variação, CA = Coeficiente de Assimetria, CC = Coeficiente de Curtose

Tabela 7 - Estações CEMADEN com valores abaixo de 40 (mm/h)

Estação	Passo de Tempo (min)	Elevação (m)	Máximo (mm/h)	2nd Máximo (mm/h)	Amostra (Anos)
421920001A	60	625	39,98	38,45	5
420070504A	60	655	39,72	35,62	11
421890503A	60	893	39,59	35,49	10
421770902A	60	5	39,2	39,00	7
420240413G	60	109	39,00	38,8	5
420240415G	60	122	39,00	39,00	4
421940801A	60	438	38,76	38,36	11
420930004A	60	890	38,59	32,4	11
420940901A	60	8	37,2	32,00	1
420910203A	60	4	36,85	36,31	11
420850004A	60	380	35,98	34,1	10
420820313A	60	7	35,51	35,08	6
421320305A	60	89	35,3	27,48	2
420070502A	60	836	35,26	28,67	10
420240403G	60	22	35,2	27,4	1
421085202A	60	519	35,05	34,21	11
421170203A	60	76	34,6	31,00	1
421220502A	60	838	34,4	33,6	9
420545619H	60	27	33,8	31,8	1
421320321H	60	63	33,2	32,00	8
420915102A	60	541	32,6	19,68	1
420930006A	60	1038	30,23	28,98	11
420845004H	60	4	29,6	27,00	0
420750201A	60	93	29,4	28,4	1
420320404A	60	26	28,66	25,08	1
420270104A	60	1547	28,00	21,00	1
420915103A	60	793	27,44	25,00	1
420240416G	60	181	26,8	26,2	2
420290901A	60	37	24,87	23,86	9
421360901A	60	758	23,65	20,31	2
420320403A	60	14	22,08	16,73	0
421820203A	60	74	20,03	16,36	2
420150502A	60	141	15,2	10,4	1

Tabela 8 - Estações CEMADEN com valores entre 40 e 100 (mm/h)

Estação	Passo de Tempo (min)	Elevação (m)	Máximo (mm/h)	2nd Máximo (mm/h)	Amostra (Anos)
421620601A	60	13	96,8	93,8	10
420820312A	60	5	95,54	56,37	9
420090301A	60	441	95,2	70,4	10
421740203A	60	39	95,15	83,77	11
420940904A	60	7	94,8	70,2	9
421620602A	60	0	94,00	77,00	10
420560501A	60	671	93,8	83,8	9
420290904A	60	35	93,14	74,17	11

Estação	Passo de Tempo (min)	Elevação (m)	Máximo (mm/h)	2nd Máximo (mm/h)	Amostra (Anos)
421320307A	60	59	92,93	49,46	11
420910204A	60	16	92,56	51,74	11
421250201A	60	2	91,8	73,00	9
420890604A	60	31	90,6	85,6	9
421800401A	60	39	90,4	65,8	10
420240410A	60	18	90,2	69,97	11
421820206A	60	71	89,65	74,73	11
420750204A	60	44	89,2	72,4	9
421320302A	60	77	89,15	52,78	11
420570401A	60	14	89,06	65,23	9
421567901A	60	777	88,8	47,4	10
420580301A	60	25	88,2	80,00	8
421480506A	60	471	87,17	71,48	10
421660207A	60	15	87,07	50,04	11
420245301A	60	6	86,8	80,6	9
421160306H	60	59	86,2	53,8	9
420540703A	60	10	85,92	66,6	11
420890602A	60	37	85,6	73,6	10
421240312H	60	45	85,6	81,4	8
420290906A	60	32	85,32	56,9	10
421160301A	60	58	85,05	40,76	6
420830202A	60	16	84,94	61,47	10
421660202A	60	50	84,89	74,76	11
420240407A	60	30	84,75	53,4	11
421320306A	60	62	84,71	69,1	11
420630602A	60	94	84,6	65,4	10
421570301A	60	103	84,6	64,2	10
421860801A	60	347	84,6	51,8	7
420630601A	60	37	84,4	72,6	10
421560401A	60	233	84,2	67,8	10
420290902A	60	40	84,08	80,76	9
421350001A	60	2	83,8	66,6	8
420820314A	60	2	82,86	64,59	11
420560502A	60	682	82,8	56,6	10
421220501A	60	834	82,6	58,00	9
420890605A	60	42	82,2	74,00	10
420460804A	60	25	82,00	79,8	8
421510903A	60	70	81,82	69,37	11
420210701A	60	24	80,82	56,41	11
421505901A	60	863	80,8	48,6	8
420630603A	60	36	80,6	61,8	10
421720401A	60	605	80,4	77,2	10
420910205A	60	71	80,34	70,02	11
420830205A	60	4	79,91	75,52	11
421480503A	60	359	79,69	73,64	11
420940905A	60	1	79,6	72,6	10

Estação	Passo de Tempo (min)	Elevação (m)	Máximo (mm/h)	2nd Máximo (mm/h)	Amostra (Anos)
421740204A	60	42	79,53	48,57	11
420290907A	60	30	79,51	72,83	10
420820303A	60	19	79,44	61,63	11
420207301A	60	9	79,4	54,4	10
420230501A	60	190	79,4	70,8	10
420910206A	60	8	79,24	64,3	11
421810301A	60	130	79,2	66,6	9
420850005A	60	743	78,76	50,66	11
420320405A	60	6	78,21	49,16	11
420240423A	60	22	77,99	65,68	11
420830201A	60	3	77,6	72,24	11
421460701A	60	338	77,2	76,6	8
421190004A	60	9	77,2	54,4	9
420820302A	60	37	77,1	56,94	11
420790801A	60	761	76,8	68,2	10
421000103A	60	49	76,67	59,28	11
420915104A	60	273	76,6	59,6	7
420200801A	60	52	76,53	70,87	11
420200802A	60	10	76,35	59,52	11
421330202A	60	843	76,2	71,00	7
420800501A	60	510	76,00	51,00	10
420710604A	60	20	75,81	60,66	11
420370901A	60	11	75,8	70,2	9
421560402A	60	809	75,4	71,8	8
421420102A	60	526	75,2	72,4	10
420370918H	60	12	75,00	67,2	8
421580201A	60	862	74,8	55,8	10
420940903A	60	8	74,8	55,00	10
421000105A	60	112	74,64	63,48	10
420890606A	60	20	74,6	68,00	10
420540705A	60	3	74,27	53,2	11
421565301A	60	10	74,2	69,8	9
420730402A	60	19	74,2	53,00	9
420270102A	60	62	74,12	47,33	8
420130701A	60	23	74,00	58,2	10
420120802A	60	21	73,8	49,6	10
420240413A	60	43	73,71	64,8	8
420570403A	60	6	73,6	68,6	9
421150401A	60	37	72,99	52,92	11
421820201A	60	71	72,83	59,93	11
420290913A	60	24	72,81	67,33	11
420130703A	60	25	72,8	62,8	10
420290910A	60	50	72,6	66,4	11
420450903A	60	62	72,6	65,8	10
420240419A	60	31	72,59	54,46	11
420240421A	60	92	72,42	60,29	11

Estação	Passo de Tempo (min)	Elevação (m)	Máximo (mm/h)	2nd Máximo (mm/h)	Amostra (Anos)
420240411G	60	229	72,4	42,4	5
420290905A	60	31	72,18	54,88	11
421490402A	60	722	71,6	65,2	10
420710603A	60	19	71,48	52,86	11
421400302A	60	260	71,31	37,86	9
421150402A	60	35	71,28	56,7	11
420985401A	60	639	71,2	63,8	10
421410201A	60	392	71,2	66,6	9
420500101A	60	819	71,00	64,4	10
420750202A	60	65	71,00	57,00	10
420240406A	60	56	70,93	67,36	11
420430102A	60	662	70,8	59,4	10
421340101A	60	1041	70,8	67,00	10
421480502A	60	342	70,24	69,43	8
420460803A	60	32	70,2	61,4	8
420430101A	60	631	69,8	58,6	10
421210601A	60	392	69,4	68,00	8
420545601A	60	34	69,4	55,4	9
420820308A	60	7	69,13	38,97	11
421400301A	60	416	68,88	42,99	10
421130604A	60	4	68,71	63,18	11
420910207A	60	19	68,46	58,67	11
421630504A	60	14	68,46	47,82	11
420450902H	60	61	68,4	42,4	8
421800402A	60	5	68,4	59,2	10
421610701A	60	639	68,00	58,00	9
420010103A	60	1005	67,8	45,8	8
420540708A	60	19	67,59	66,51	11
420650401A	60	43	67,4	65,8	10
420845001A	60	7	67,4	62,2	10
421670101A	60	689	67,2	66,4	10
421825101A	60	951	67,00	57,2	8
420460802A	60	48	67,00	40,6	8
421010005H	60	782	66,4	54,8	7
420600901A	60	51	66,4	63,8	9
421660203A	60	10	66,39	65,25	11
420650405A	60	17	66,2	61,4	5
420650404A	60	24	66,00	59,00	10
421930903A	60	843	66,00	57,6	10
421040701A	60	12	66,00	54,2	8
421630503A	60	20	65,97	53,2	11
420890603A	60	50	65,8	62,4	9
421320308A	60	62	65,65	58,77	11
420290909A	60	179	65,44	59,86	10
421000101A	60	76	65,41	55,41	10
420150501A	60	25	65,4	56,6	10

Estação	Passo de Tempo (min)	Elevação (m)	Máximo (mm/h)	2nd Máximo (mm/h)	Amostra (Anos)
420380802A	60	768	65,4	44,4	10
420390701A	60	451	65,4	64,4	9
421630501A	60	20	65,28	49,85	10
420820307A	60	23	65,00	47,94	11
420580302A	60	110	65,00	61,2	9
421480505A	60	349	64,98	60,35	10
421660204A	60	29	64,72	46,78	11
421530703A	60	441	64,6	61,8	10
421450803A	60	601	64,43	44,55	2
420890601A	60	29	64,4	55,8	10
420750203A	60	59	64,2	63,6	8
421950701A	60	791	64,2	49,8	9
420590209A	60	16	64,03	56,92	6
421620603A	60	6	64,00	63,6	10
420830203A	60	10	63,83	44,64	11
420710607A	60	4	63,8	38,26	9
420240411A	60	67	63,44	47,03	11
421750102A	60	897	63,4	51,2	10
420140602A	60	10	63,4	56,8	9
420710606A	60	44	63,34	54,08	11
420290912A	60	110	63,25	57,18	6
421170201A	60	136	63,2	61,6	9
421750101A	60	521	63,00	53,2	5
420140601A	60	14	63,00	56,00	9
420870801A	60	41	63,00	56,2	9
421740202A	60	28	62,82	47,09	1
420419401A	60	599	62,6	52,8	10
421710501A	60	45	62,6	59,6	10
421660208A	60	15	62,48	35,17	6
421170202A	60	354	62,2	51,8	10
421360902A	60	758	62,00	56,6	7
420890607A	60	30	61,8	61,4	10
421740201A	60	36	61,71	56,41	5
421500001A	60	822	61,67	46,68	11
420810401A	60	954	61,6	60,2	9
421680001A	60	880	61,4	44,6	8
421890502A	60	916	61,37	37,79	11
421480501A	60	338	61,13	35,94	2
420900301A	60	711	60,8	57,4	10
421020908H	60	39	60,8	59,4	9
421280915H	60	6	60,8	56,8	8
420450902A	60	96	60,63	58,13	11
421010001A	60	815	60,42	51,96	9
420130702A	60	7	60,4	56,6	10
420460803H	60	40	60,4	57,2	9
420240404A	60	95	60,21	56,44	11

Estação	Passo de Tempo (min)	Elevação (m)	Máximo (mm/h)	2nd Máximo (mm/h)	Amostra (Anos)
421335101A	60	960	60,05	37,98	11
421510904A	60	84	60,02	46,31	11
420820305A	60	6	59,98	54,02	11
421660201A	60	42	59,84	46,66	2
421400303A	60	257	59,81	49,35	11
420610801A	60	108	59,4	56,00	10
421175101A	60	872	59,00	52,4	9
420290901H	60	17	58,8	50,6	7
420280001A	60	67	58,8	58,6	8
420590208A	60	101	58,71	56,02	10
421770901A	60	28	58,6	43,8	9
421870701A	60	23	58,2	49,2	5
420240407G	60	46	58,2	49,2	5
420820316A	60	5	58,16	55,71	11
420240409A	60	130	57,76	45,7	11
421530701A	60	604	57,6	49,4	10
420550601A	60	1017	57,4	54,6	10
421930901A	60	748	57,4	45,6	10
420820306A	60	7	57,26	54,15	11
420240401A	60	16	57,22	57,15	9
420300616H	60	889	56,8	51,4	8
420050701A	60	253	56,6	51,6	10
421530704A	60	476	56,6	54,4	9
420670202A	60	529	56,6	46,4	7
420270103A	60	109	56,4	55,00	8
421085201A	60	506	56,37	43,38	11
420850002A	60	393	56,21	45,78	11
421130601A	60	18	55,86	47,48	10
421920003A	60	819	55,71	42,26	10
420240420A	60	88	55,67	44,03	9
420300601A	60	953	55,6	53,00	8
421660211H	60	11	55,6	45,6	8
420420202A	60	706	55,4	53,00	10
420550602A	60	1090	55,2	50,2	10
421190005A	60	4	54,8	54,4	9
421820205A	60	76	54,71	52,83	11
420480601A	60	1026	54,6	53,00	9
421567902A	60	630	54,2	43,6	10
421930904A	60	843	53,6	44,8	10
420140614H	60	3	53,4	41,8	8
420590205A	60	10	53,21	47,58	11
421970501A	60	784	53,2	52,8	10
421770903A	60	16	53,00	39,2	10
420830204A	60	6	52,95	52,76	11
421110801A	60	809	52,8	43,6	10
421660205A	60	9	52,74	50,69	11

Estação	Passo de Tempo (min)	Elevação (m)	Máximo (mm/h)	2nd Máximo (mm/h)	Amostra (Anos)
421450801A	60	587	52,69	48,17	11
421120701A	60	31	52,6	47,00	9
420240412A	60	25	52,3	44,65	8
420570402A	60	14	52,3	43,17	11
421000102A	60	95	52,23	47,91	4
420770001A	60	564	52,2	47,8	10
420870810H	60	42	52,2	31,2	8
420430103A	60	581	52,00	43,6	10
421190003A	60	8	52,00	48,6	9
420210702A	60	7	51,93	48,97	11
421125601A	60	89	51,8	51,00	10
421190001A	60	13	51,8	51,00	9
421190002A	60	4	51,8	50,00	9
420930005A	60	930	51,75	38,21	11
421510902A	60	532	51,74	40,28	7
421320301A	60	58	51,29	48,01	11
421080301A	60	48	51,00	50,00	8
420980501A	60	544	50,8	49,2	10
420455802A	60	877	50,2	49,00	7
420240422A	60	99	50,00	48,76	10
420700701A	60	39	50,00	49,2	10
420240408G	60	115	50,00	43,2	5
420240402G	60	63	49,8	46,4	4
420850001A	60	370	49,62	47,82	11
421890501A	60	920	49,62	41,08	11
420240409G	60	107	49,6	43,8	5
421280901A	60	7	49,5	46,92	11
420243801A	60	856	49,4	46,8	10
420730401A	60	18	49,4	44,00	9
421830101A	60	777	49,4	41,8	9
420010101A	60	1003	48,8	45,4	10
421060501A	60	19	48,8	46,4	10
421490401A	60	115	48,65	41,9	10
420460805A	60	17	48,6	39,2	9
421930902A	60	735	48,2	44,8	9
420820304A	60	5	48,12	47,64	11
420290914A	60	81	47,98	44,54	3
420710602A	60	10	47,87	40,87	11
421430001A	60	867	47,4	46,4	9
420850003A	60	375	47,25	44,66	10
420930001A	60	915	47,24	47,06	11
420650402A	60	28	47,00	44,8	9
421130603A	60	3	46,92	42,87	3
420590204A	60	10	46,65	46,46	10
421780801A	60	382	46,63	43,08	11
420240406G	60	65	46,4	45,00	5

Estação	Passo de Tempo (min)	Elevação (m)	Máximo (mm/h)	2nd Máximo (mm/h)	Amostra (Anos)
421640401A	60	7	46,00	39,2	9
421780802A	60	370	45,91	45,25	10
421150407H	60	41	45,8	40,8	9
420820310A	60	19	45,78	36,44	11
421100901A	60	226	45,4	43,2	10
420240410G	60	118	44,8	42,4	5
420240412G	60	145	44,6	43,8	5
420240414A	60	63	44,57	44,46	11
420930020H	60	873	44,00	41,2	8
421870702A	60	9	44,00	42,00	9
420750205A	60	73	43,8	43,2	5
420120813H	60	20	43,8	41,4	8
421150403A	60	32	43,59	37,49	5
421920002A	60	343	43,17	42,01	11
420430104A	60	627	43,00	42,00	9
420240401G	60	90	43,00	42,4	5
420240404G	60	81	43,00	41,00	5
421660206A	60	10	42,93	42,4	4
420240418G	60	182	42,8	32,2	4
420240416A	60	51	42,73	36,6	9
420290903A	60	63	42,65	40,98	9
420060601A	60	62	42,6	37,6	9
420220602A	60	139	42,42	38,54	2
421500009H	60	808	42,4	30,00	9
420010102A	60	758	42,00	39,8	10
420070503A	60	465	41,4	37,21	11
420110901A	60	503	41,06	39,9	11

Tabela 9 - Estações CEMADEN com valores superiores a 140 (mm/h)

Estação	Passo de Tempo (min)	Elevação (m)	Máximo (mm/h)	2nd Máximo (mm/h)	Amostra (Anos)
421320303A	60	77	3464,43	3449,51	11
420240405A	60	39	1131,03	137,00	9
421820202A	60	74	1074,38	1074,18	11
420590203A	60	260	847,52	340,76	10
420240408A	60	18	781,93	767,62	10
420820315A	60	8	658,14	53,68	11
421380701A	60	480	510,8	121,00	8
421130602A	60	6	474,18	443,3	11
421270001A	60	424	472,00	58,8	10
420910201A	60	20	438,27	86,91	11
421480504A	60	352	430,48	76,91	10
420540706A	60	17	344,28	149,17	8
420910208A	60	32	337,00	76,4	10
420520901A	60	678	307,2	113,6	7

Estação	Passo de Tempo (min)	Elevação (m)	Máximo (mm/h)	2nd Máximo (mm/h)	Amostra (Anos)
420240415A	60	96	305,67	110,53	11
421380703A	60	52	302,4	62,2	10
420540702A	60	16	299,16	33,65	11
420930002A	60	919	279,24	53,11	11
420820311A	60	6	278,82	169,9	10
420940902A	60	37	261,4	63,00	9
421380702A	60	36	255,6	55,4	10
421820204A	60	83	231,57	67,73	11
420290911A	60	93	230,57	88,87	11
421500002A	60	799	222,6	192,16	11
420540704A	60	107	216,51	78,15	11
420120801A	60	24	215,67	40,19	11
421320304A	60	78	215,04	57,48	11
420910202A	60	8	193,01	44,87	11
421630502A	60	23	187,96	62,2	11
420930003A	60	900	187,35	84,3	11
421790701A	60	634	184,2	51,8	10
420710601A	60	9	177,25	67,49	11
420590202A	60	99	172,49	83,07	11
420420201A	60	720	165,00	129,00	10
420590207A	60	36	157,55	74,05	10
420590206A	60	14	154,62	67,43	11
420240417A	60	145	151,03	63,39	11
420270101A	60	68	148,17	70,49	11
421660210A	60	8	144,97	85,79	11
420350101A	60	918	136,6	89,2	10
421000104A	60	284	131,54	95,65	8
420780901A	60	1058	128,4	64,00	10
420290908A	60	69	125,65	105,3	11
420240418A	60	16	123,82	55,28	11
421450802A	60	553	123,62	42,66	9
421510901A	60	77	121,98	82,54	9
420820309A	60	4	121,91	84,17	9
421050601A	60	571	121,8	58,8	10
421725301A	60	230	121,2	56,00	10
420450901A	60	69	121,05	82,97	11
420590210A	60	16	116,18	85,39	11
420650403A	60	12	115,4	87,6	10
421740205A	60	32	114,8	91,54	10
420710605A	60	15	110,13	66,01	10
420320402A	60	10	108,26	76,82	11
421660209A	60	23	107,42	55,49	10
420220604A	60	140	106,4	92,4	7
420840101A	60	186	103,8	51,6	9
420320417H	60	4	103,00	60,8	8
420130704A	60	9	102,4	80,4	10

Estação	Passo de Tempo (min)	Elevação (m)	Máximo (mm/h)	2nd Máximo (mm/h)	Amostra (Anos)
420180202A	60	536	102,00	74,4	10
420540707A	60	8	101,54	45,44	11
421880601A	60	29	101,4	59,4	9
421420101A	60	389	100,6	79,4	10

Apêndice - B

Tabela 10 - Intensidades pontuais utilizadas na espacialização

Back (2002)			Back e Bonetti (2014)		
TR	25	100	TR	25	100
Estação	i(mm/h)	i(mm/h)	Estação	i(mm/h)	i(mm/h)
2652000	72,78	94,19	2652000	71,03	91,66
2749041	65,97	84,13	2749041	58,42	72,02
2749004	49,22	62,61	2749007	58,42	73,84
2749007	60,11	76,13	02749037	61,03	78,00
2749014	57,28	75,40	02748003	65,51	84,19
2749037	61,15	78,15	02751001	66,70	84,66
2748003	67,93	88,10	02749012	69,98	89,81
2751001	63,38	78,19	02749027	71,75	90,19
2749010	54,49	67,62	02748016	90,97	118,71
2749012	82,83	112,16	02749000	57,77	72,22
2749027	80,25	103,68	02749016	58,12	73,06
2748016	96,16	124,10	02648020	93,62	129,32
2749000	55,40	68,74	02648028	87,40	115,16
2749016	56,66	71,68	02849004	61,75	80,81
2648020	159,99	237,05	02848000	63,63	83,73
2648028	85,80	113,10	02849009	57,90	73,49
2849004	63,54	84,23	02849023	63,77	79,49
2848000	62,13	82,60	02649003	57,66	72,28
2649003	54,87	67,39	02649017	66,08	87,44
2649017	64,82	85,49	02649007	75,17	98,23
2649000	57,54	73,34	02649009	67,19	85,29
2649007	70,94	90,15	02649010	71,59	92,26
2649009	69,91	89,28	02749045	65,55	84,60
2649010	70,38	89,88	02849030	62,17	79,02
2849023	66,59	83,79	02748000	68,19	88,24
2749032	82,57	114,07	02750001	71,54	93,10
2749038	87,12	115,13	02649057	55,09	68,29
2749045	59,81	75,26	02653001	81,25	102,14
2849030	66,35	83,42	*	69,28	87,33
2748000	69,24	90,24	02650003	66,26	92,79
2649011	82,16	110,28	02650018	72,04	93,10
2649057	60,84	76,53	02751012	66,62	83,40
2750001	78,32	102,99	*	53,82	65,25
2653001	85,15	108,01	*	75,63	96,12
(B)	78,78	98,44	02752005	65,00	79,69
2650018	79,42	104,40	02649013	64,19	80,58
2751012	71,61	91,76	02649064	80,39	102,75
2651002	52,12	64,10	02750009	58,39	73,40

2651036	68,05	86,49	02750010	53,26	65,66
2752004	69,43	85,06	02750012	57,49	72,47
(B)	87,00	112,09	02653002	78,74	98,84
2752005	70,26	87,84	02748006	83,70	109,68
2652021	69,31	86,94	*	127,99	178,02
2652034	72,05	90,42	02849006	65,07	82,82
2649013	66,93	84,23	02648027	100,98	126,41
2649064	93,52	123,85	02748019	87,42	120,59
2750009	58,42	73,48	02849008	62,72	79,83
2750010	52,09	63,61	2749001	56,53	71,65
2750012	59,88	75,56	2749005	56,55	71,78
(B)	127,99	179,93	02648001	59,91	75,52
2849006	76,43	101,16	02848007	79,63	105,51
2648027	94,20	116,15	02649001	69,06	89,25
2748019	81,27	115,34	02649005	66,60	87,52
2849008	65,72	85,03	02652001	72,24	91,44
2749001	54,91	68,97	02751011	67,51	84,51
2749005	57,32	73,13	02649054	79,92	106,04
2848007	84,32	113,89	02649056	76,00	100,14
2649001	53,38	67,15	02648008	84,36	107,82
2649005	71,43	95,84	*	97,27	131,41
2652001	76,38	97,96	*	77,78	97,49
2751011	67,49	83,57	2749002	57,87	73,55
2649054	80,86	104,28	02749017	60,19	76,39
2649056	86,56	116,10	*	60,13	74,76
(B)	103,00	139,16	02849022	65,54	83,54
(B)	74,28	93,66	02849020	72,88	95,24
2749002	57,22	72,54	02649012	78,56	101,66
2749017	57,62	73,24	02652021	69,98	87,60
(B)	54,87	67,49	02751004	63,68	80,16
(B)	61,29	77,47	02648005	87,22	112,25
2849022	65,42	83,37	02648014	74,28	101,33
2849020	82,21	108,71	02648033	99,24	132,60
2649012	81,29	105,25	02648034	108,86	141,27
2649037	81,50	107,18	02649060	83,59	104,93
2751004	62,90	78,49	02749031	59,02	77,24
2649060	114,71	173,19	02749035	69,17	88,65
2649061	69,35	90,50	02750007	62,18	79,58
2749031	50,95	66,43	02850004	75,79	101,12
2749035	72,17	93,24	*	66,53	85,03
2750003	53,94	66,00	*	96,65	133,50
2750007	63,01	80,48	02650019	56,67	69,67
(B)	61,93	79,02	02749034	60,68	75,12
(B)	86,14	116,95	02648002	81,64	106,24

2650019	58,58	72,77	02651036	61,78	78,20
2749034	61,32	75,20	02649016	59,35	75,86
2649016	62,57	80,87	02748001	74,11	99,30
2748001	65,91	84,05	02749015	64,00	80,90
2749015	66,43	85,21	02650000	59,19	72,67
2650000	63,67	79,31	02651044	63,90	83,27
(B)	65,90	82,00	02849024	71,77	90,84
2651044	69,63	90,26	02653003	90,78	121,12
2849005	60,99	76,54	02753013	74,39	91,84
2849024	85,55	111,60	02650015	55,39	67,63
2653003	83,10	109,34	02748002	77,74	109,19
2753013	79,90	100,56	02849001	62,73	79,19
2650015	58,39	71,38	02653013	76,61	94,45
2652004	53,93	65,28	02753006	70,89	86,44
2748002	82,51	116,48	02650022	65,54	82,05
2849029	95,59	130,44	02650023	64,01	80,57
2849001	71,57	93,41	02651022	75,53	96,27
2748004	100,00	137,67	02748017	114,83	152,37
2653013	79,78	99,81	02648019	86,05	114,96
2753006	74,48	91,51	02649002	72,43	93,48
2650022	74,84	94,40	02651040	69,20	86,50
2650023	53,64	64,20	*	73,51	92,40
2748017	116,90	155,77	02750011	59,76	75,22
2849028	84,73	116,14	02650008	54,76	67,13
2648019	77,51	99,96	02749006	54,20	67,19
2750011	81,24	111,76	02949001	99,70	133,58
2651001	70,46	87,80	02749020	85,88	111,45
2651022	68,06	86,50	02649055	66,00	85,06
2651040	72,88	91,99	02650014	69,24	85,84
(B)	66,82	82,24	02749039	54,79	68,49
2650008	59,07	73,00	02649008	81,23	108,08
2749006	53,37	66,02	02649030	71,57	91,60
2749020	97,37	128,82	02649032	71,75	91,84
2649055	69,81	89,63	02653004	79,64	100,39
2650014	70,16	87,22	02748005	84,52	112,30
2749008	59,68	80,33	02653005	83,52	106,02
2749039	58,84	74,97	02750008	62,39	78,43
2649008	74,11	96,61	02652031	70,82	87,55
2649065	70,91	89,38	02750020	63,91	80,89
2653004	79,52	100,81	02650016	59,95	72,49
2748005	85,09	112,51	02750013	58,45	74,29
2652031	77,03	97,18	02653007	77,04	98,05
2650016	69,82	86,87	02949003	70,47	88,09

2849031	71,56	92,13	02748018	80,86	105,37
2653007	79,41	101,83	02652002	74,04	93,85
2649068	75,93	98,19	*	69,03	89,59
2949003	73,22	91,94	02849002	63,82	82,13
2652002	72,66	92,03	02848006	81,87	104,79
2849003	67,31	92,16	02848009	79,98	108,05
(B)	70,48	93,05	02749003	60,64	76,12
2653005	78,82	97,15	02750014	66,44	83,98
2750008	65,78	83,76	02750021	67,95	87,70
2750020	65,70	83,62	02849019	77,34	95,08
2849002	67,06	87,31	02649004	65,94	84,05
2848006	75,53	94,39	02650024	117,99	171,31
2749003	60,23	76,10	02749013	56,33	70,80
2750014	67,51	85,10	02849000	67,06	87,88
2750021	59,42	73,51	02849027	87,32	115,38
2849019	75,65	93,36	02849021	58,03	73,14
2649004	64,89	81,65	02849011	79,83	106,81
2650024	127,74	181,06	02651001	69,23	86,18
2749013	54,38	67,62	02749033	66,94	88,08
2849000	69,72	92,32	*	69,94	86,59
2849027	92,70	122,27	02649058	61,53	76,60
2849021	53,59	66,11	2649053	62,17	77,82
(B)	84,91	115,38	-	-	-
2749033	69,74	94,18	-	-	-
2749046	56,58	70,87	-	-	-
(B)	76,07	95,94	-	-	-
2649058	62,24	76,83	-	-	-
2649053	64,16	80,88	-	-	-

Onde ‘(B)’ e ‘*’ se referem a estações da EPAGRI.

Apêndice - C

Figura 13 – Equação IDF horária da estação A868

A868 — Ajuste Mínimos Quadrados

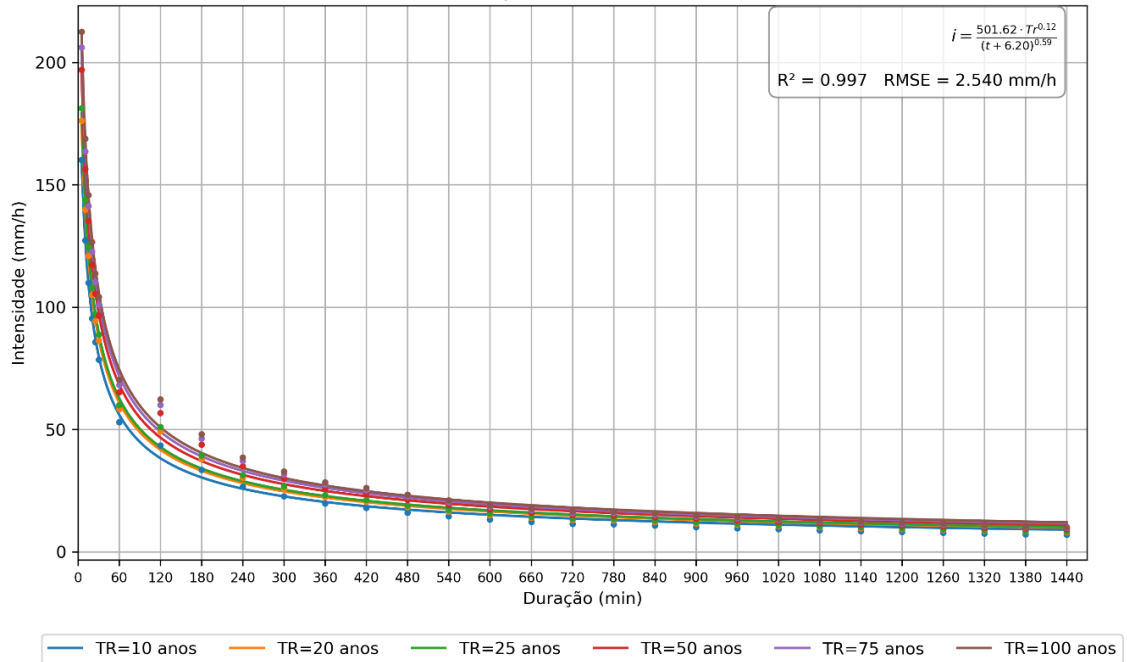


Figura 14 - Equação IDF horária da estação A867

A867 — Ajuste Mínimos Quadrados

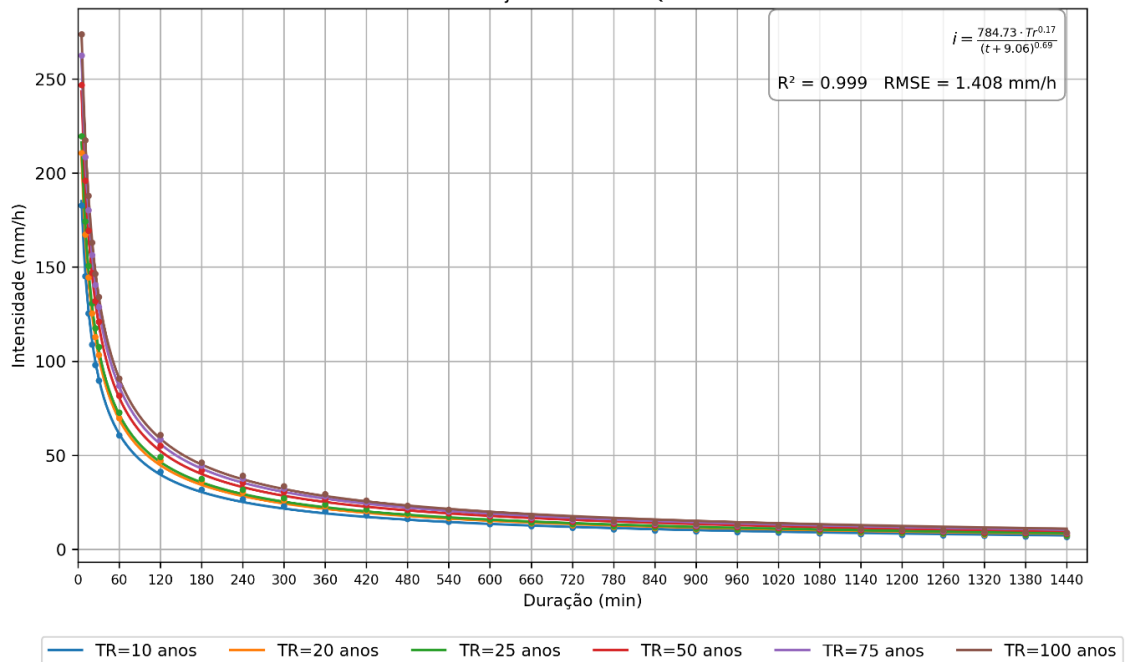


Figura 15 - Equação IDF horária da estação A866
A866 — Ajuste Mínimos Quadrados

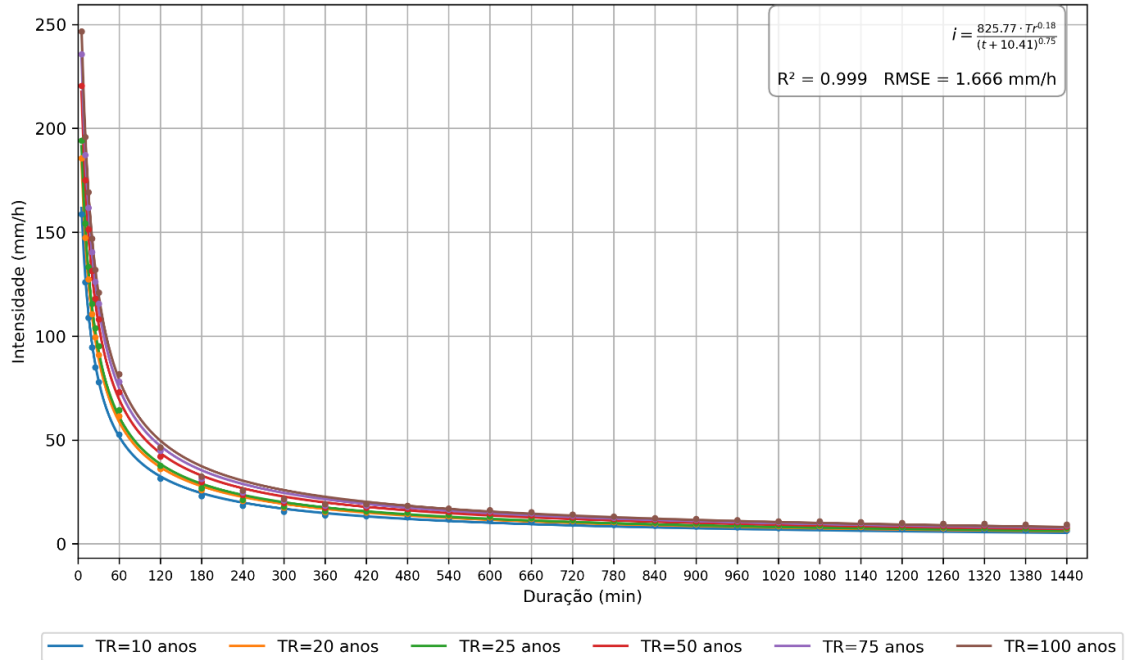


Figura 16 - Equação IDF horária da estação A864
A864 — Ajuste Mínimos Quadrados

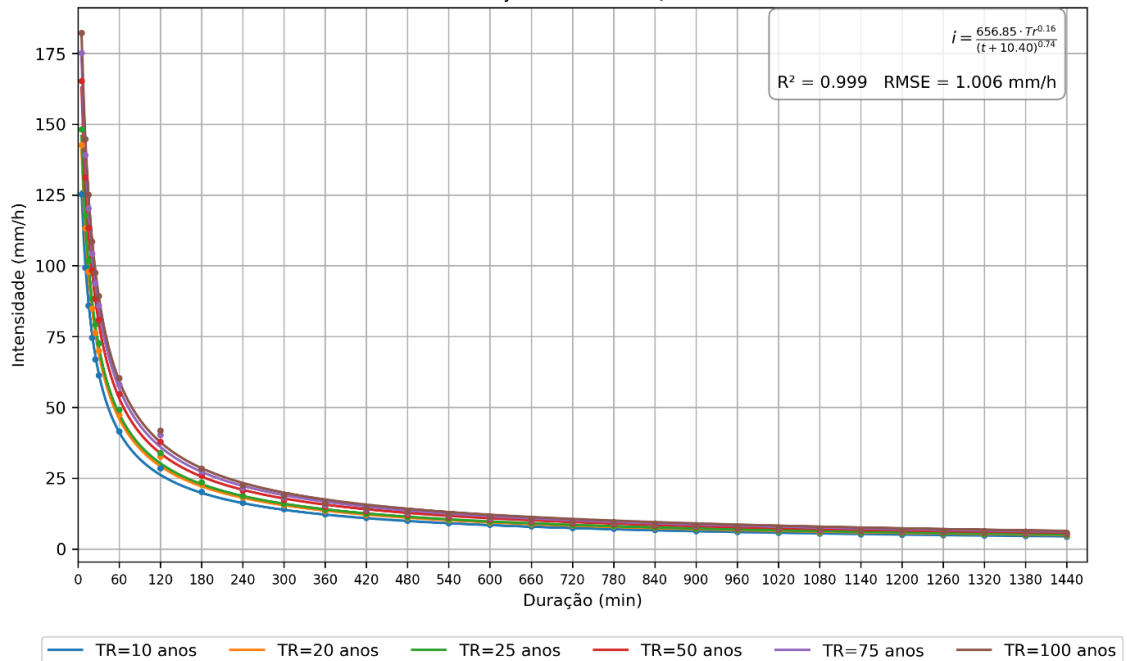


Figura 17 - Equação IDF horária da estação A863
A863 — Ajuste Mínimos Quadrados

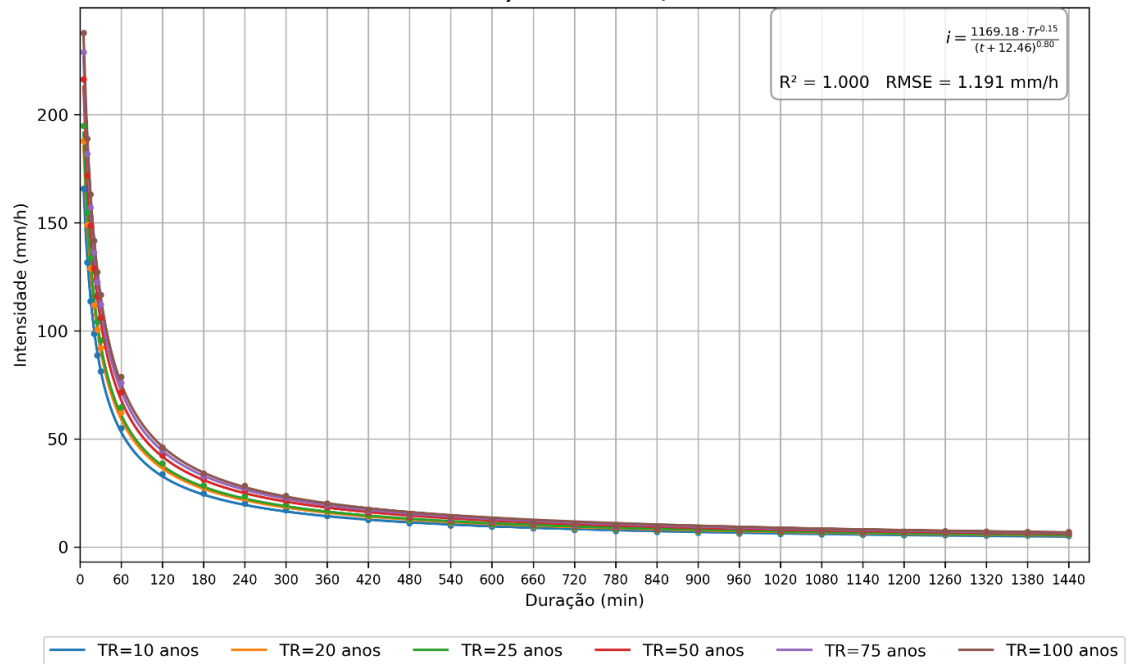


Figura 18 - Equação IDF horária da estação A862
A862 — Ajuste Mínimos Quadrados

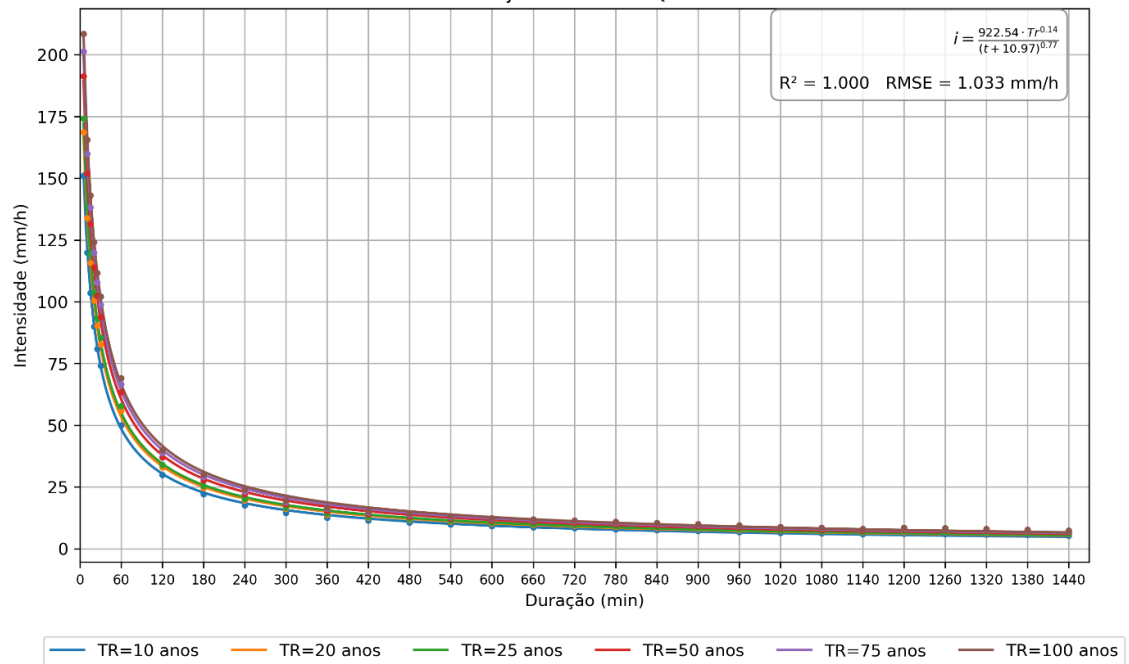


Figura 19 - Equação IDF horária da estação A861
A861 — Ajuste Mínimos Quadrados

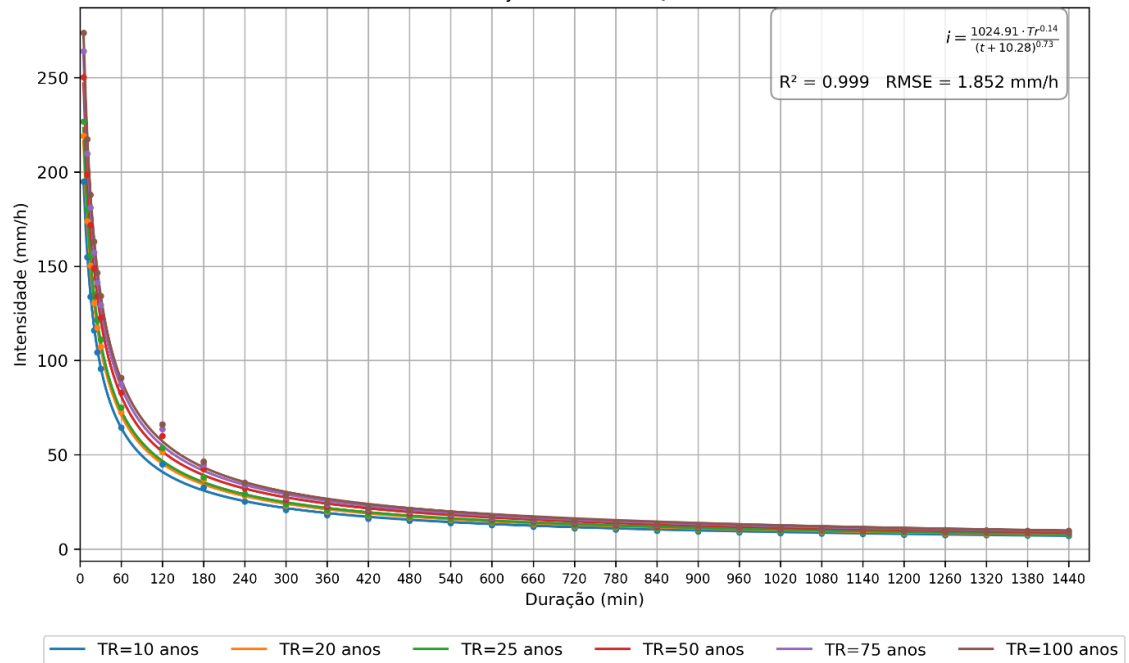


Figura 20 - Equação IDF horária da estação A860
A860 — Ajuste Mínimos Quadrados

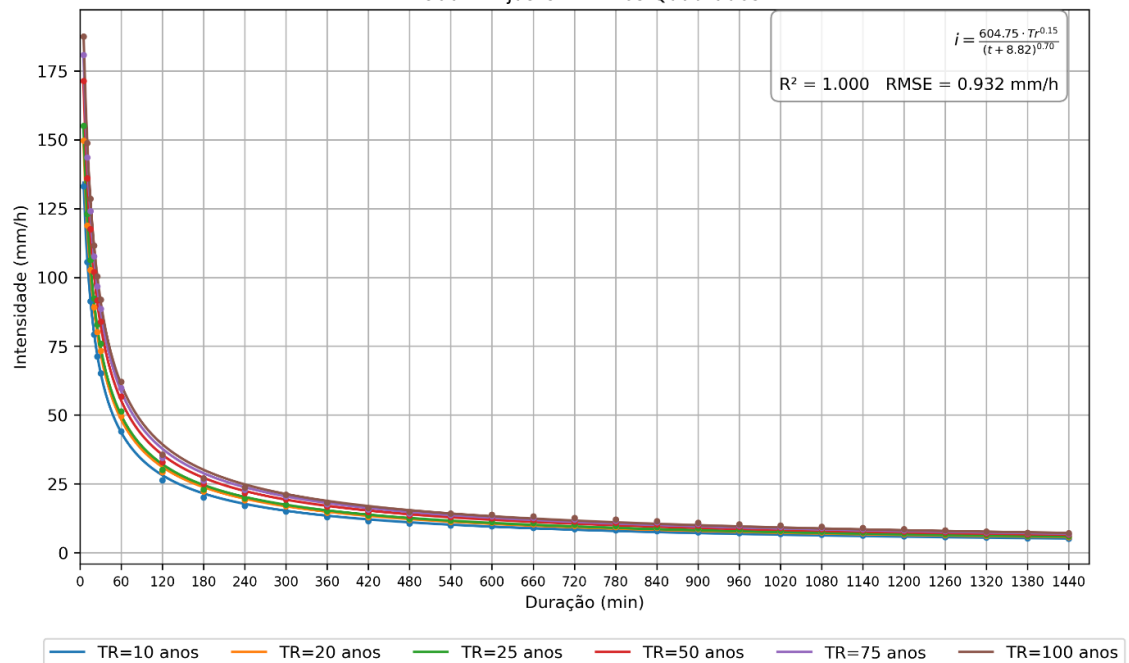


Figura 21 - Equação IDF horária da estação A859
A859 — Ajuste Mínimos Quadrados

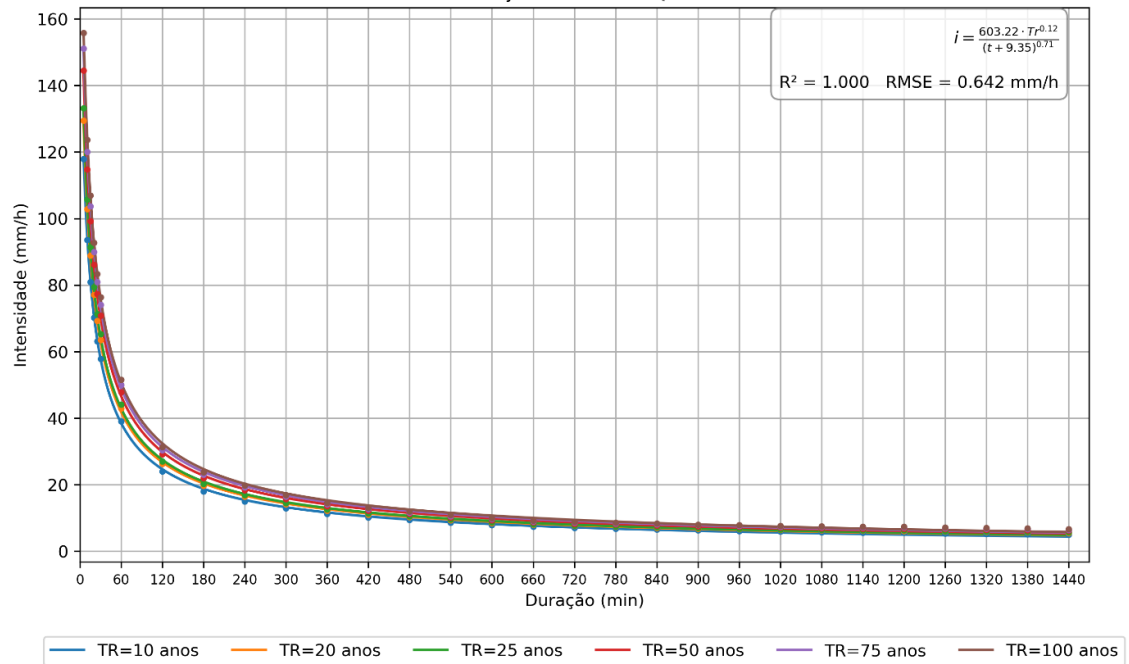


Figura 22 - Equação IDF horária da estação A858
A858 — Ajuste Mínimos Quadrados

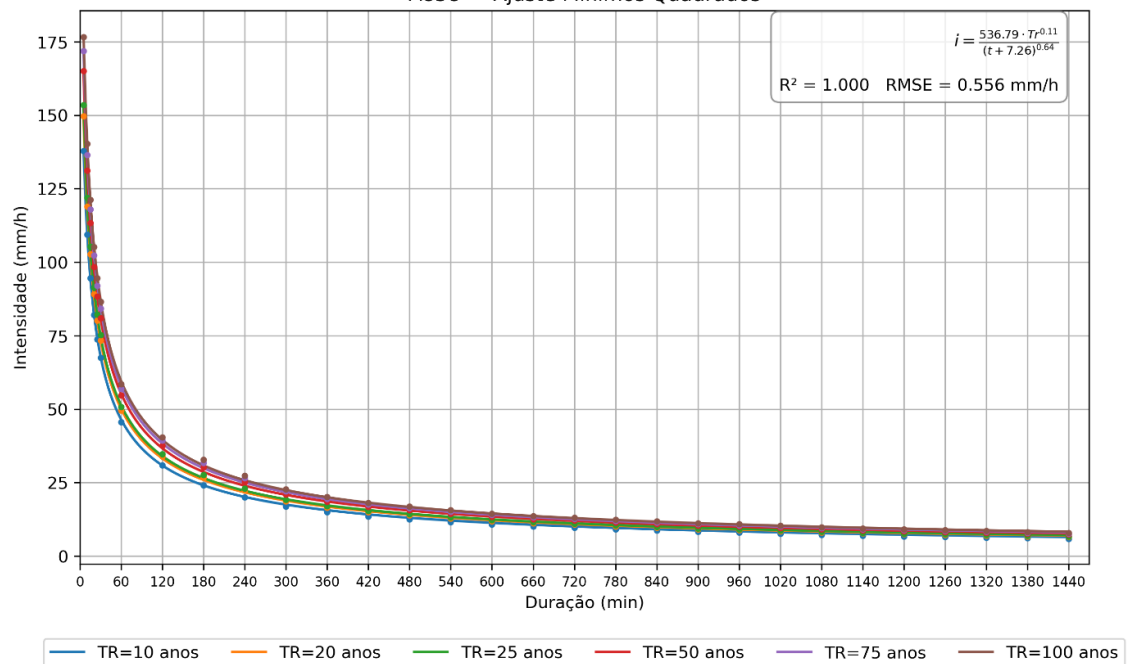


Figura 23 - Equação IDF horária da estação A857

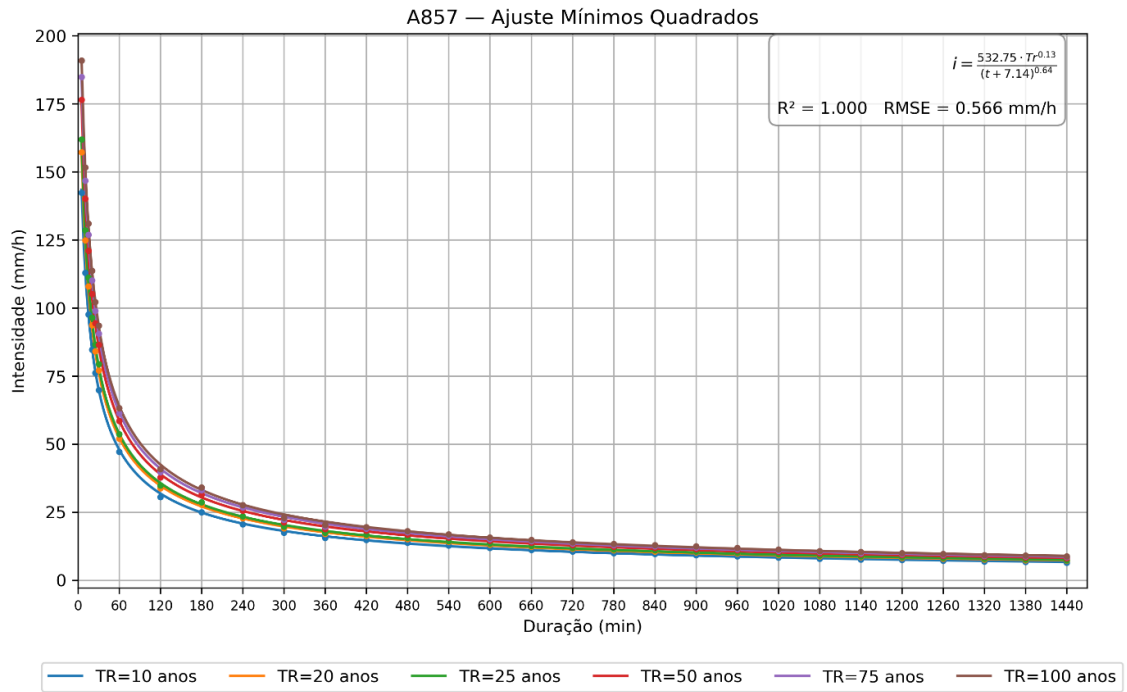


Figura 24 - Equação IDF horária da estação A851

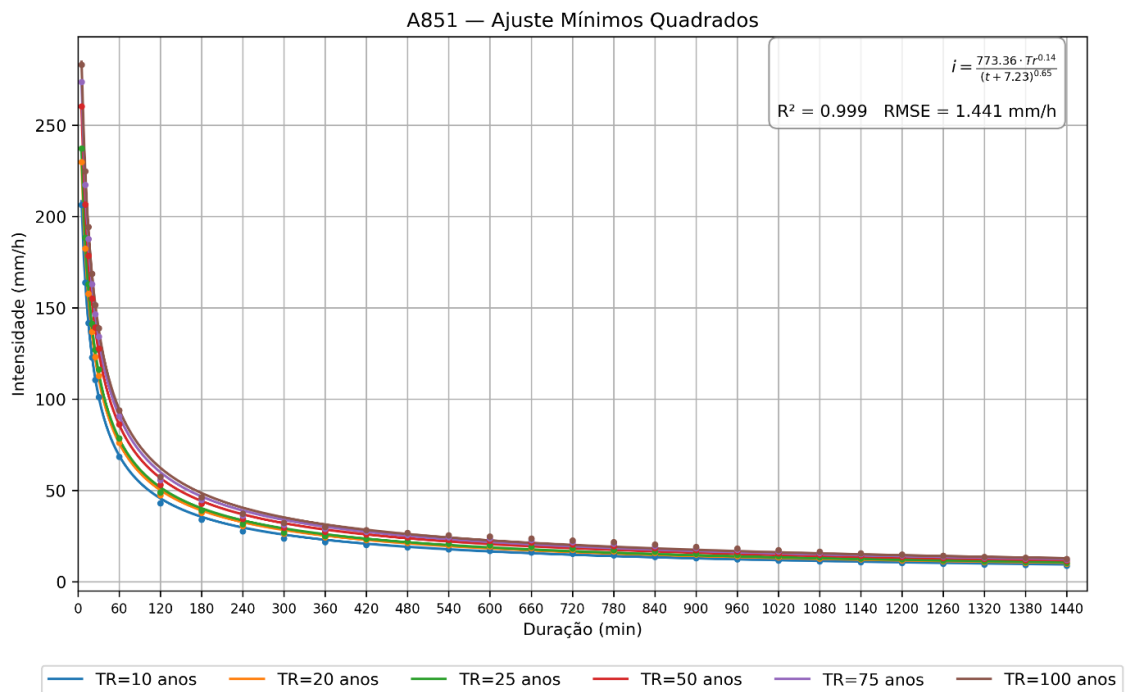


Figura 25 - Equação IDF horária da estação A848
A848 — Ajuste Mínimos Quadrados

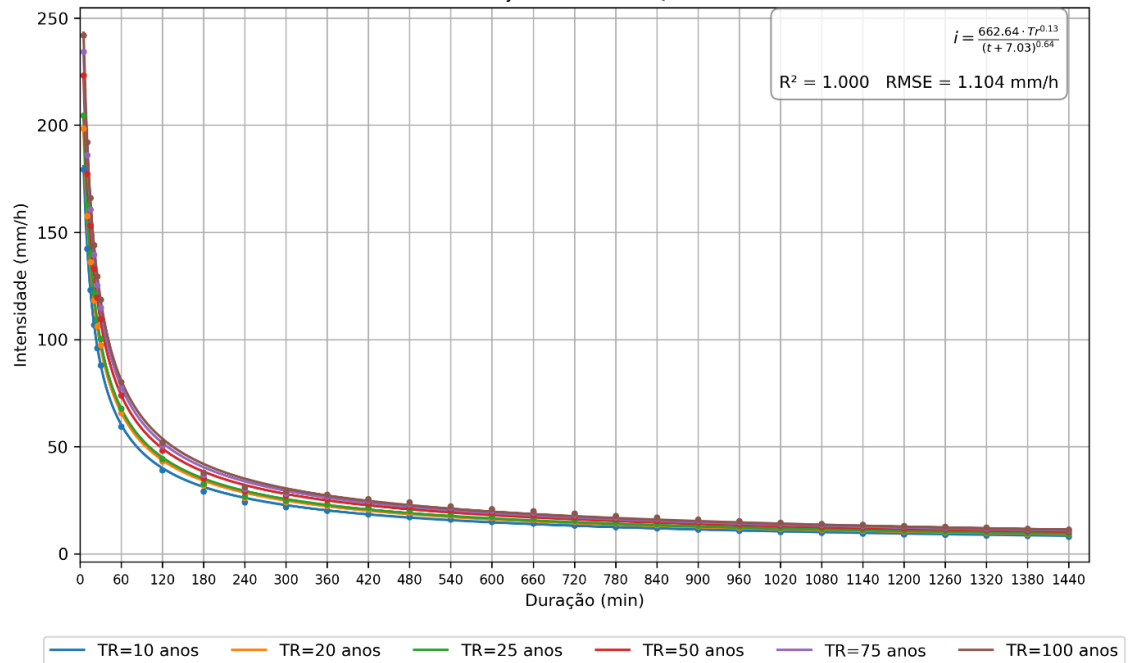


Figura 26 - Equação IDF horária da estação A845
A845 — Ajuste Mínimos Quadrados

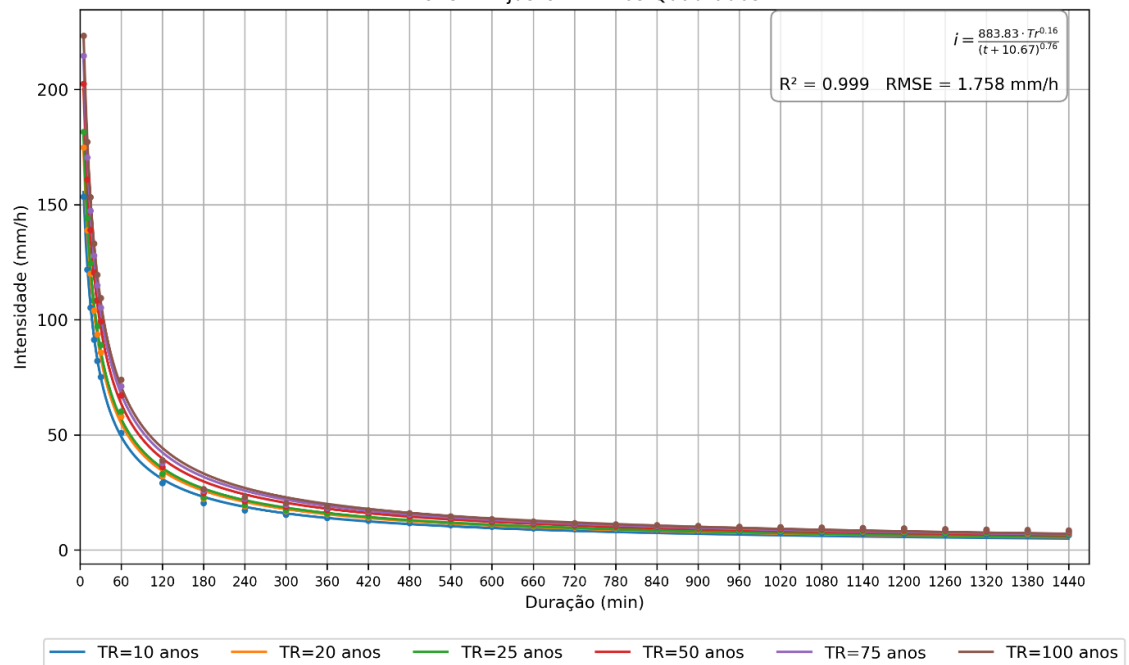


Figura 27 - Equação IDF horária da estação A841

A841 — Ajuste Mínimos Quadrados

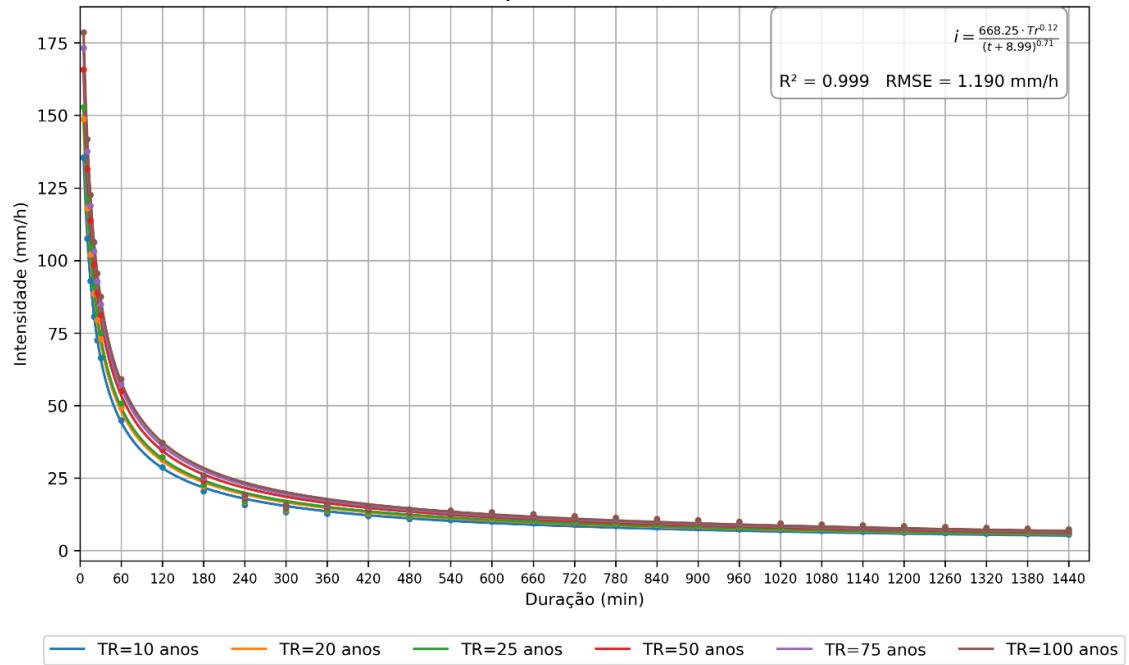


Figura 28 - Equação IDF horária da estação A817

A817 — Ajuste Mínimos Quadrados

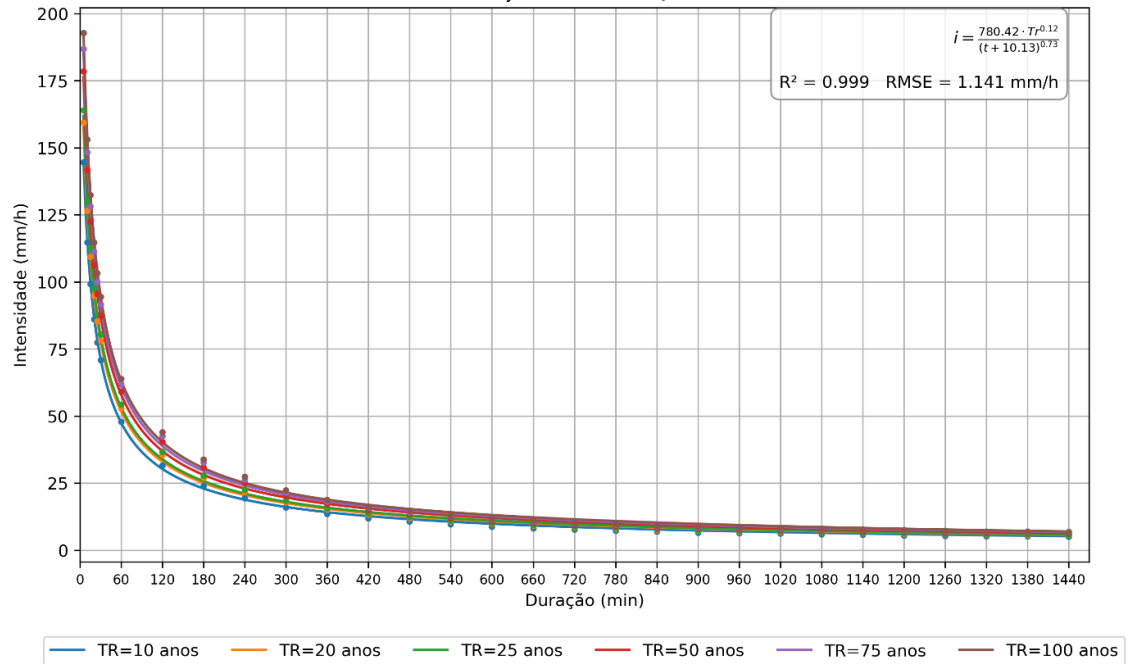


Figura 29 - Equação IDF horária da estação A816

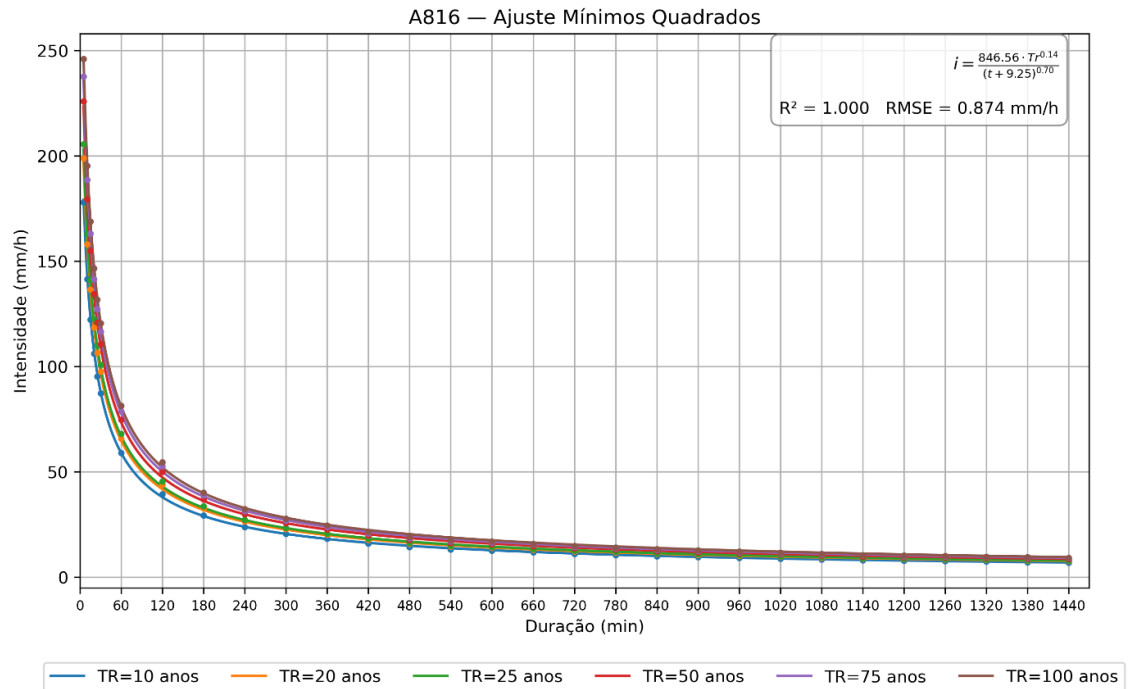


Figura 30 - Equação IDF horária da estação A815

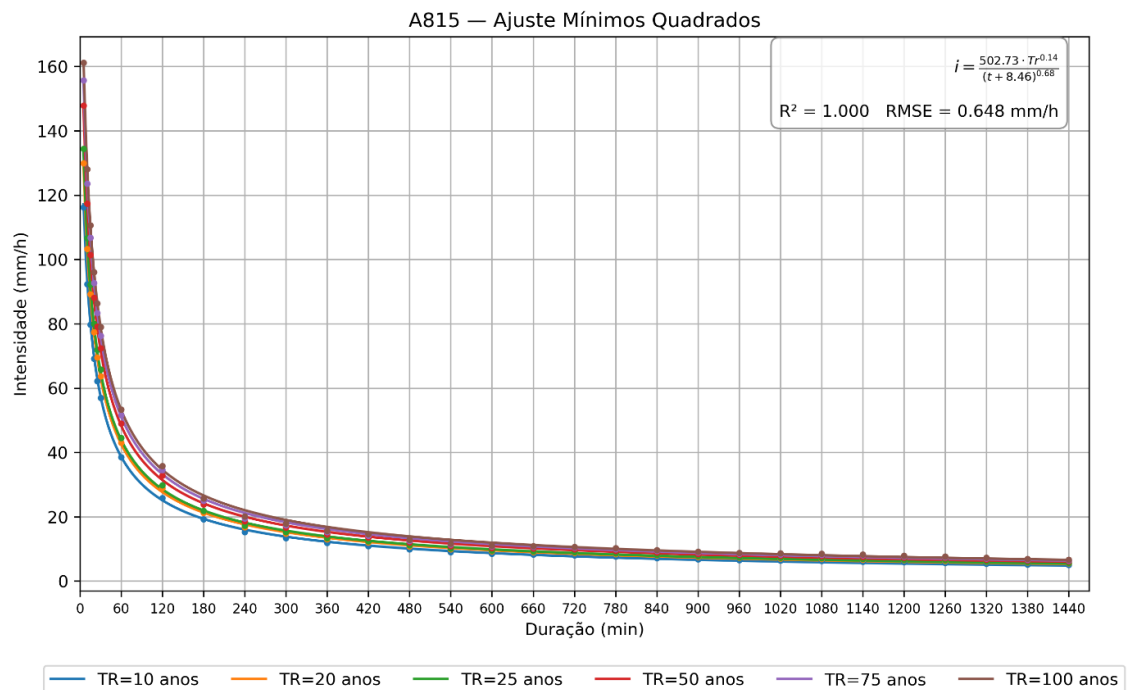


Figura 31 - Equação IDF horária da estação A806

A806 — Ajuste Mínimos Quadrados

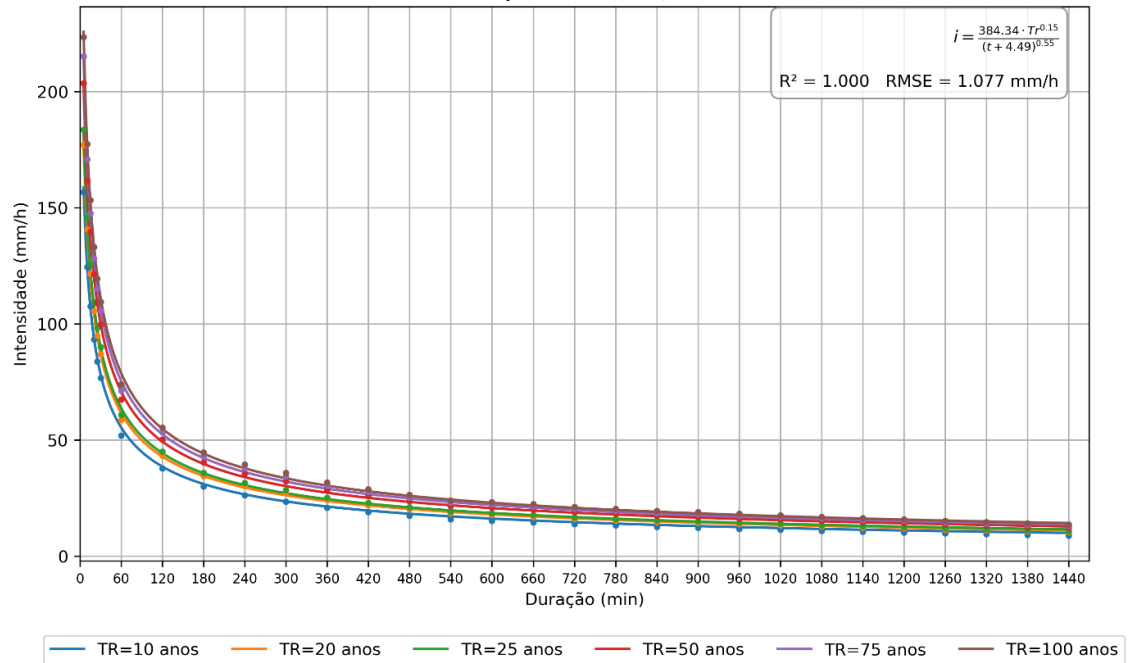


Figura 32 - Equação IDF horária da estação A814

A814 — Ajuste Mínimos Quadrados

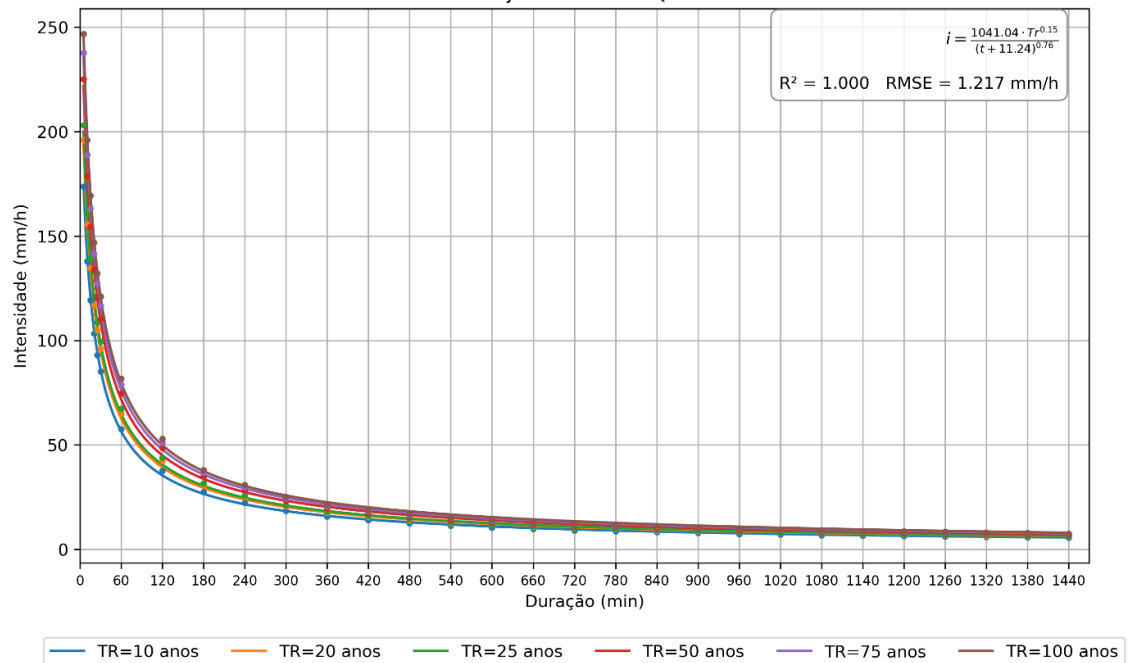
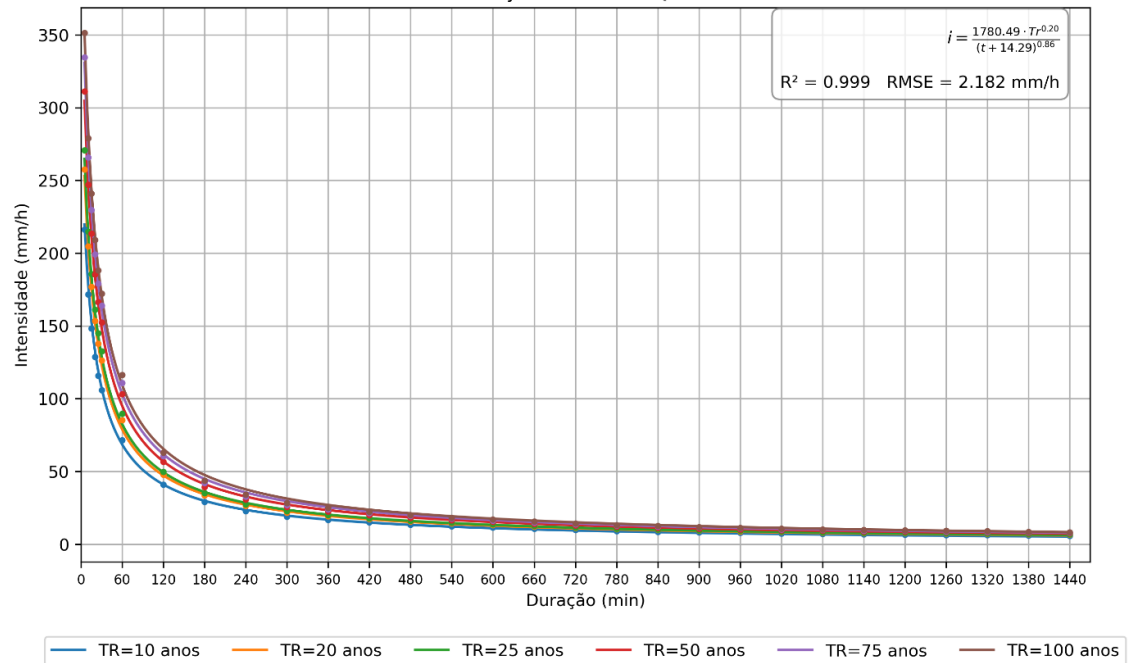


Figura 33 - Equação IDF horária da estação SBNF
SBNF — Ajuste Mínimos Quadrados



Apêndice - D

Figura 34 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A815
Curvas IDF | TR = 100 anos

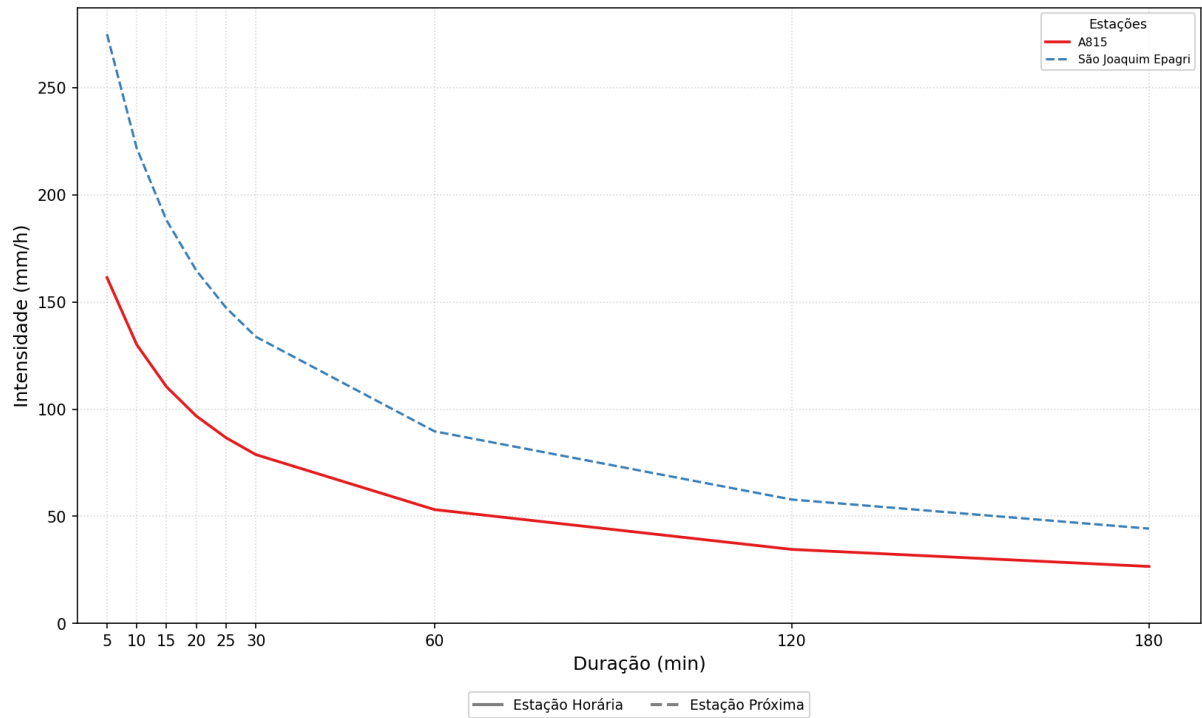


Figura 35 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A814
Curvas IDF | TR = 100 anos

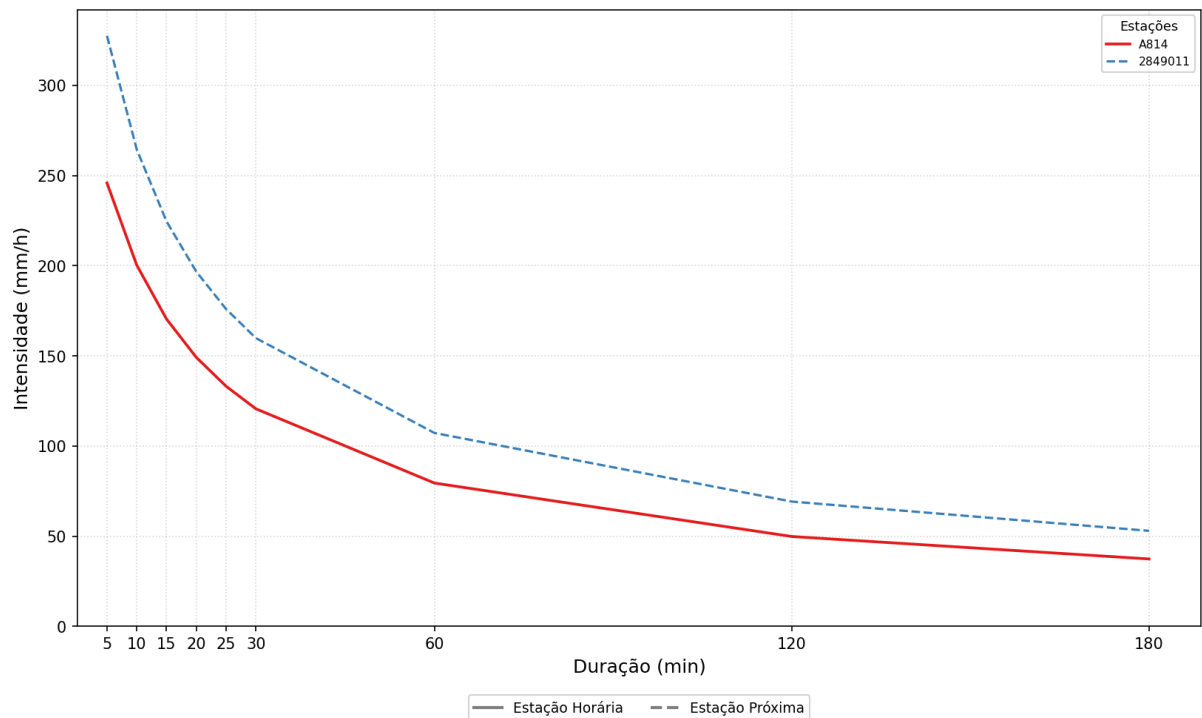


Figura 36 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A817

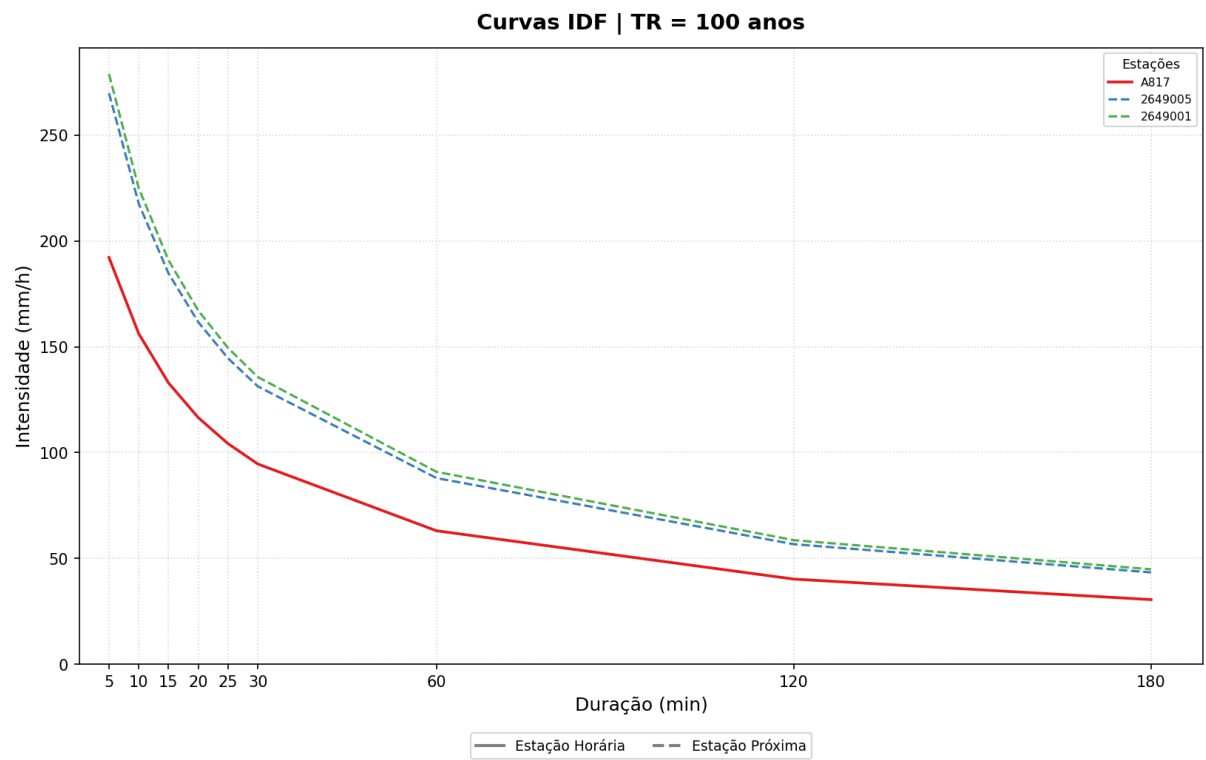


Figura 37 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A816

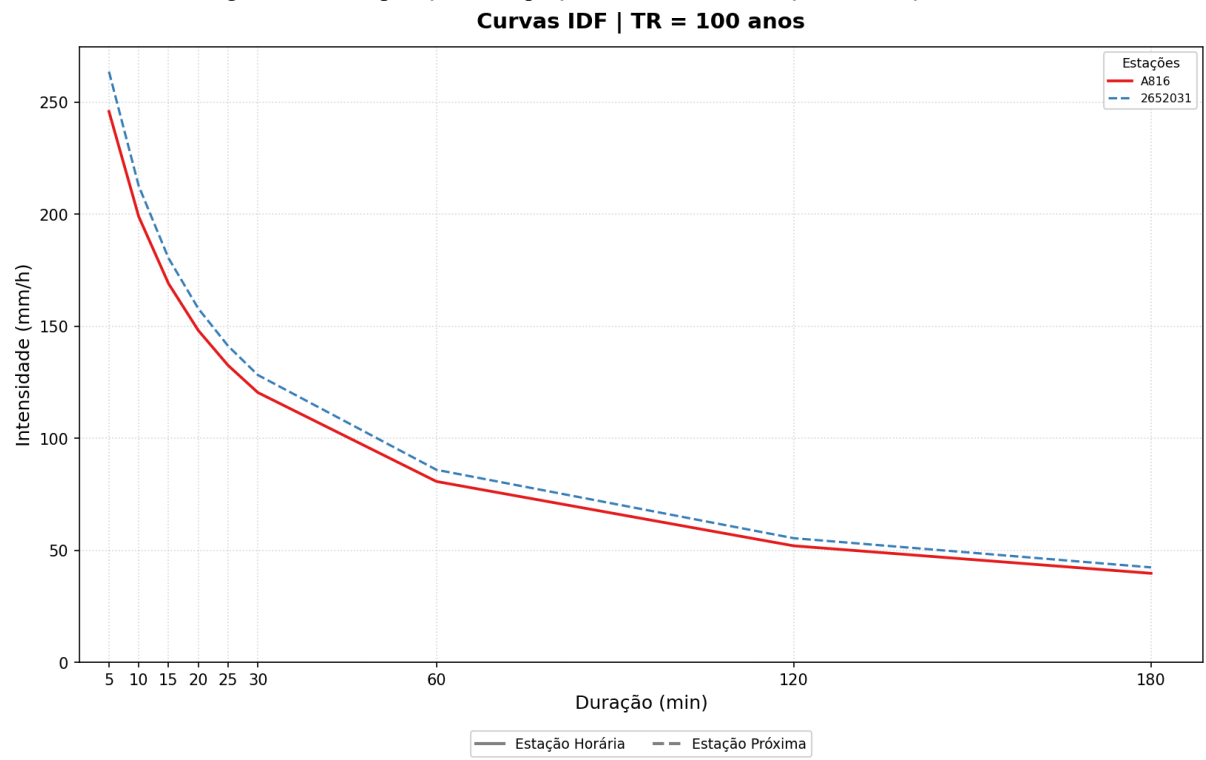


Figura 38 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A845
Curvas IDF | TR = 100 anos

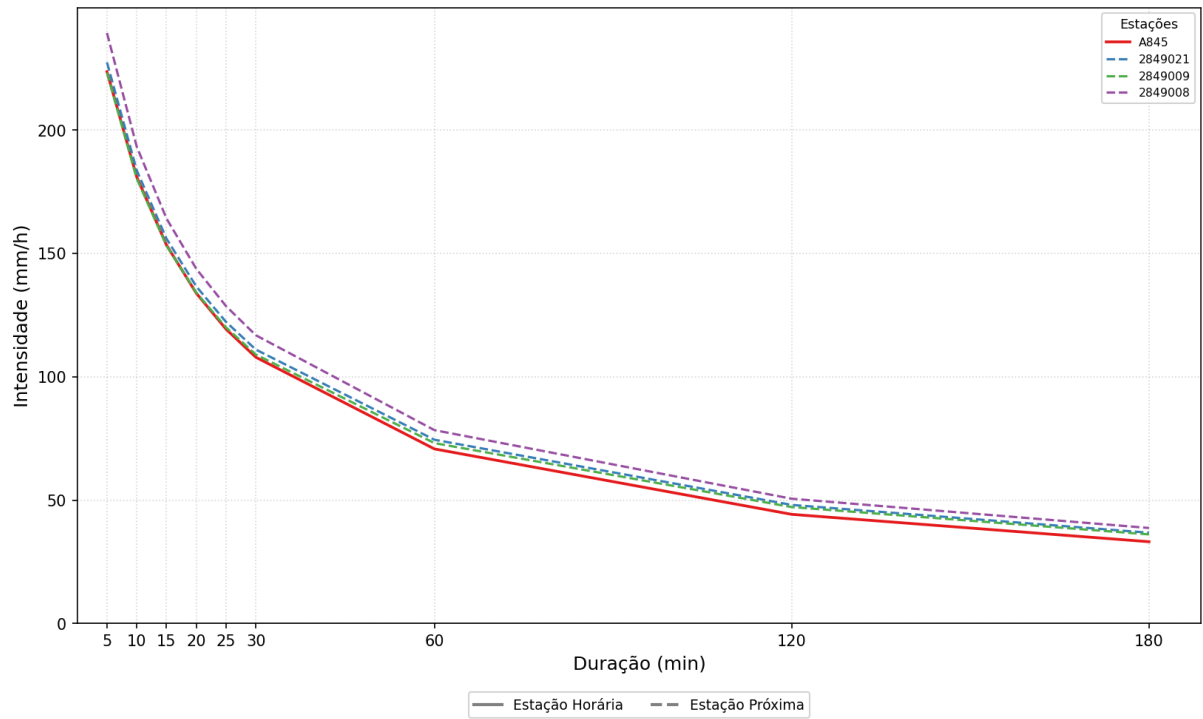


Figura 39 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A851
Curvas IDF | TR = 100 anos

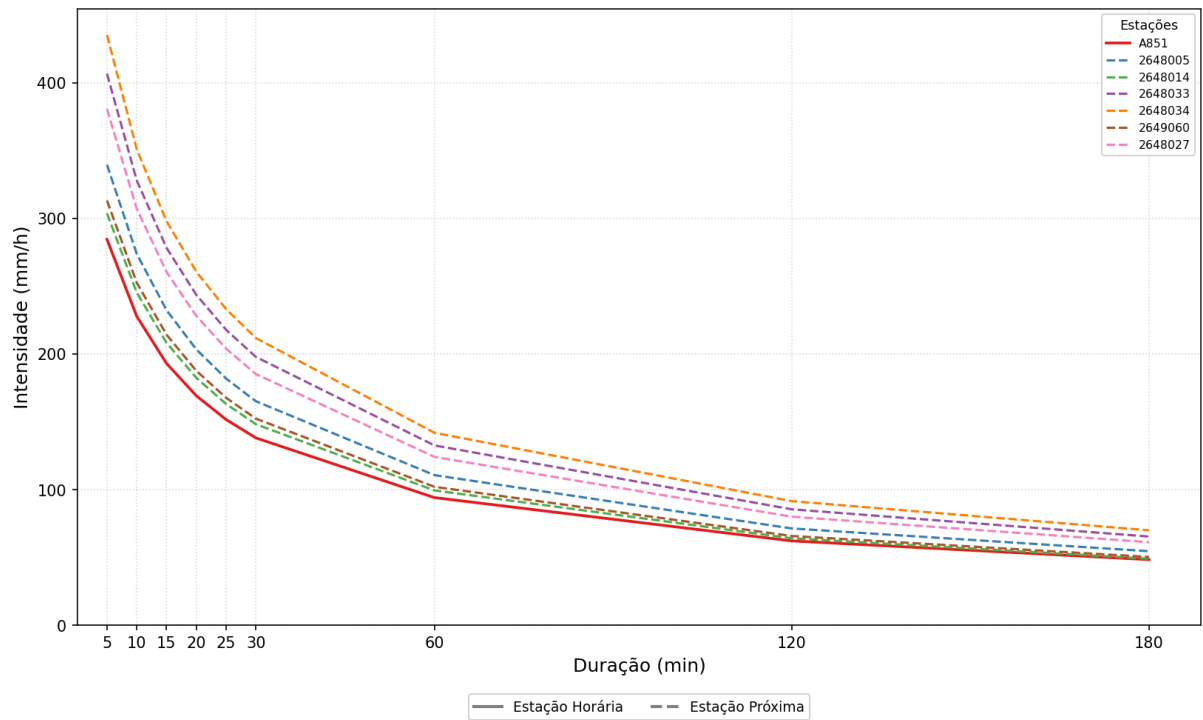


Figura 40 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A858
Curvas IDF | TR = 100 anos

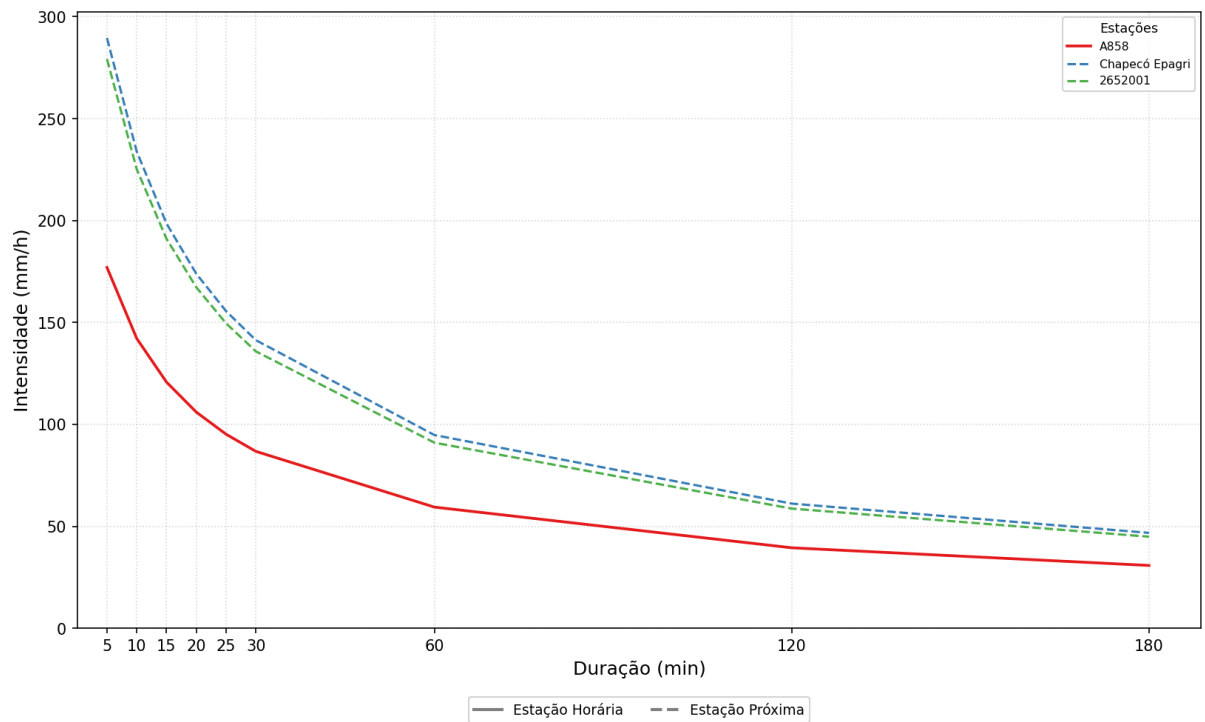


Figura 41 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A841
Curvas IDF | TR = 100 anos

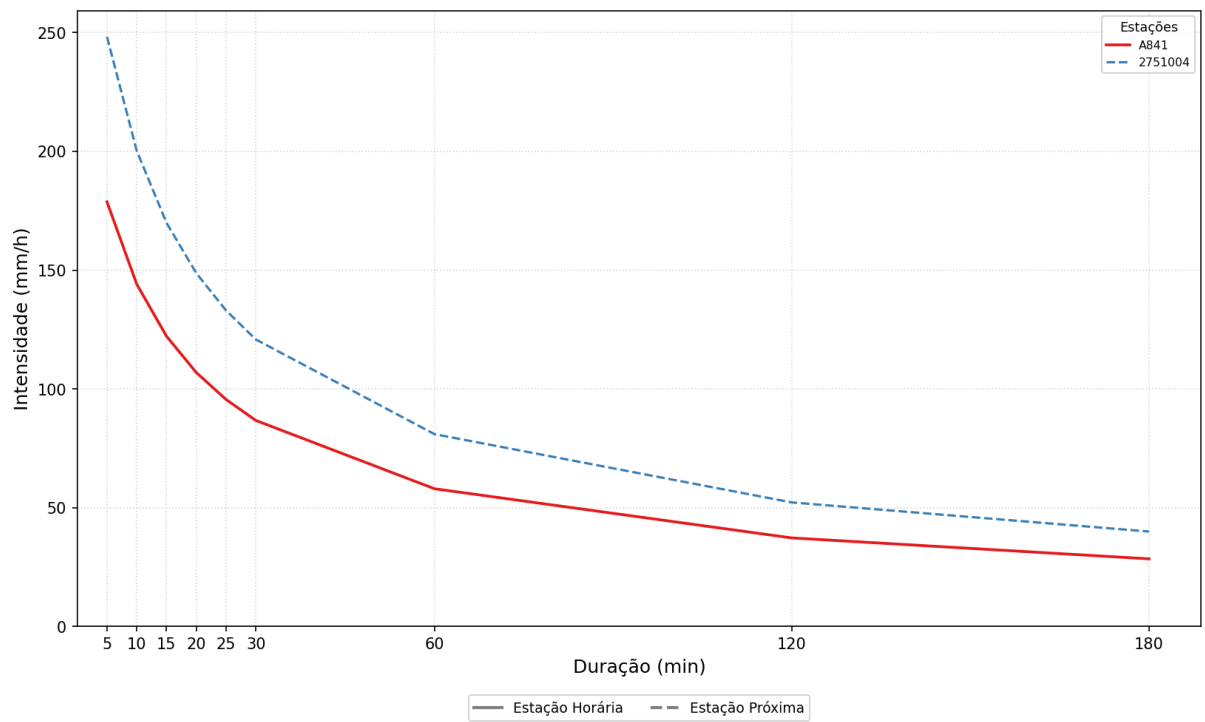


Figura 42 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A857
Curvas IDF | TR = 100 anos

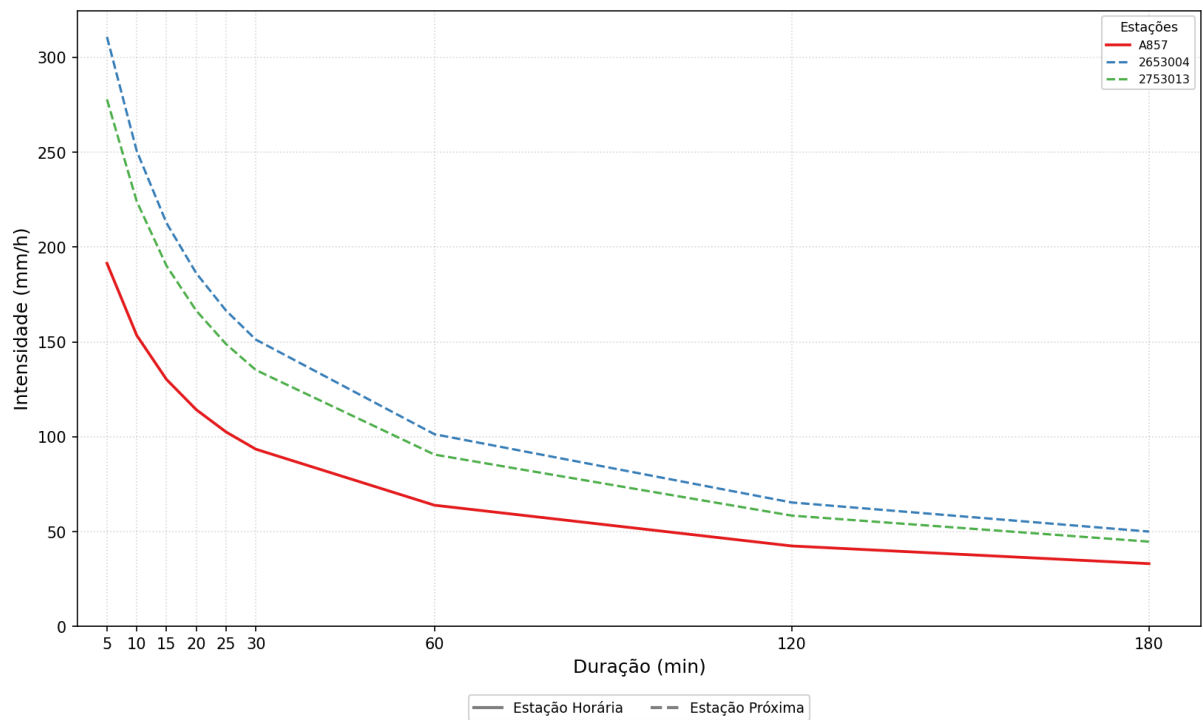


Figura 43 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A848
Curvas IDF | TR = 100 anos

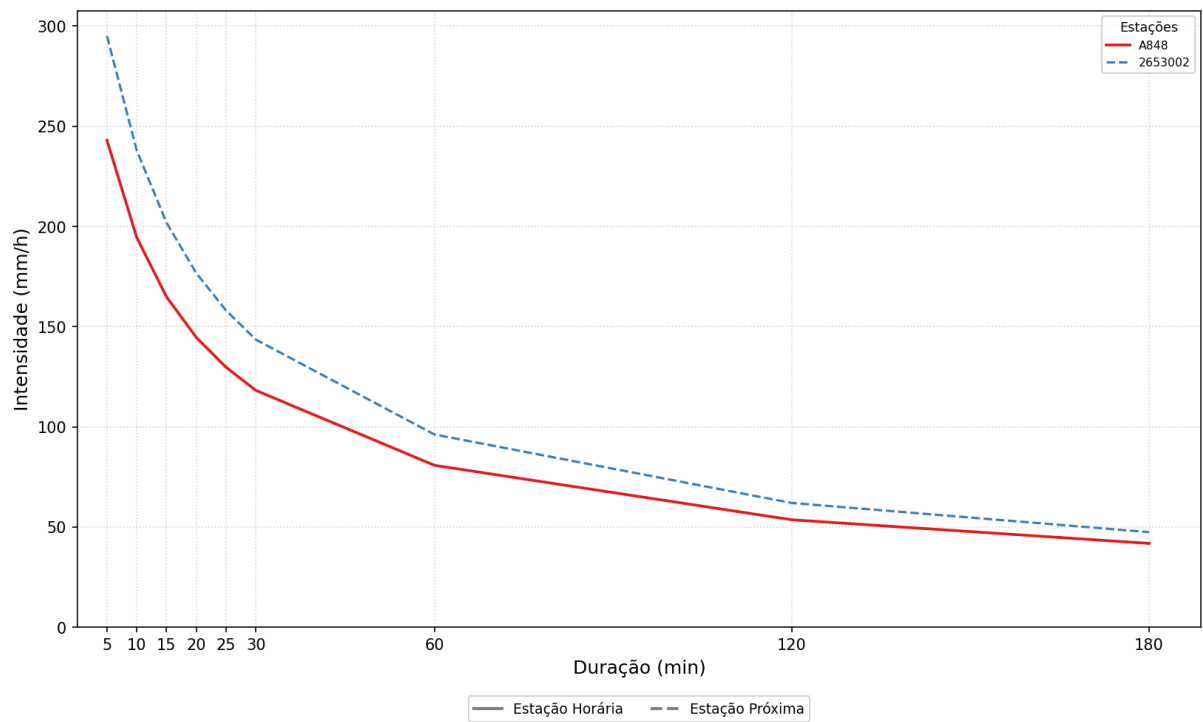


Figura 44 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A859
Curvas IDF | TR = 100 anos

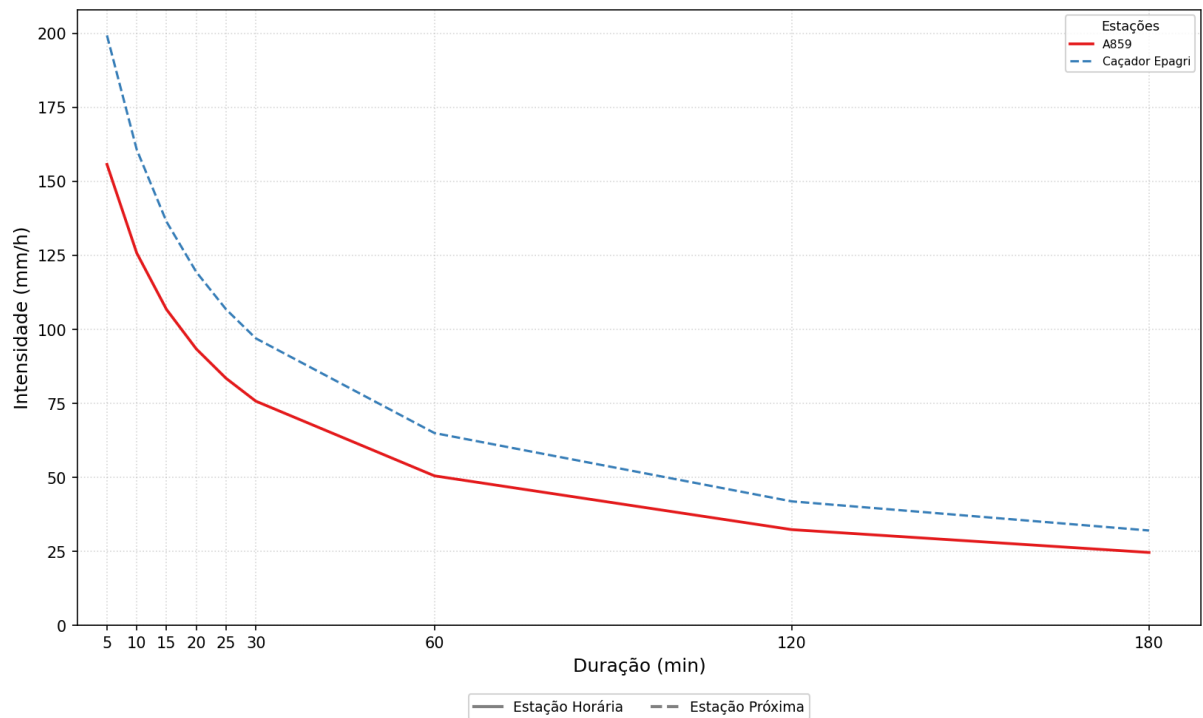


Figura 45 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A860
Curvas IDF | TR = 100 anos

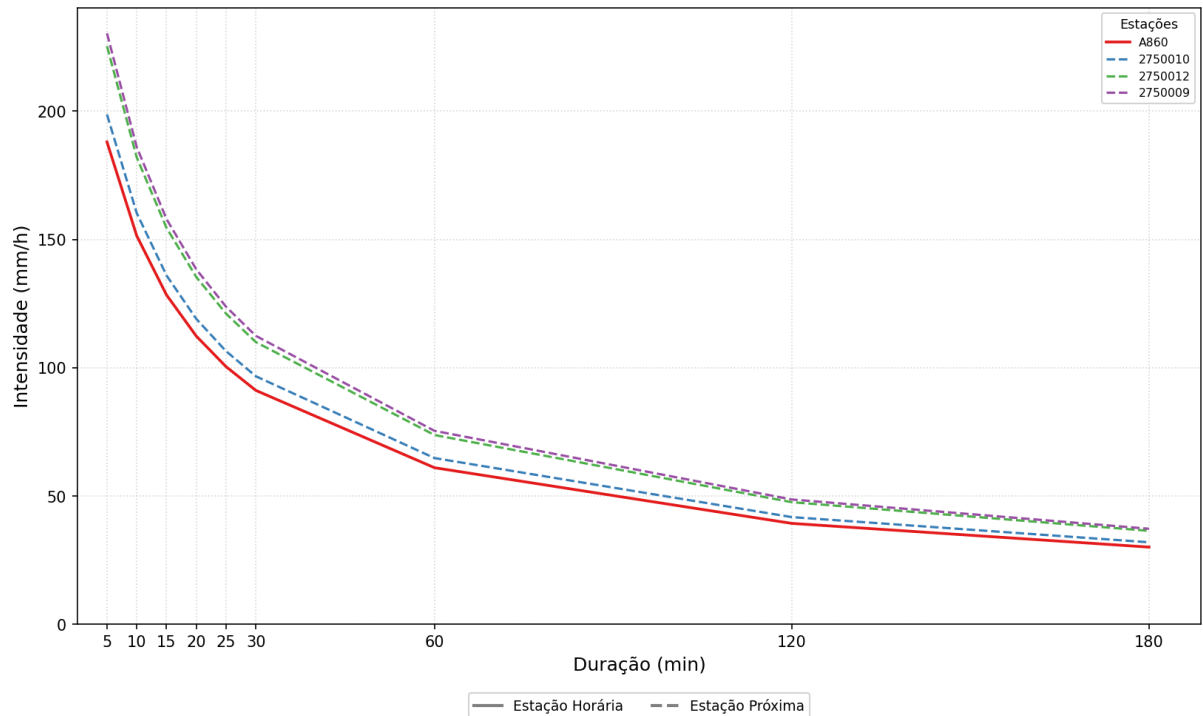


Figura 46 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A861
Curvas IDF | TR = 100 anos

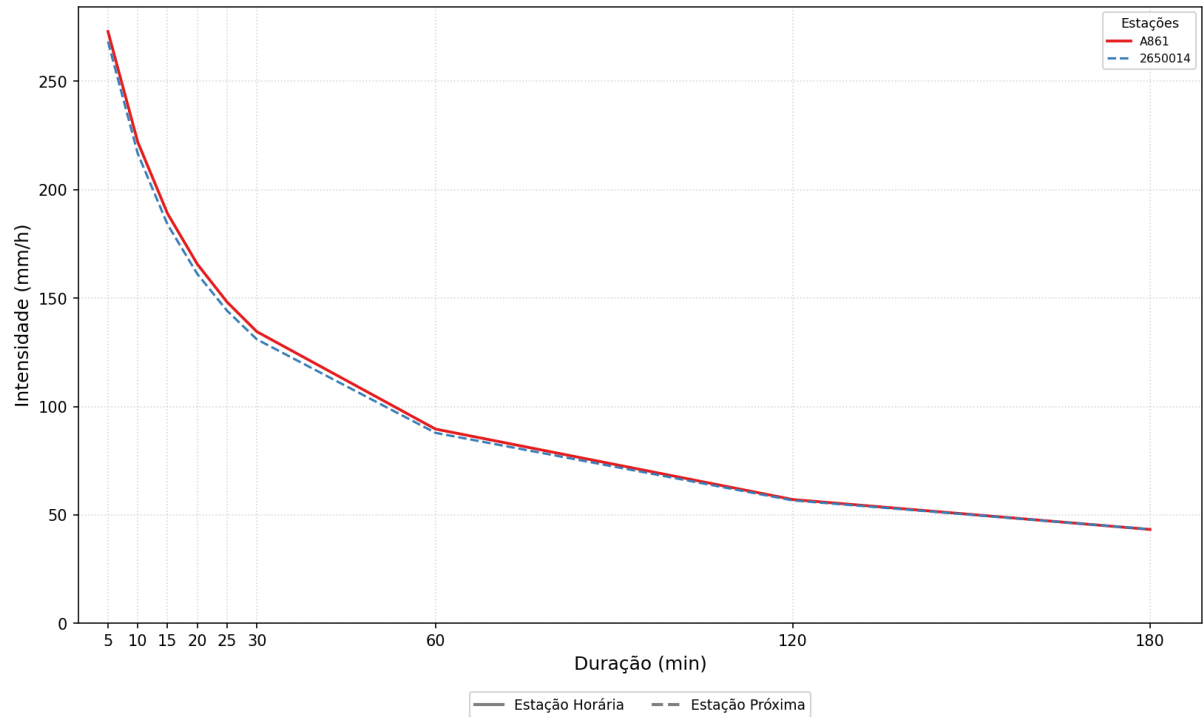


Figura 47 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A863
Curvas IDF | TR = 100 anos

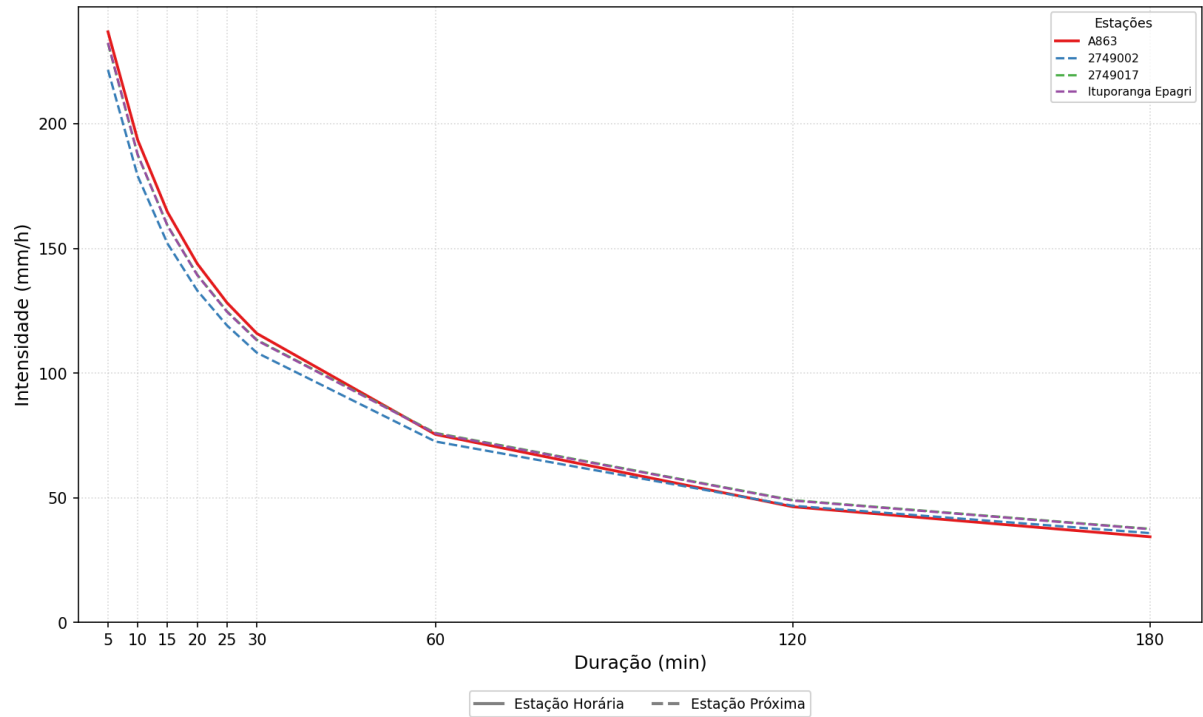


Figura 48 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A862
Curvas IDF | TR = 100 anos

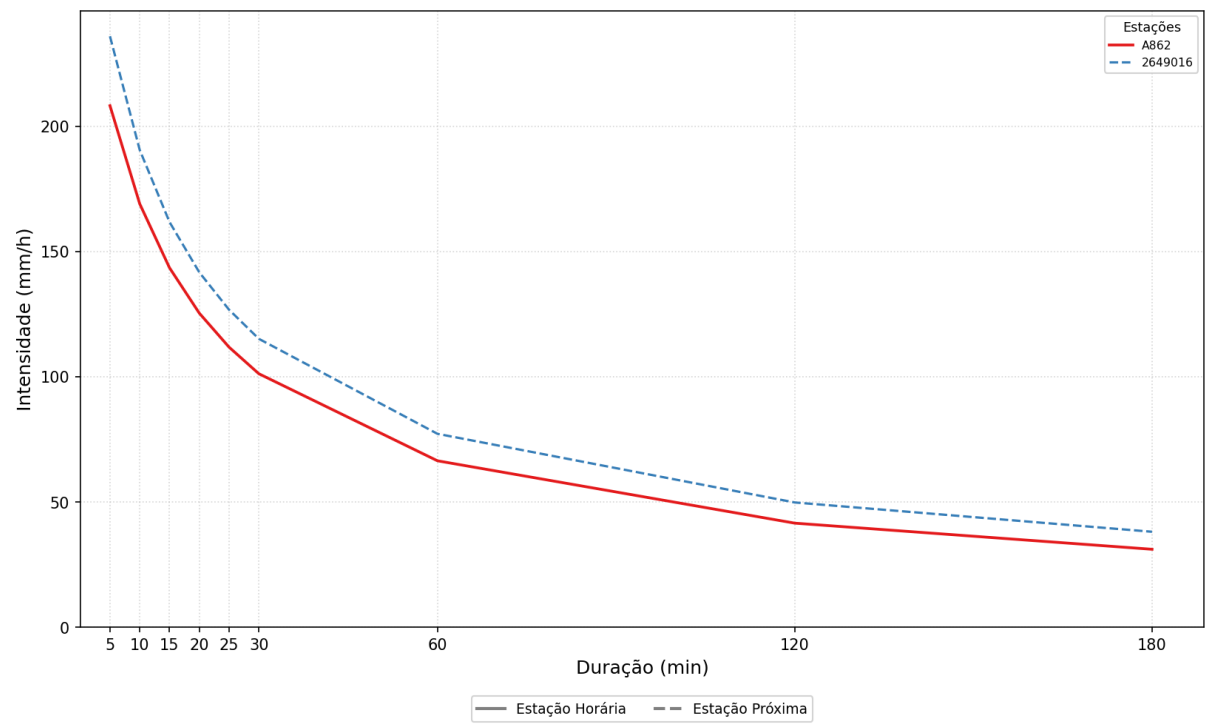


Figura 49 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A864
Curvas IDF | TR = 100 anos

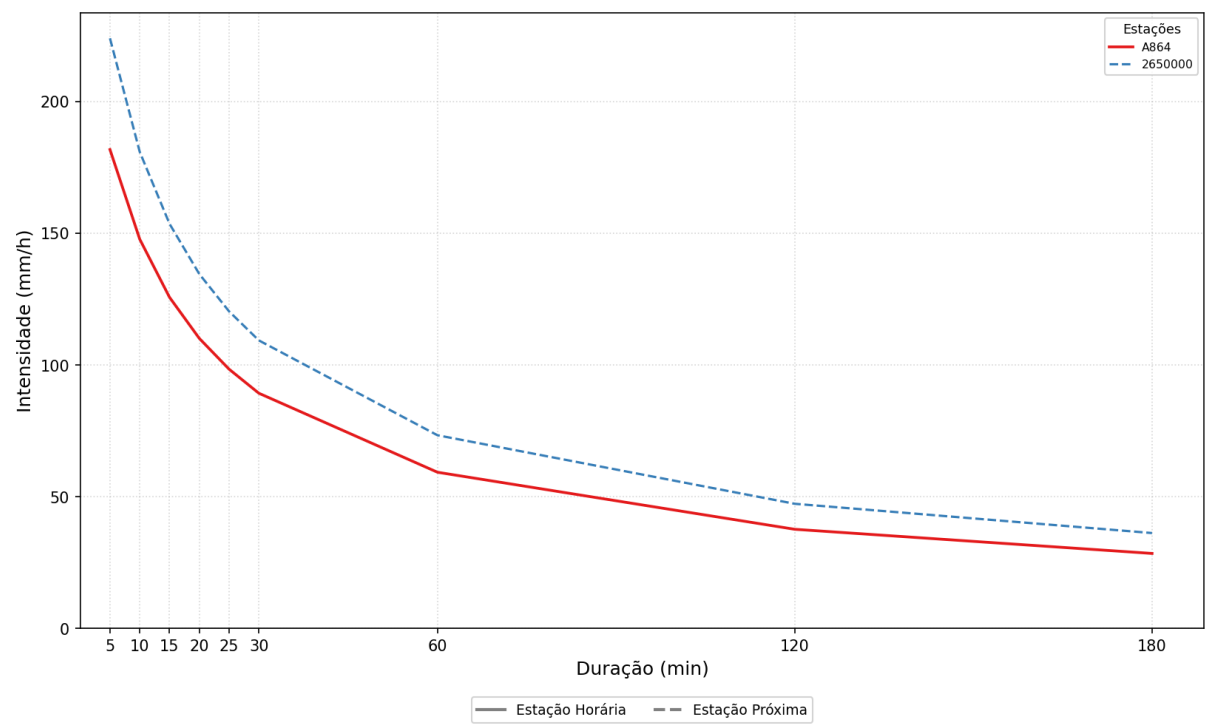


Figura 50 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A866
Curvas IDF | TR = 100 anos

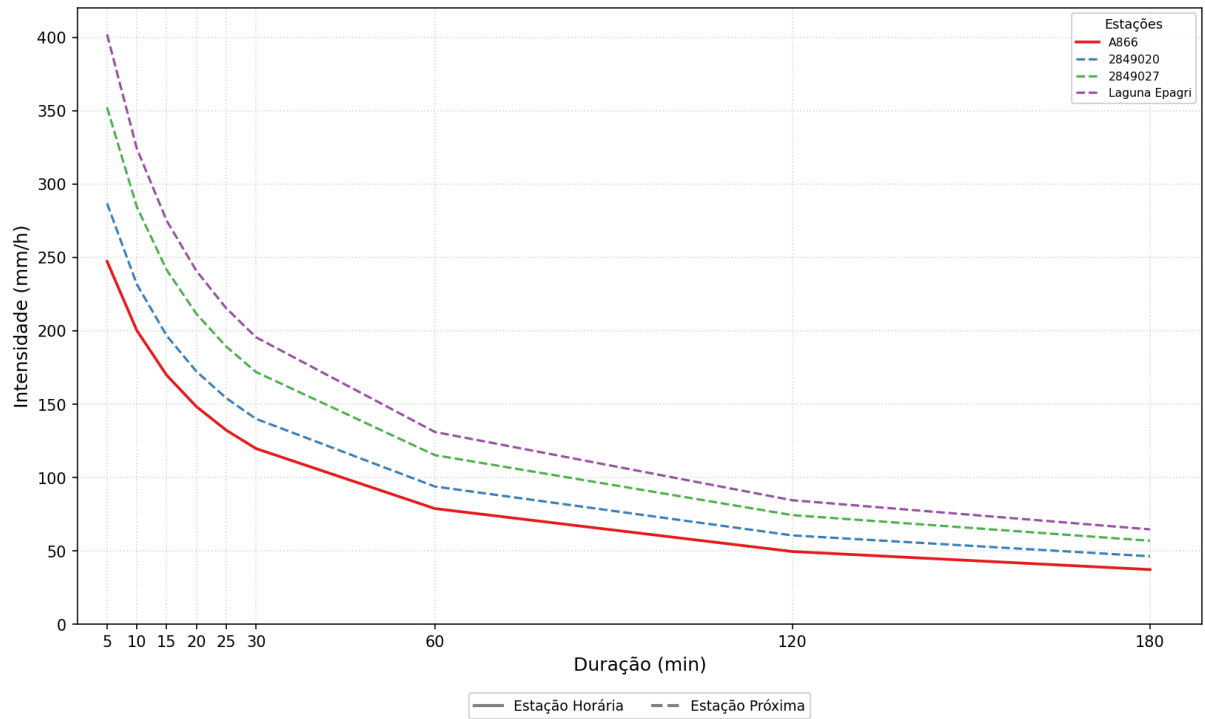


Figura 51 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação SBNF
Curvas IDF | TR = 100 anos

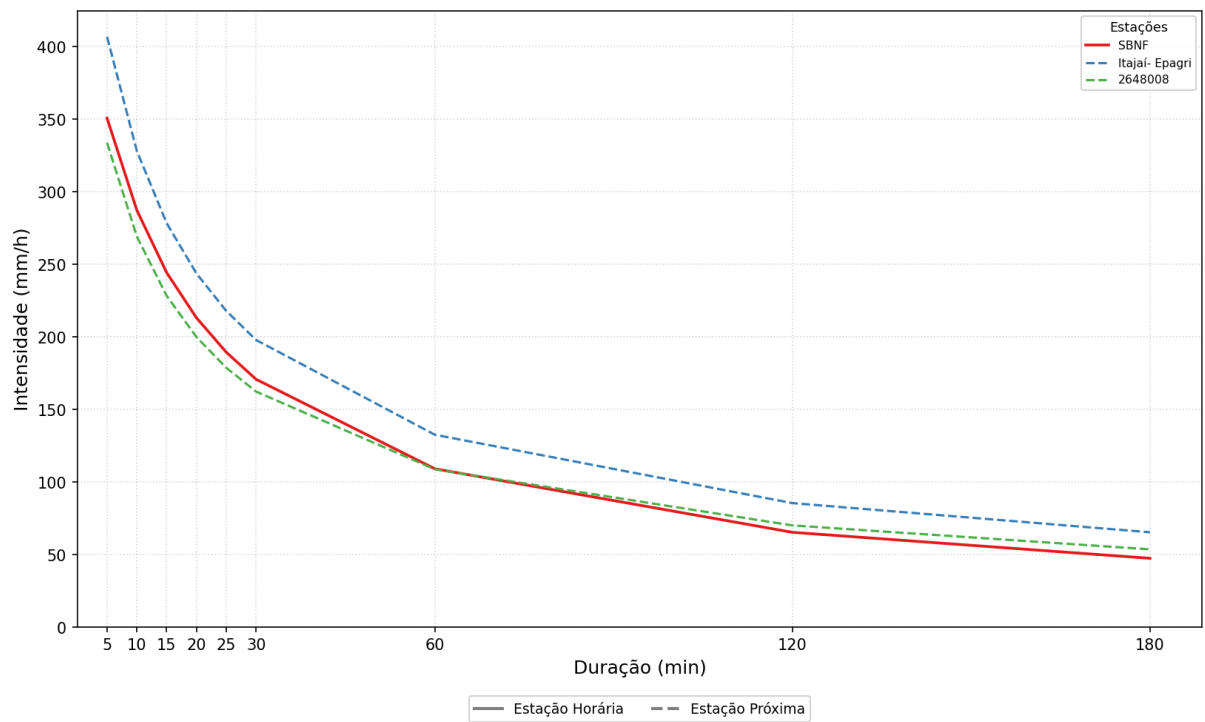


Figura 52 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A868
Curvas IDF | TR = 100 anos

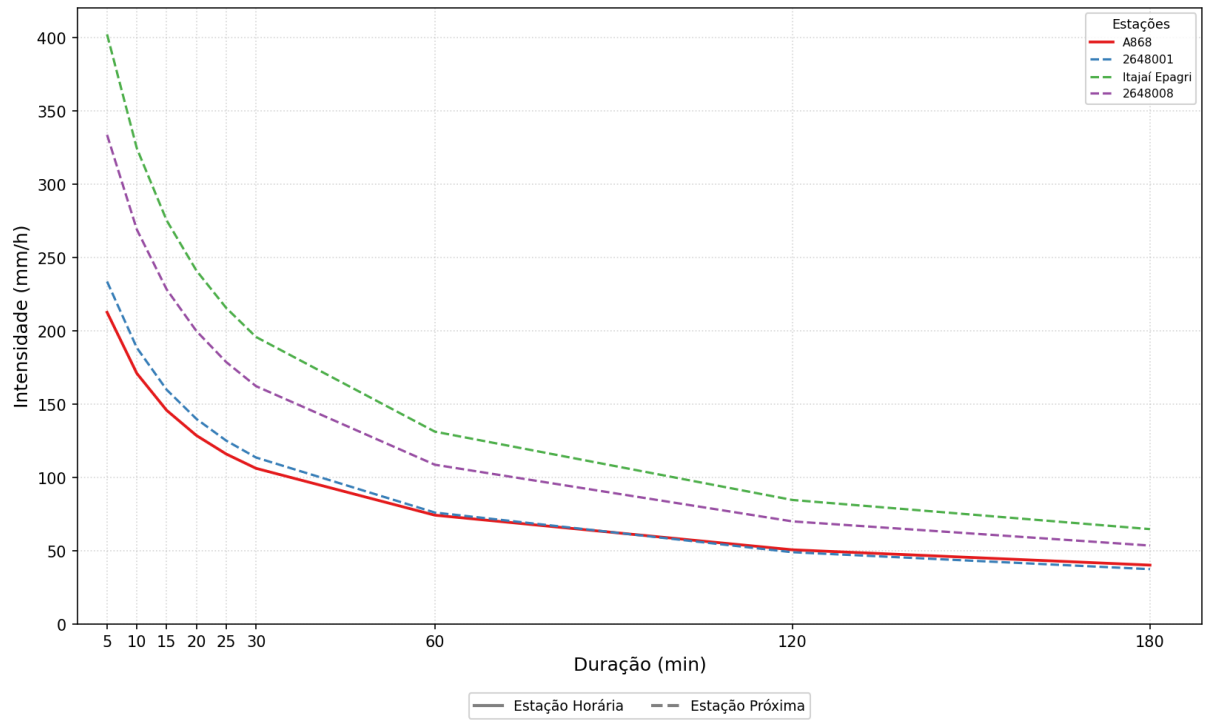
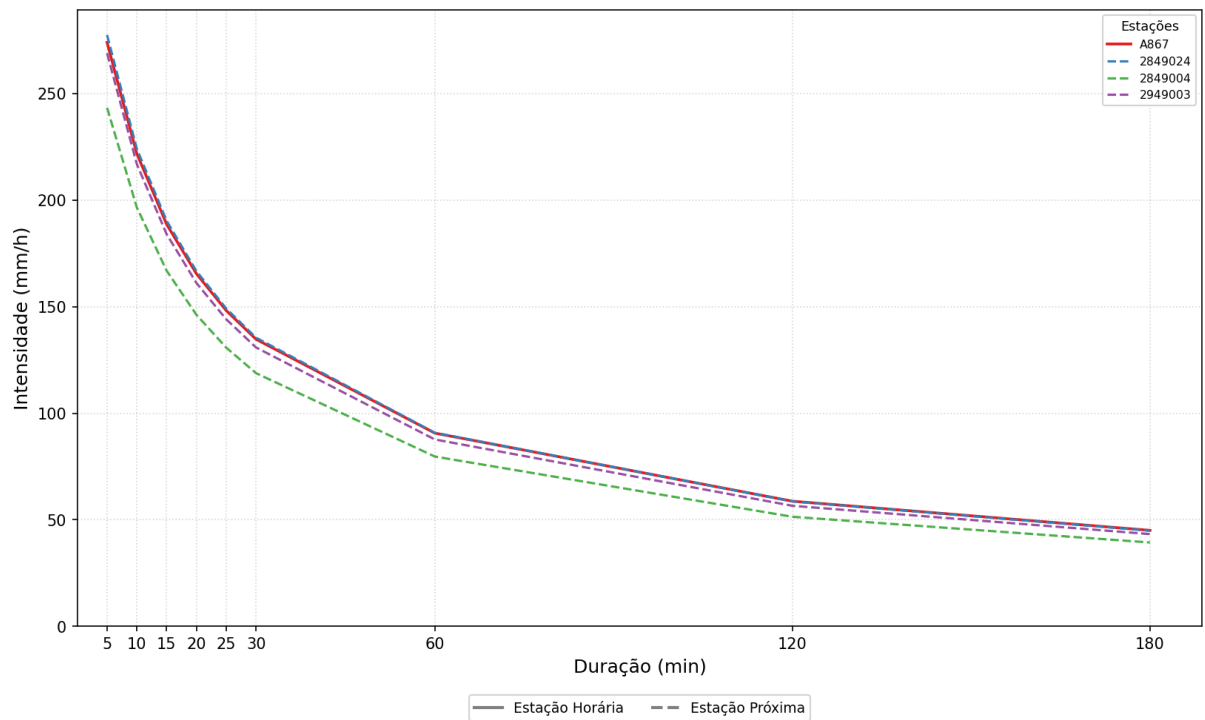


Figura 53 - Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A867
Curvas IDF | TR = 100 anos



Apêndice - E

Figura 54 - Equação IDF horária da estação A806 sem desagregação

A806 — Ajuste Mínimos Quadrados

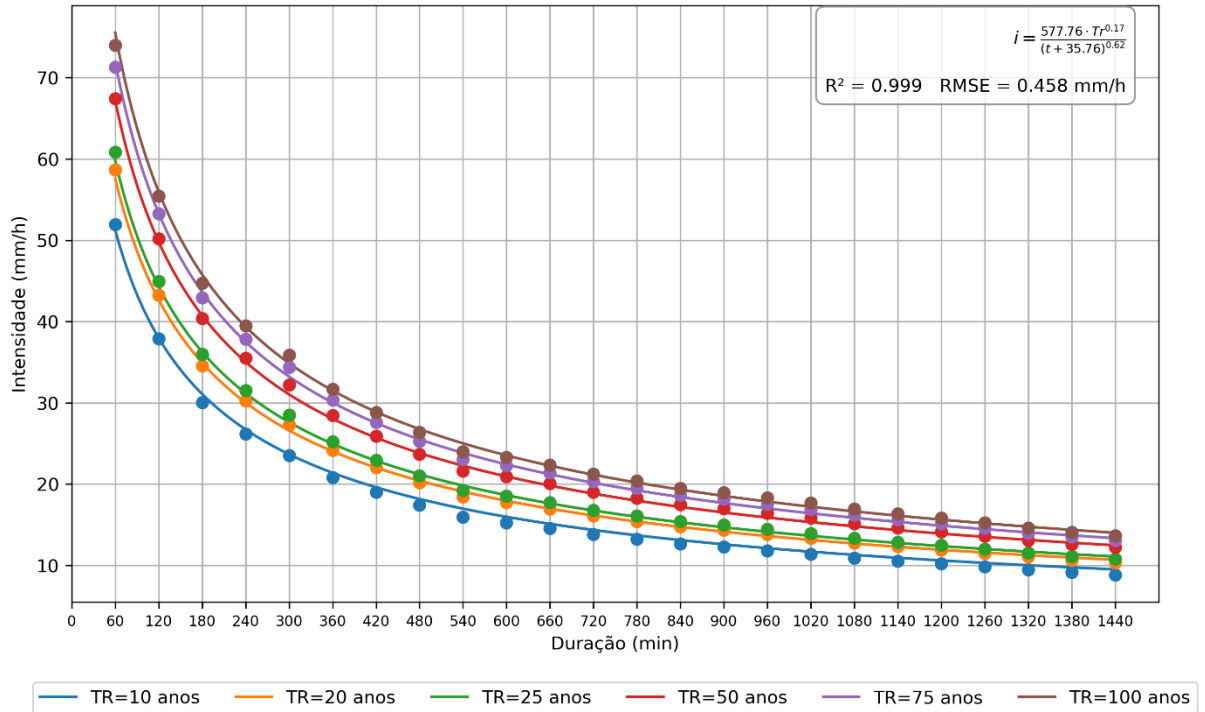


Figura 55 – Equação IDF horária da estação A814 sem desagregação

A814 — Ajuste Mínimos Quadrados

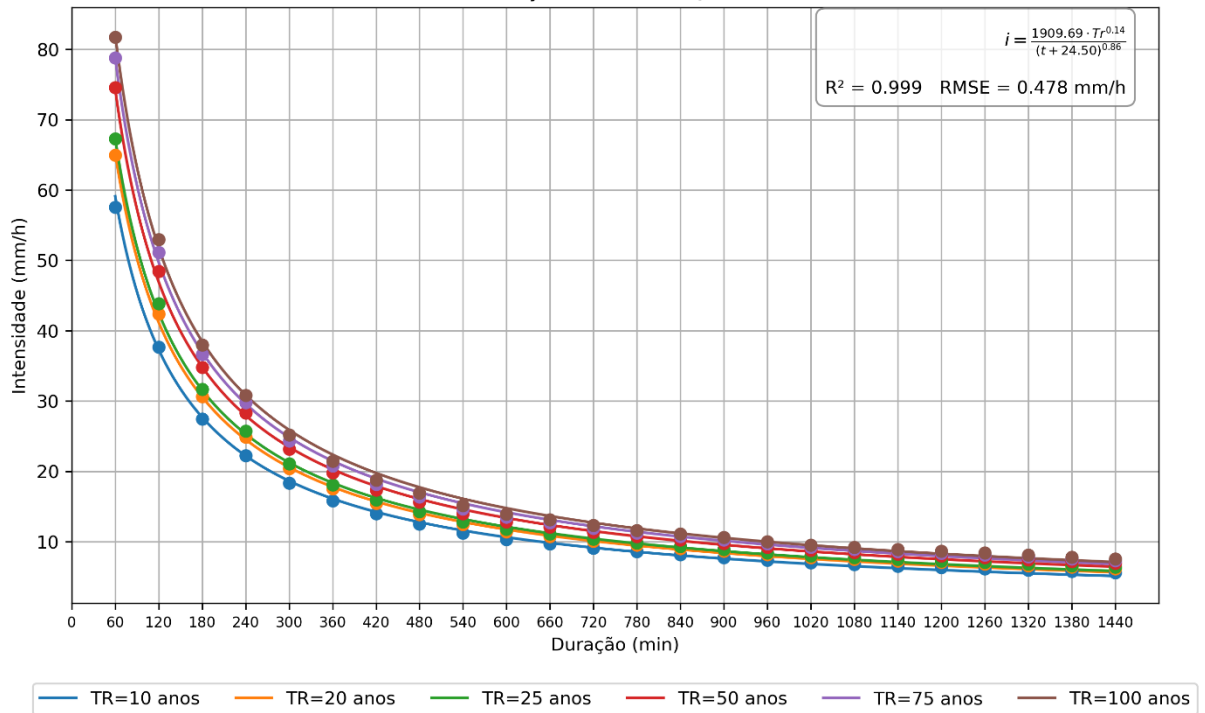


Figura 56 – Equação IDF horária da estação A815 sem desagregação
A815 — Ajuste Mínimos Quadrados

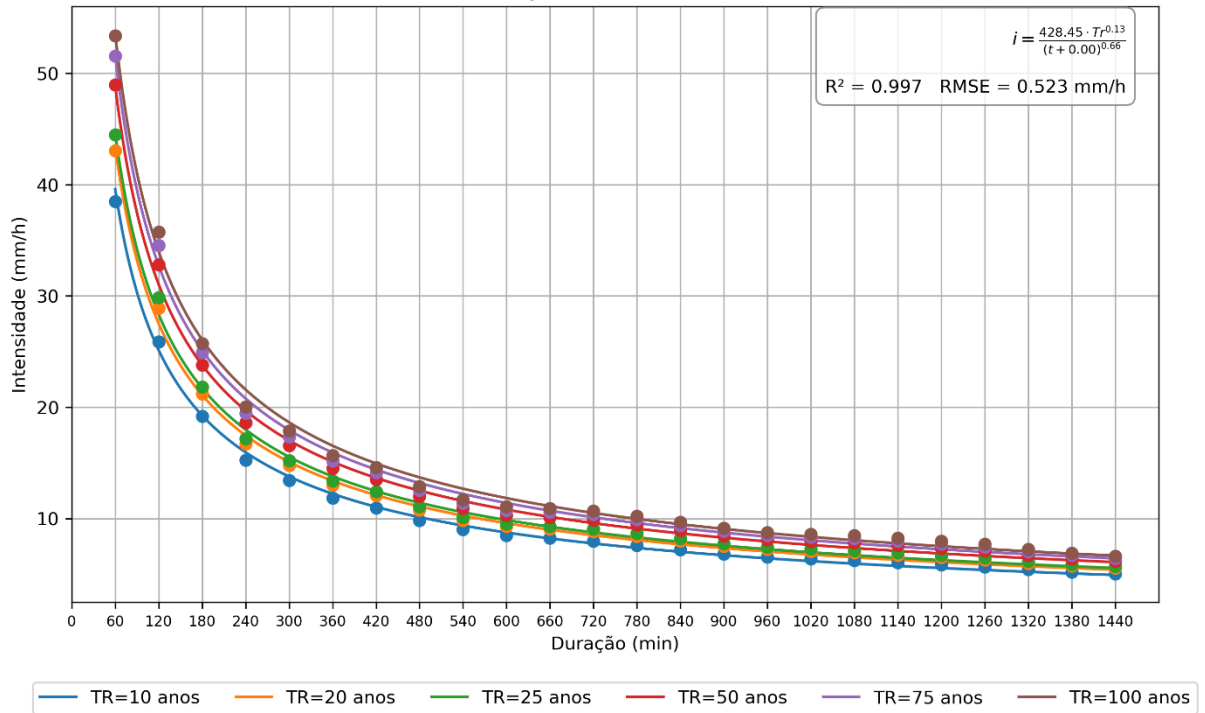


Figura 57 – Equação IDF horária da estação A816 sem desagregação
A816 — Ajuste Mínimos Quadrados

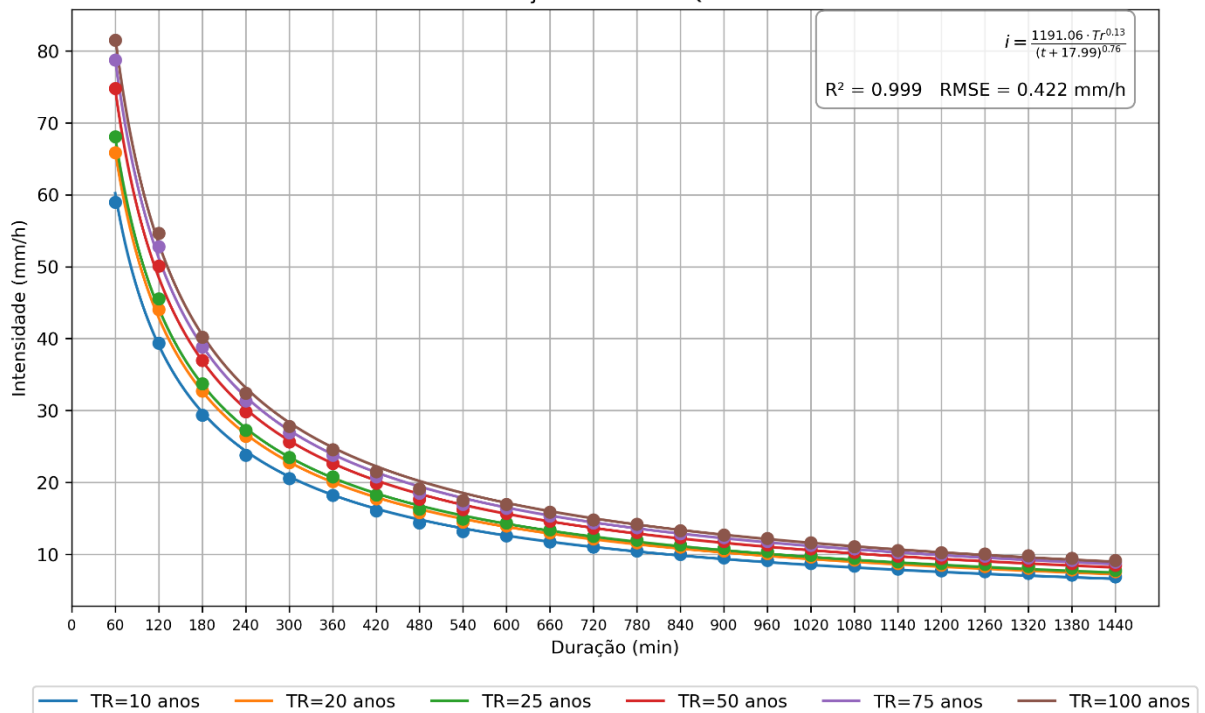


Figura 58 – Equação IDF horária da estação A817 sem desagregação
A817 — Ajuste Mínimos Quadrados

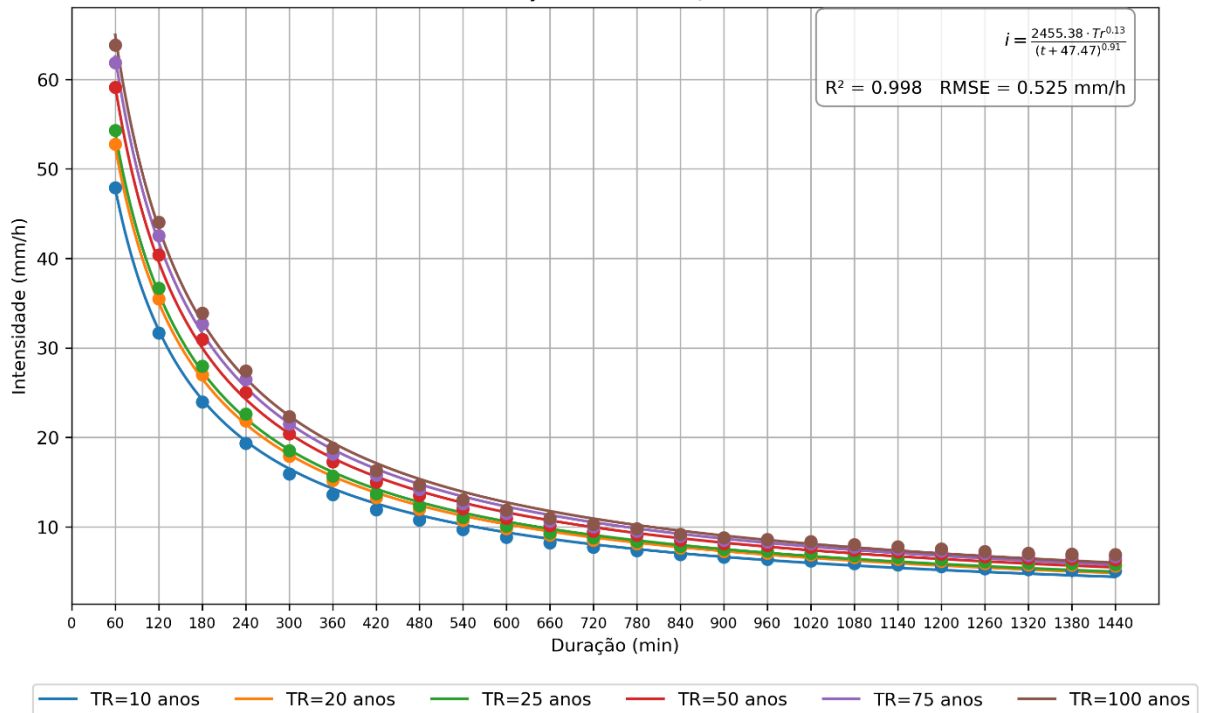


Figura 59 – Equação IDF horária da estação A841 sem desagregação
A841 — Ajuste Mínimos Quadrados

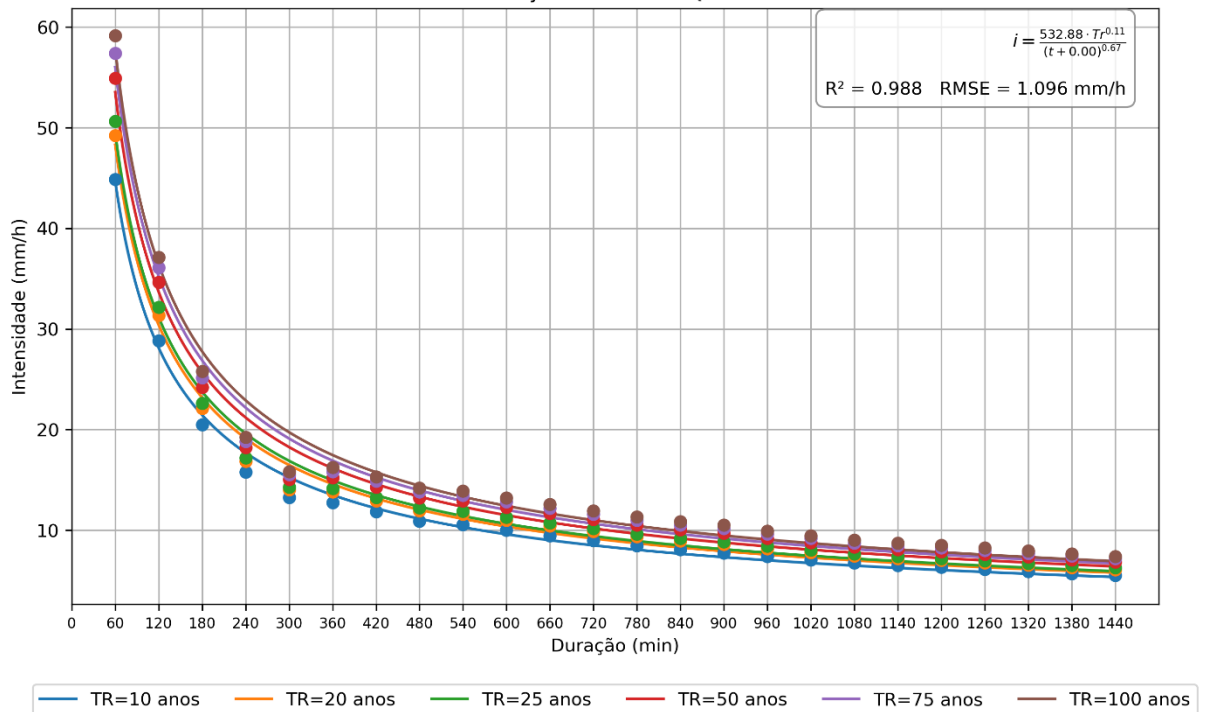


Figura 60 – Equação IDF horária da estação A845 sem desagregação
A845 — Ajuste Mínimos Quadrados

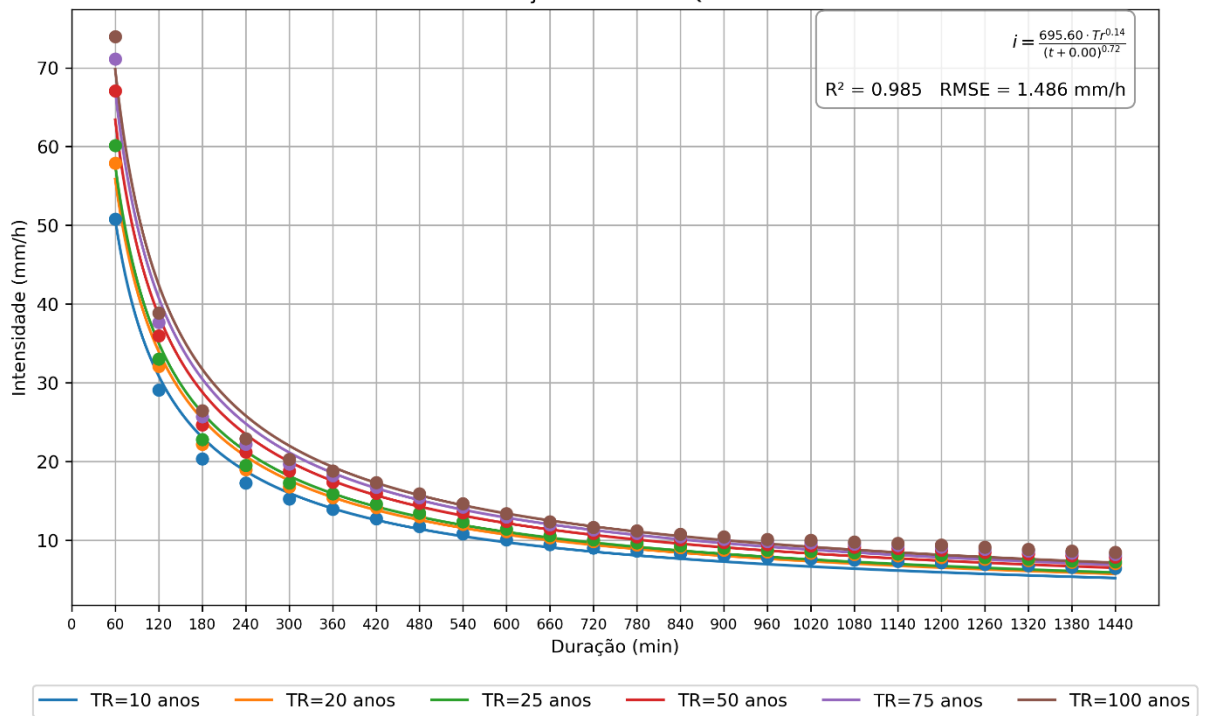


Figura 61 – Equação IDF horária da estação A848 sem desagregação
A848 — Ajuste Mínimos Quadrados

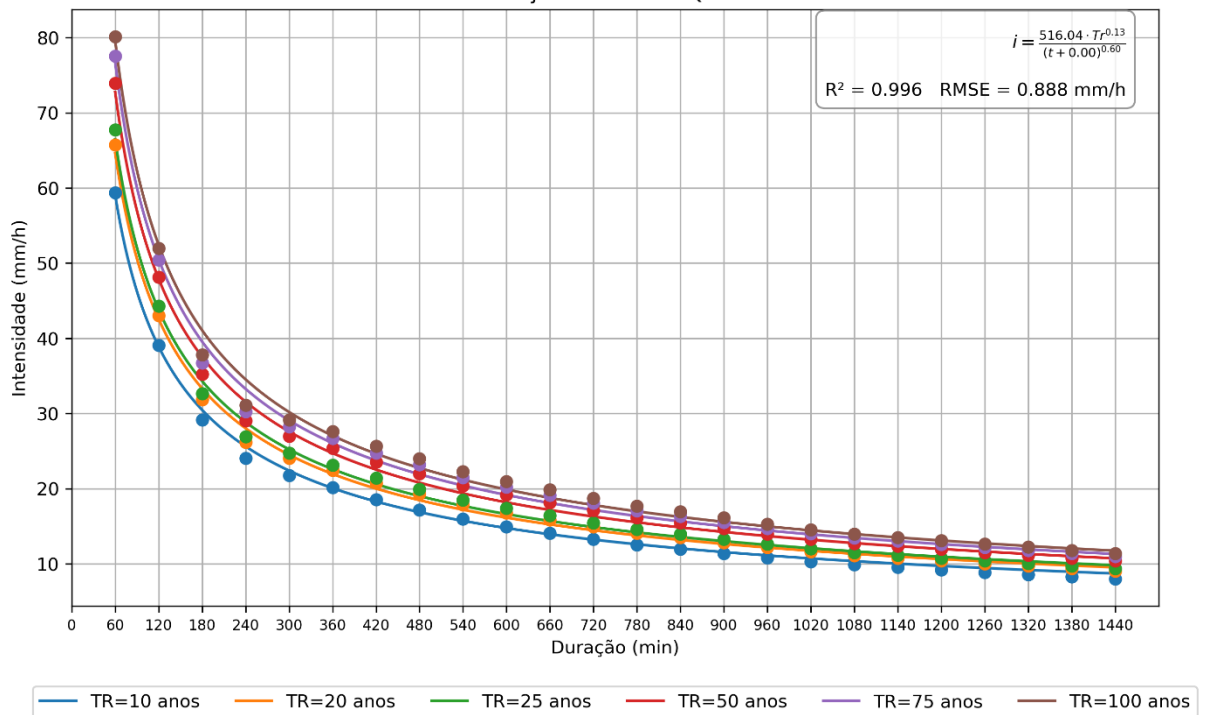


Figura 62 – Equação IDF horária da estação A851 sem desagregação
A851 — Ajuste Mínimos Quadrados

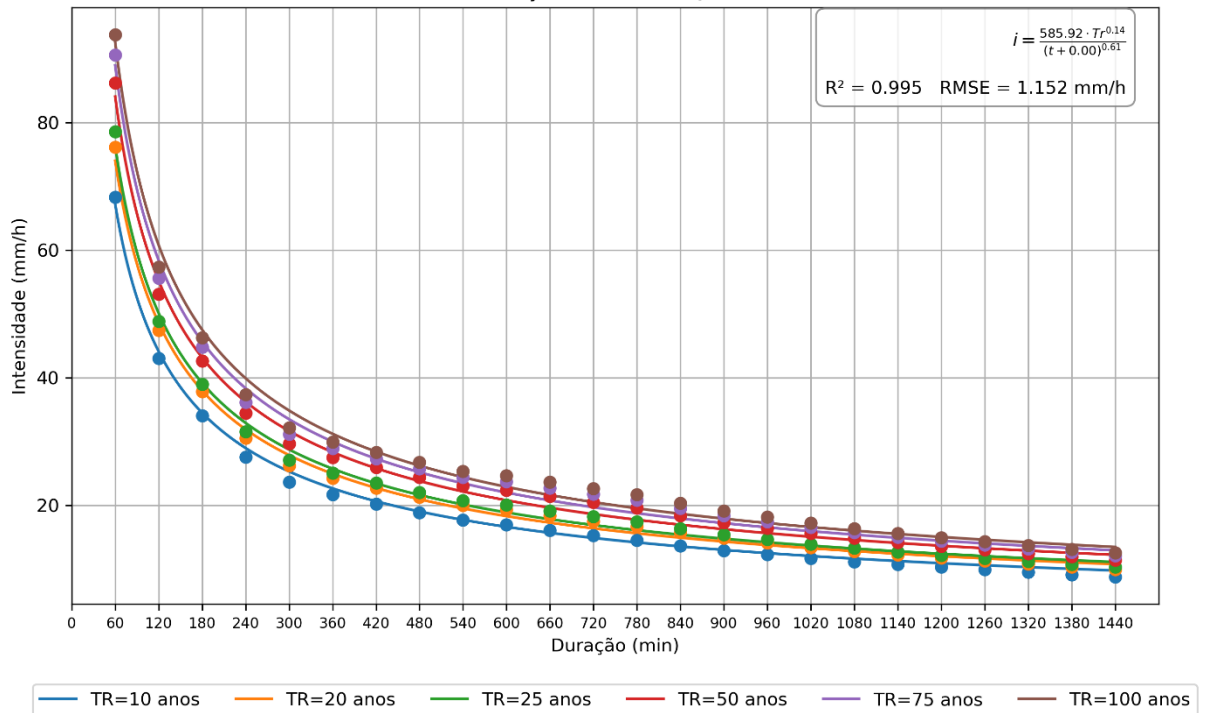


Figura 63 – Equação IDF horária da estação A857 sem desagregação
A857 — Ajuste Mínimos Quadrados

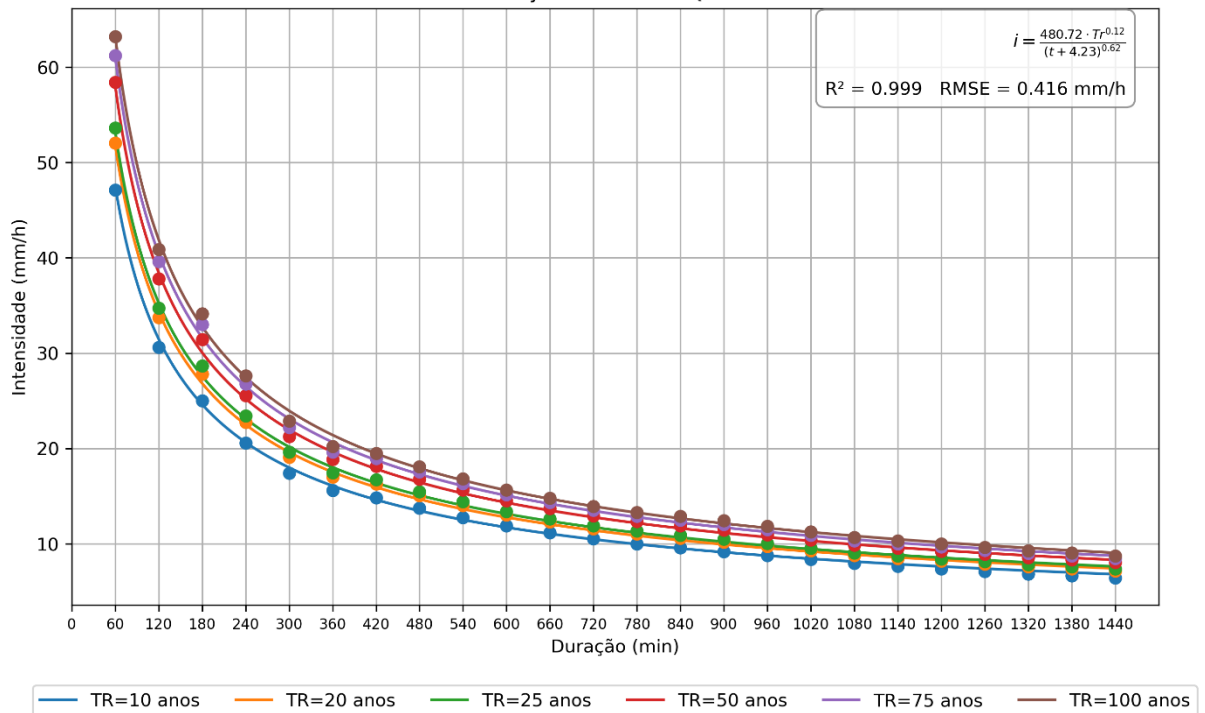


Figura 64 – Equação IDF horária da estação A858 sem desagregação

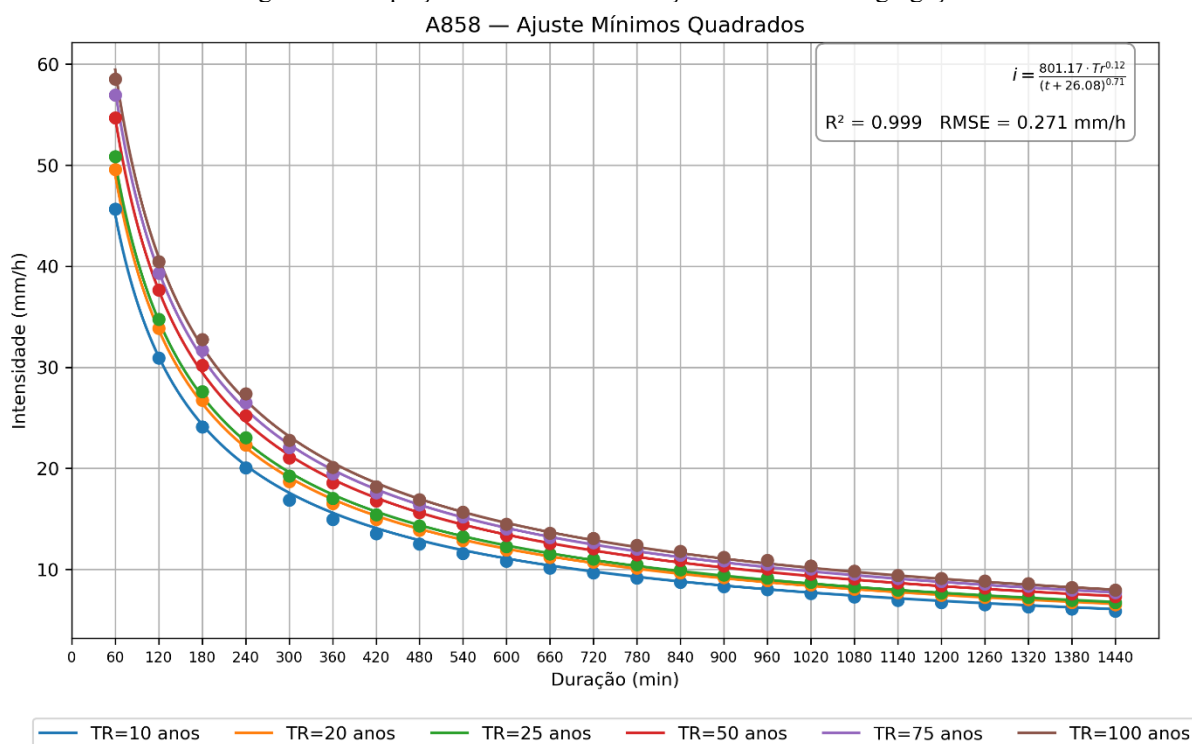


Figura 65 – Equação IDF horária da estação A859 sem desagregação

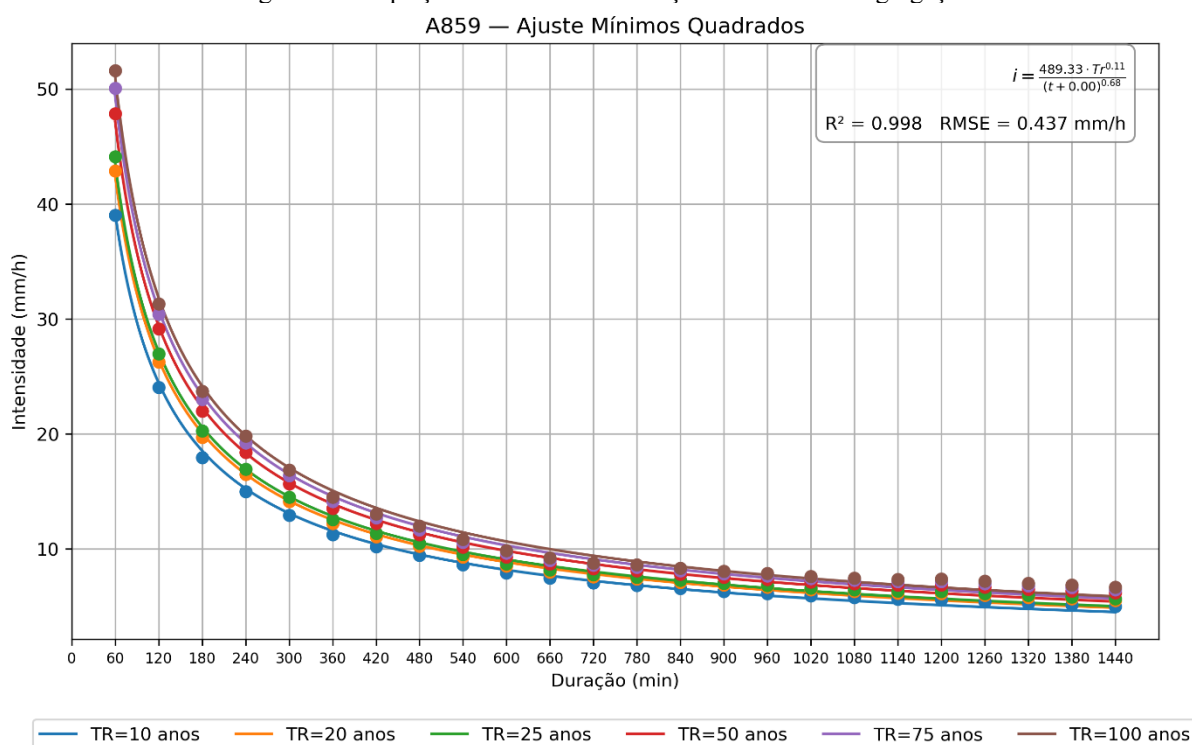


Figura 66 – Equação IDF horária da estação A860 sem desagregação
A860 — Ajuste Mínimos Quadrados

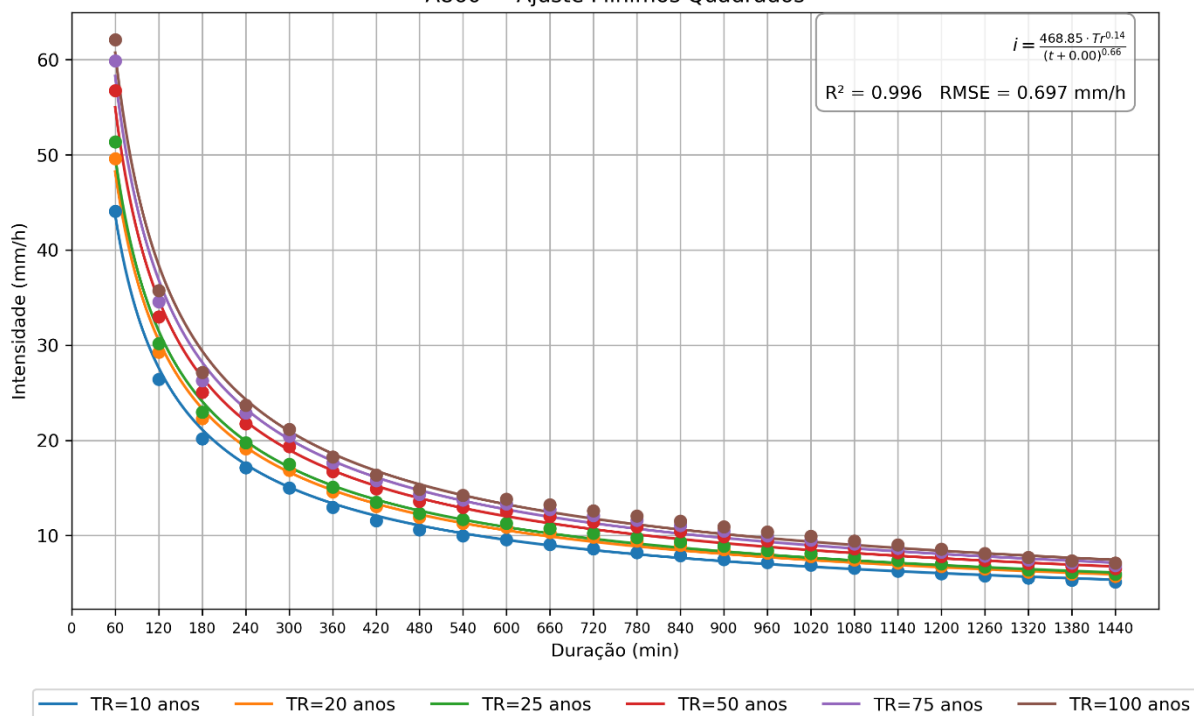


Figura 67 – Equação IDF horária da estação A861 sem desagregação
A861 — Ajuste Mínimos Quadrados

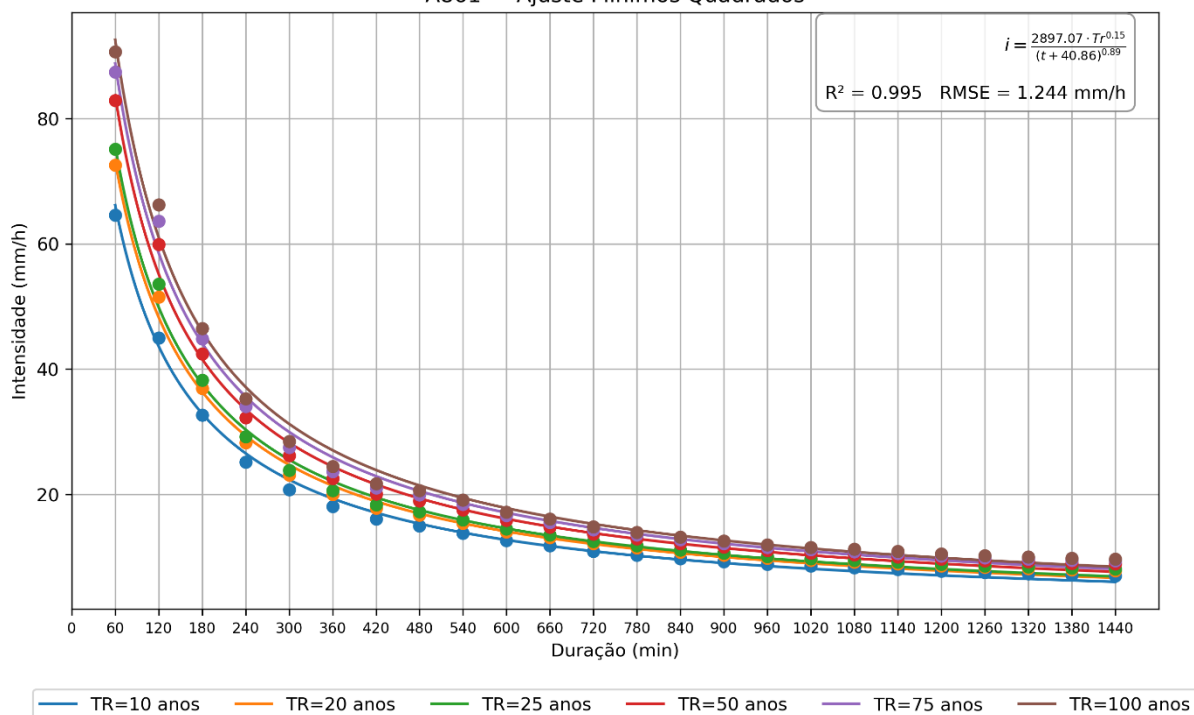


Figura 68 – Equação IDF horária da estação A862 sem desagregação

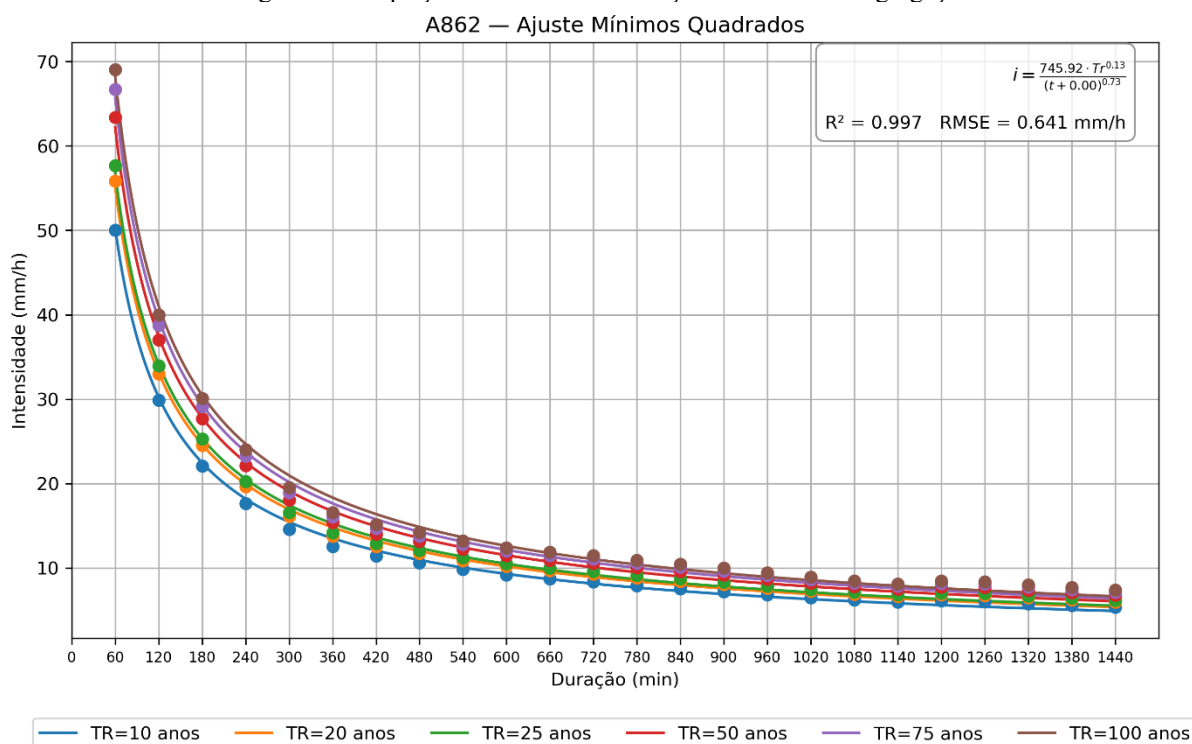


Figura 69 – Equação IDF horária da estação A863 sem desagregação

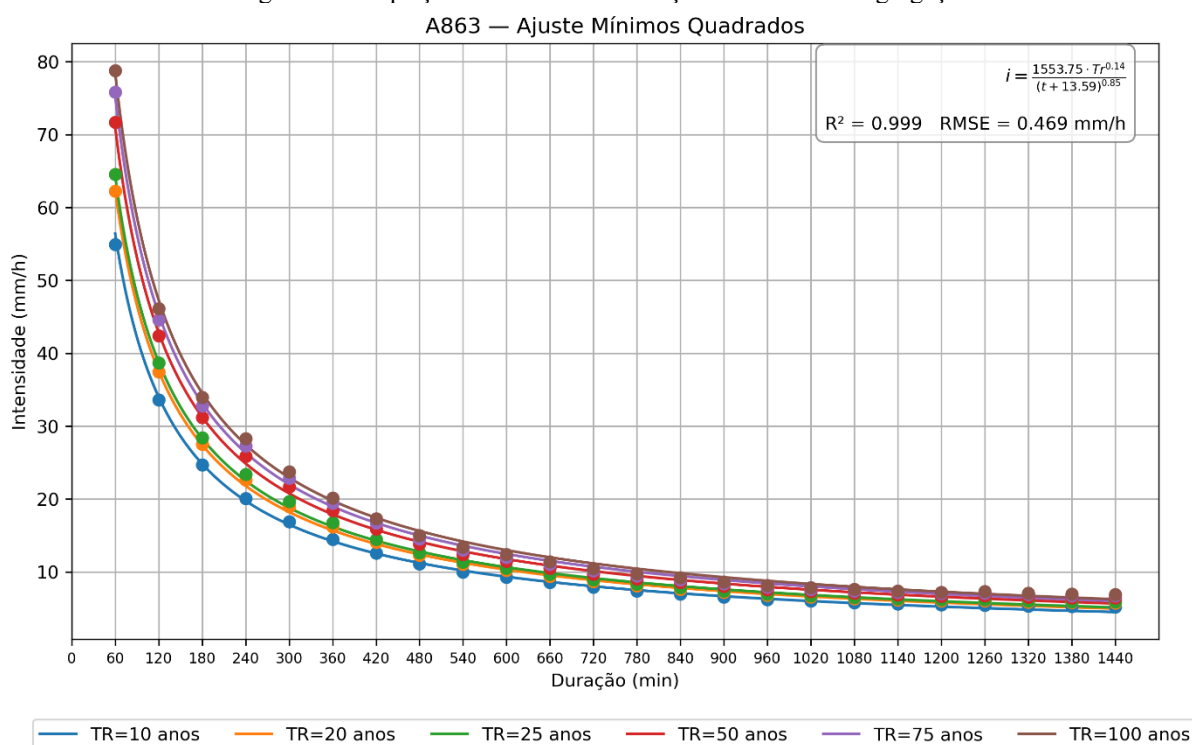


Figura 70 – Equação IDF horária da estação A864 sem desagregação
A864 — Ajuste Mínimos Quadrados

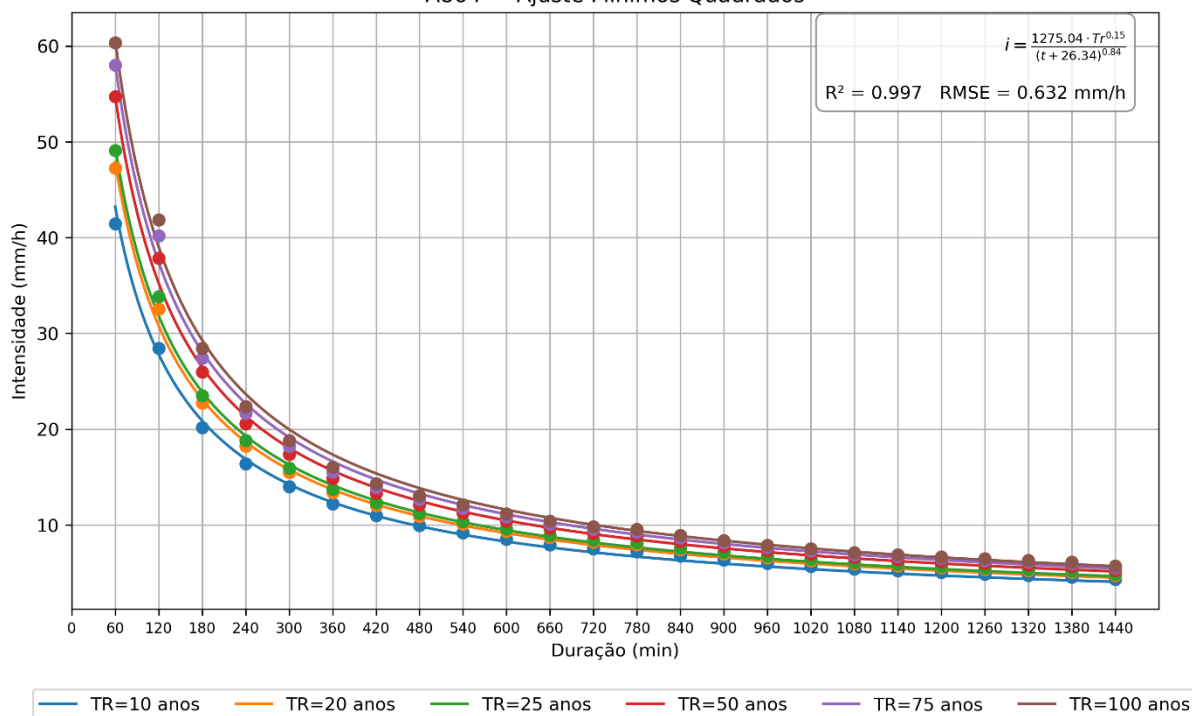


Figura 71 – Equação IDF horária da estação A866 sem desagregação
A866 — Ajuste Mínimos Quadrados

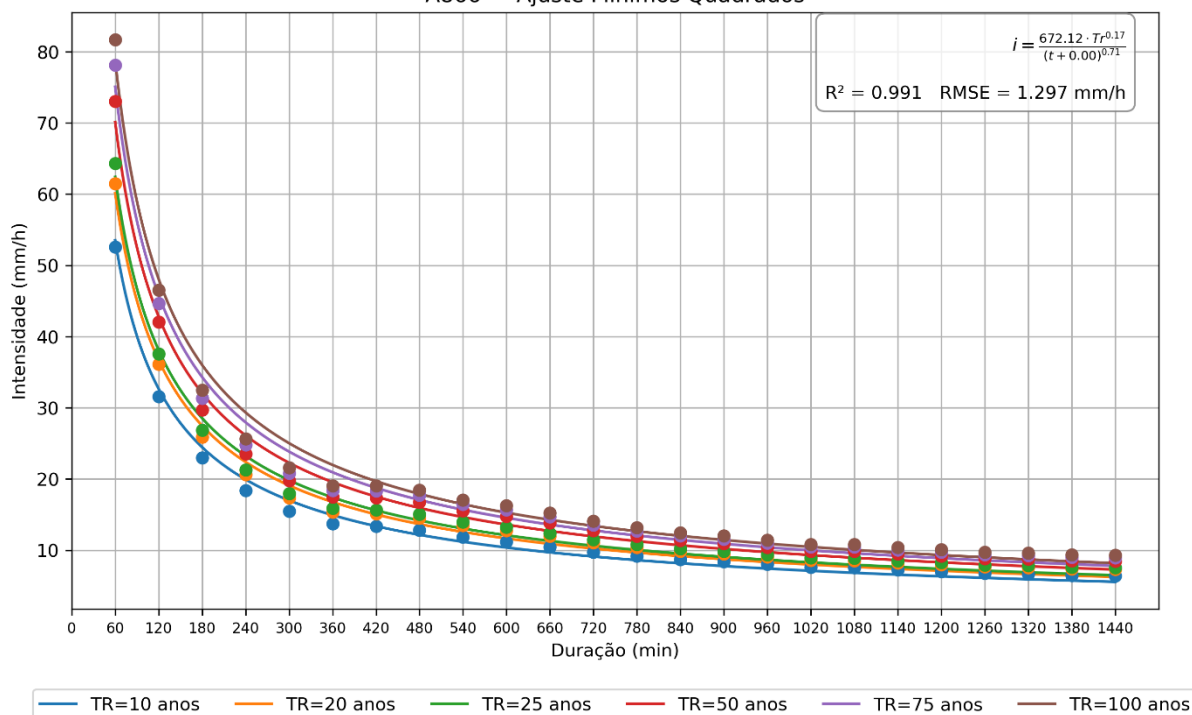


Figura 72 – Equação IDF horária da estação A867 sem desagregação

A867 — Ajuste Mínimos Quadrados

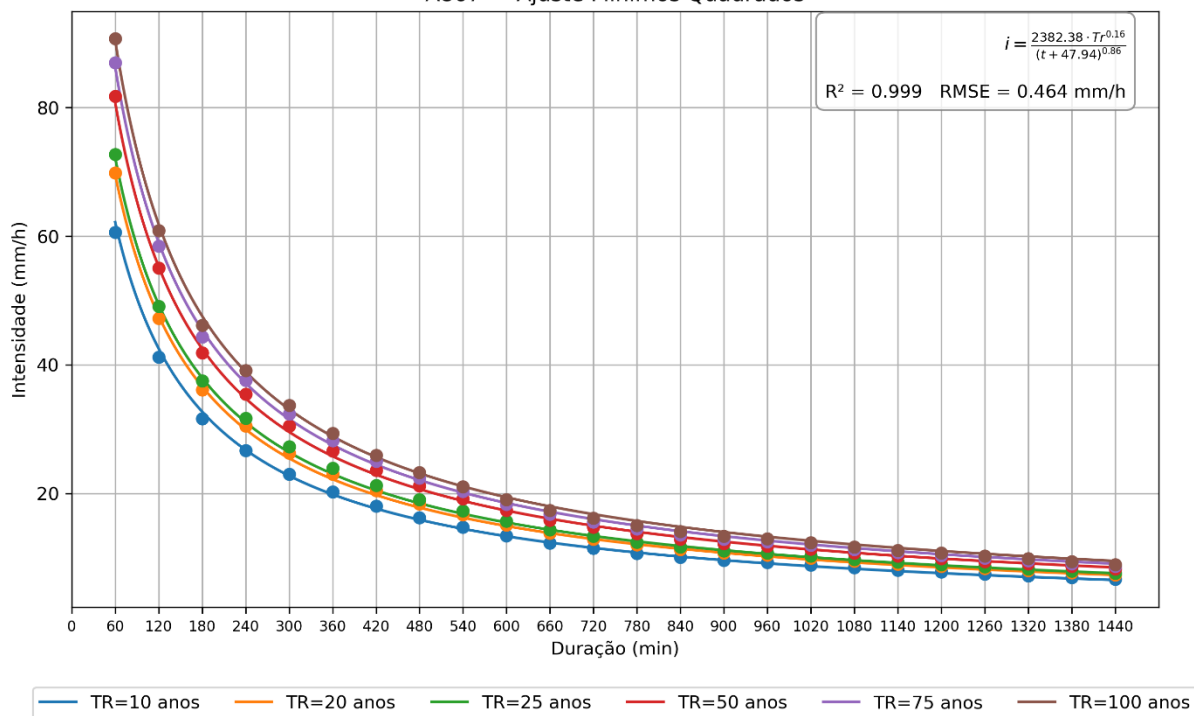


Figura 73 – Equação IDF horária da estação A868 sem desagregação

A868 — Ajuste Mínimos Quadrados

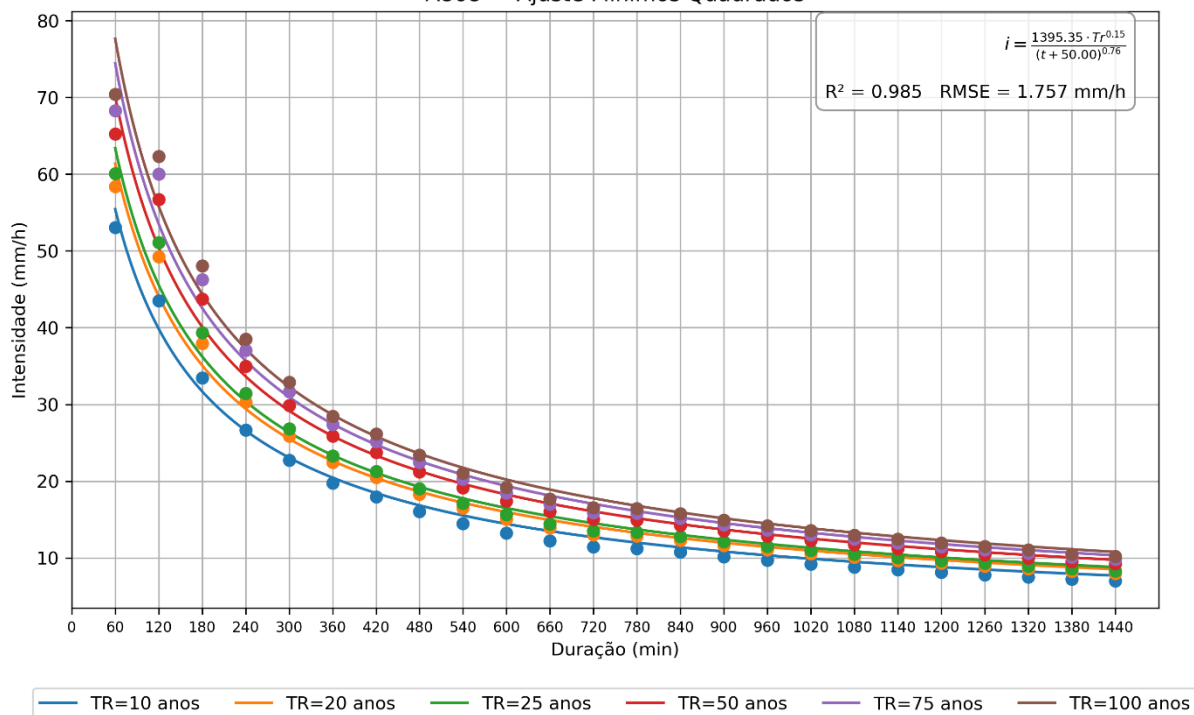


Figura 74 – Equação IDF horária da estação SBFL sem desagregação
SBFL — Ajuste Mínimos Quadrados

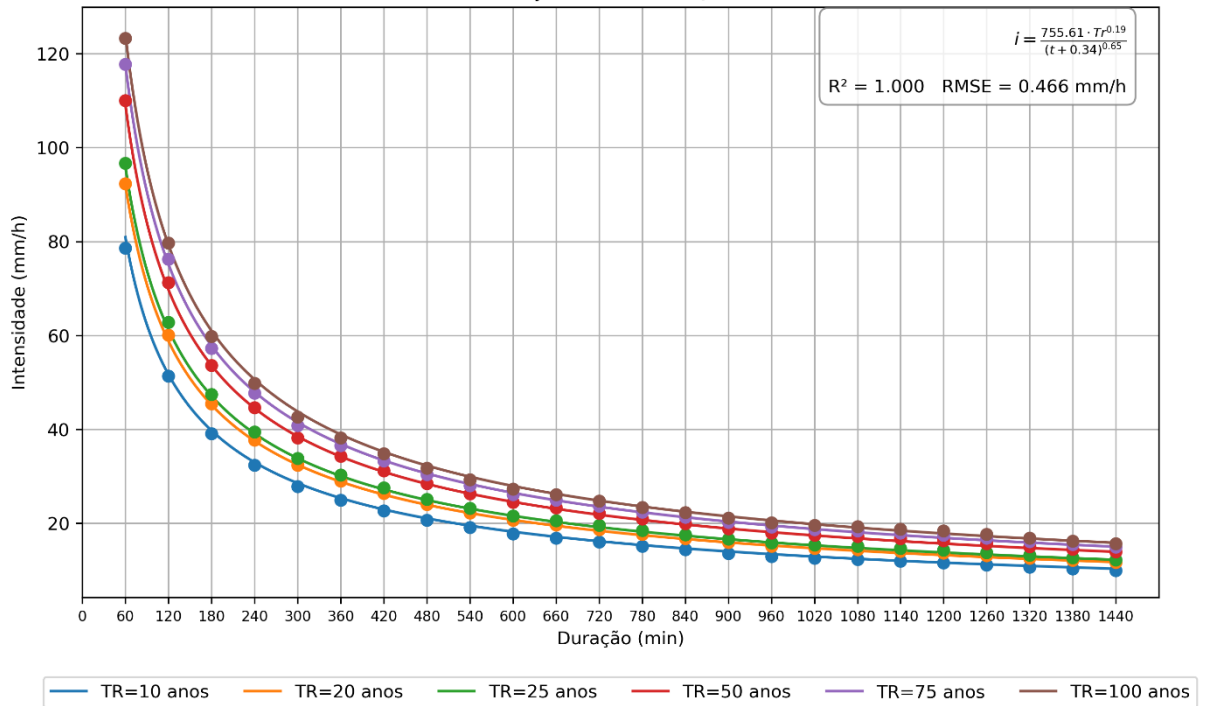


Figura 75 – Equação IDF horária da estação SBJV sem desagregação
SBJV — Ajuste Mínimos Quadrados

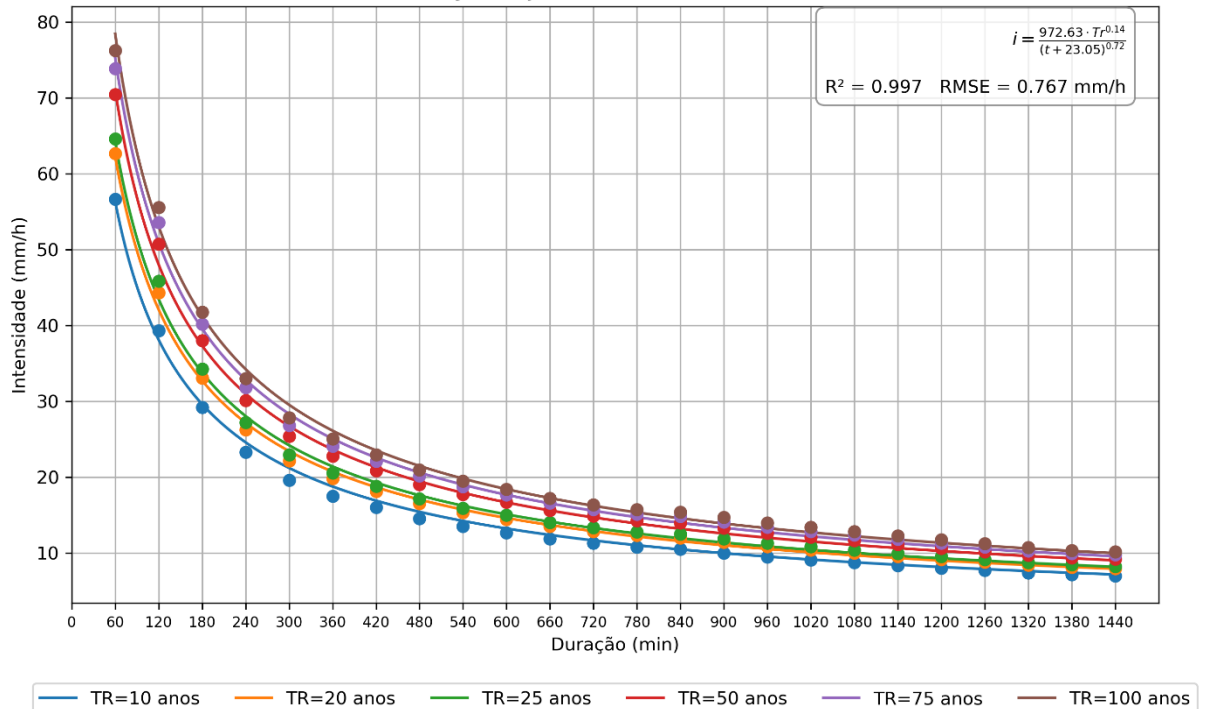
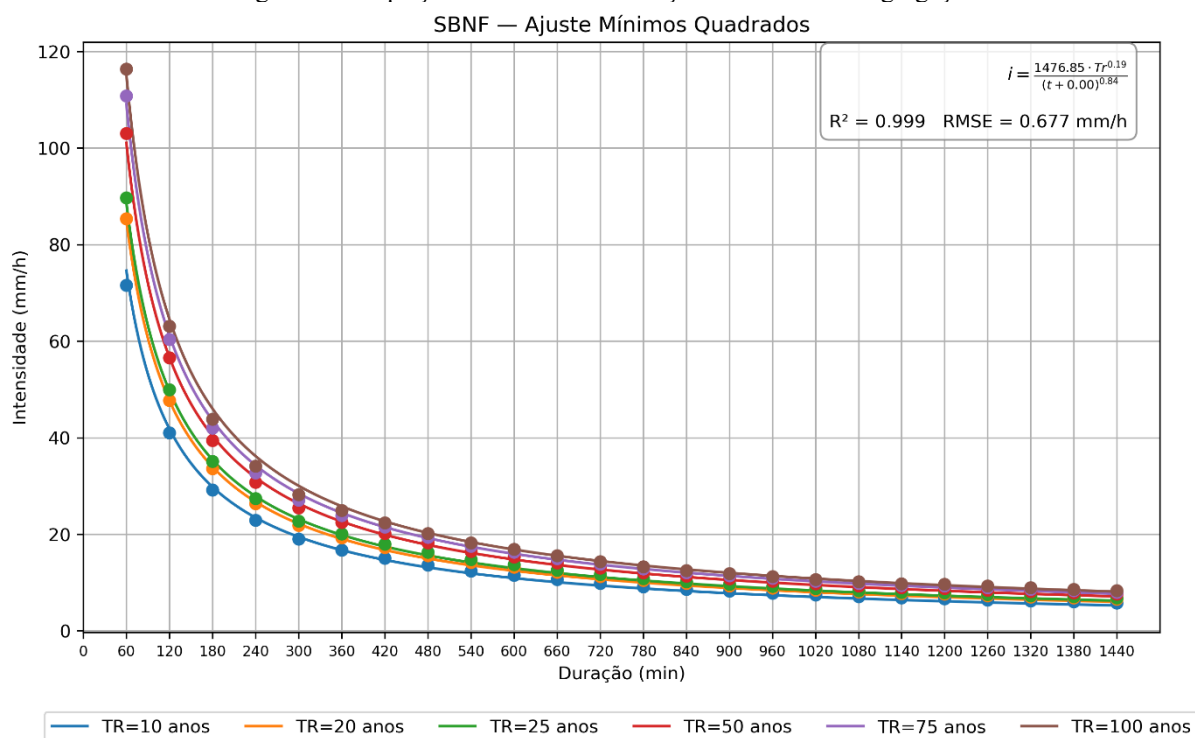


Figura 76 – Equação IDF horária da estação SBNF sem desagregação



Apêndice - F

Figura 77 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A814 sem desagregação
Curvas IDF | TR = 100 anos

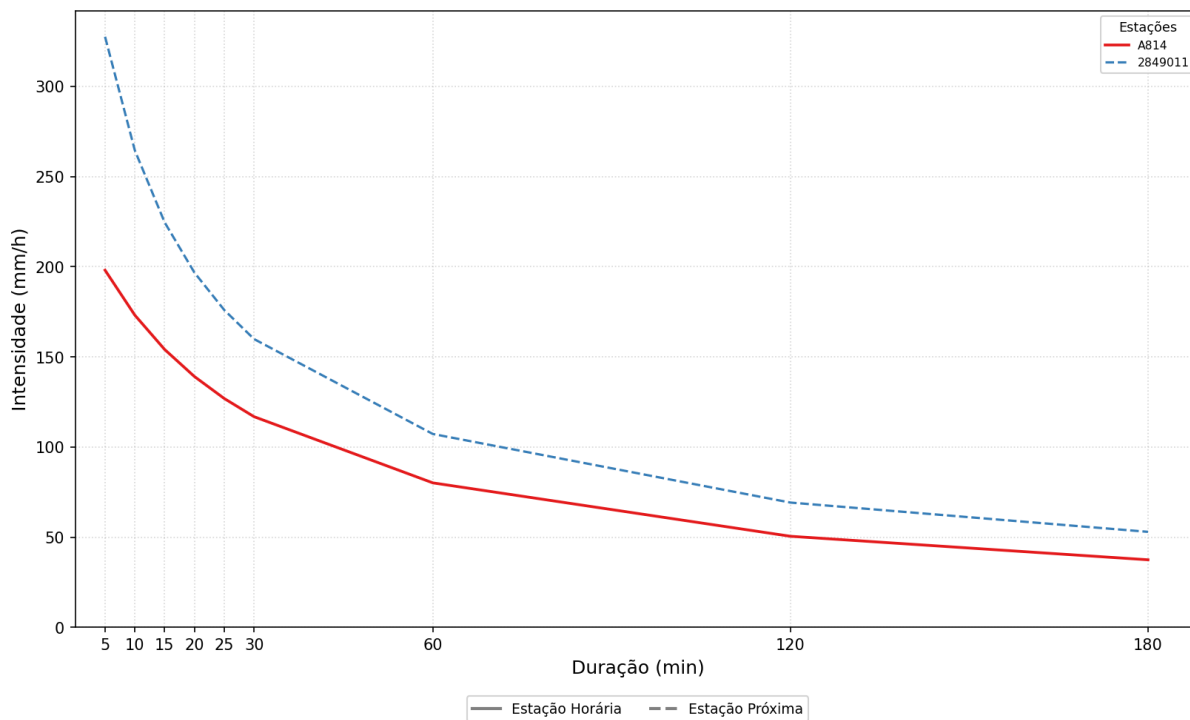


Figura 78 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A815 sem desagregação
Curvas IDF | TR = 100 anos

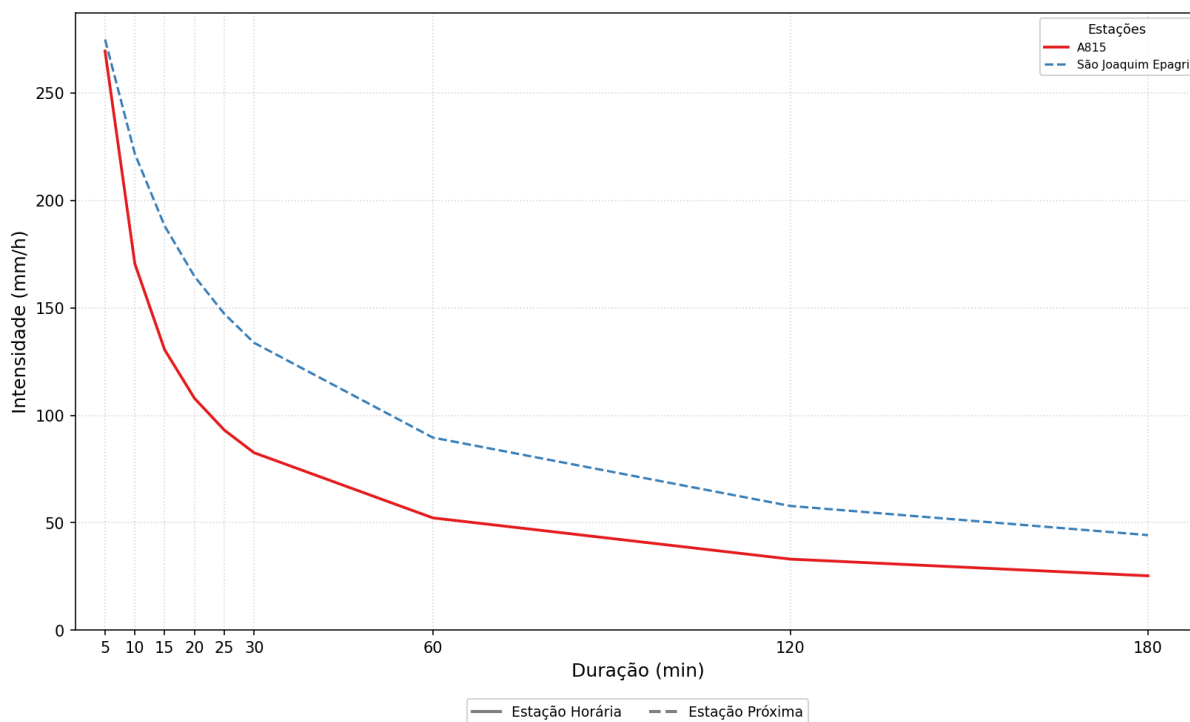


Figura 79 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A816 sem desagregação

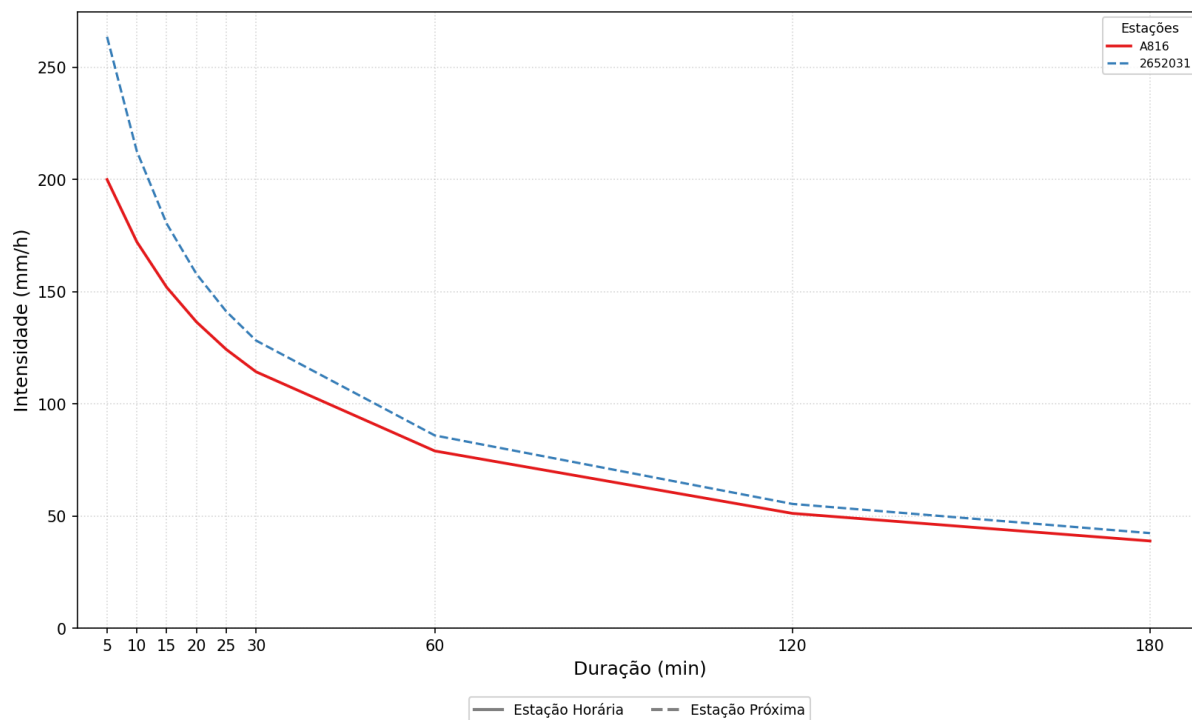
Curvas IDF | TR = 100 anos

Figura 80 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A817 sem desagregação

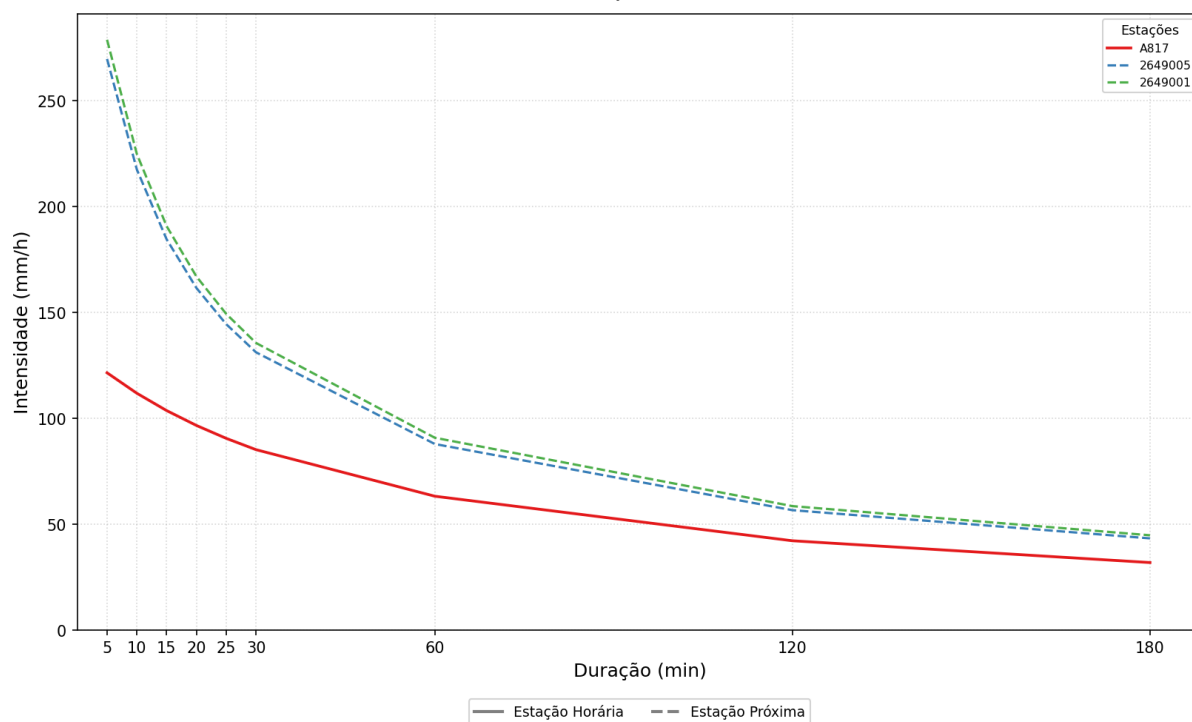
Curvas IDF | TR = 100 anos

Figura 81 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A841 sem desagregação
Curvas IDF | TR = 100 anos

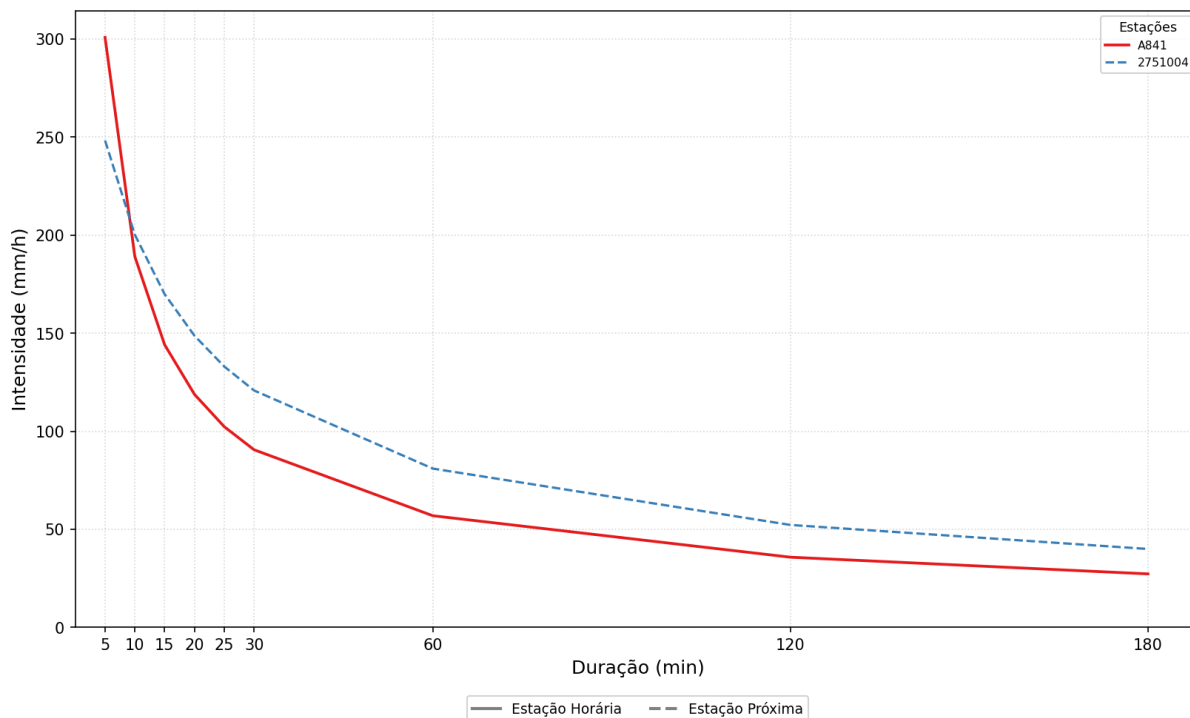


Figura 82 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A845 sem desagregação
Curvas IDF | TR = 100 anos

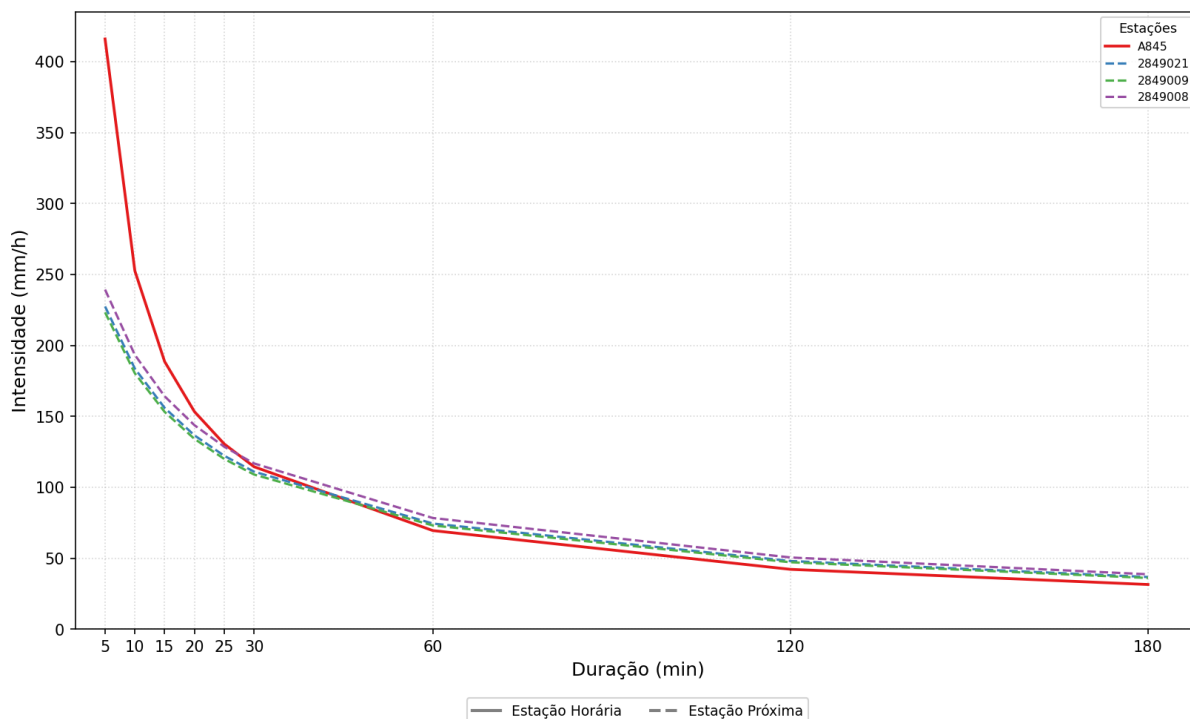


Figura 83 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A848 sem desagregação

Curvas IDF | TR = 100 anos

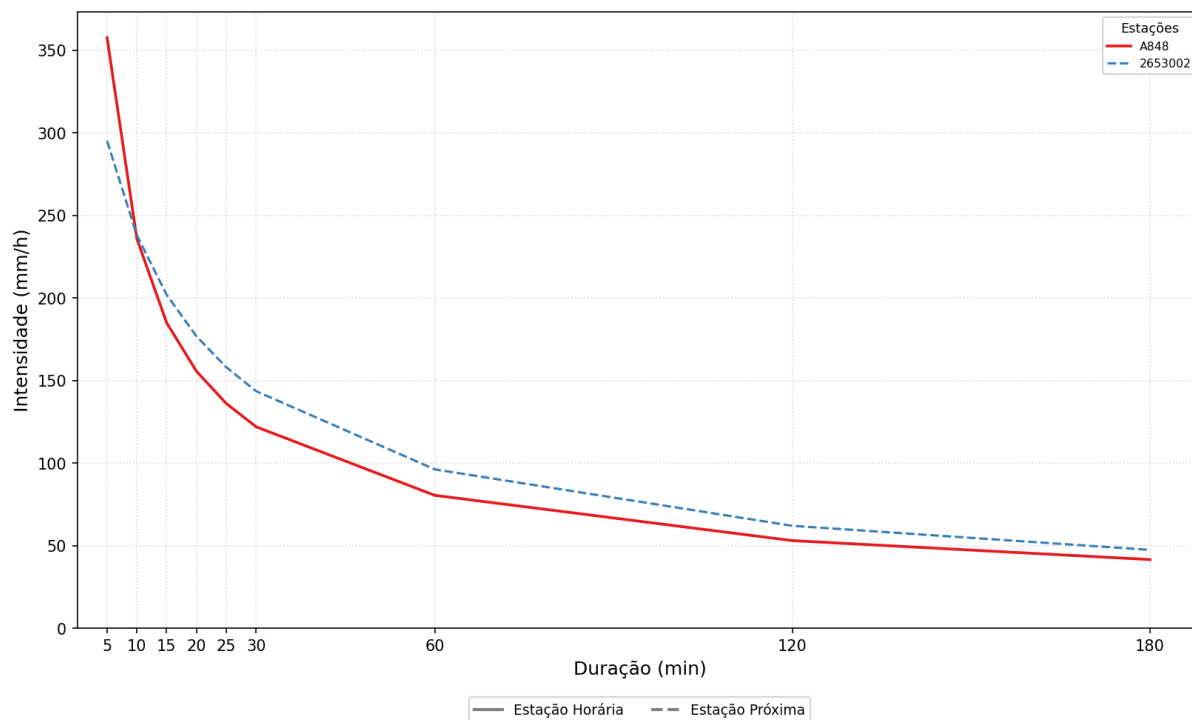


Figura 84 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A851 sem desagregação

Curvas IDF | TR = 100 anos

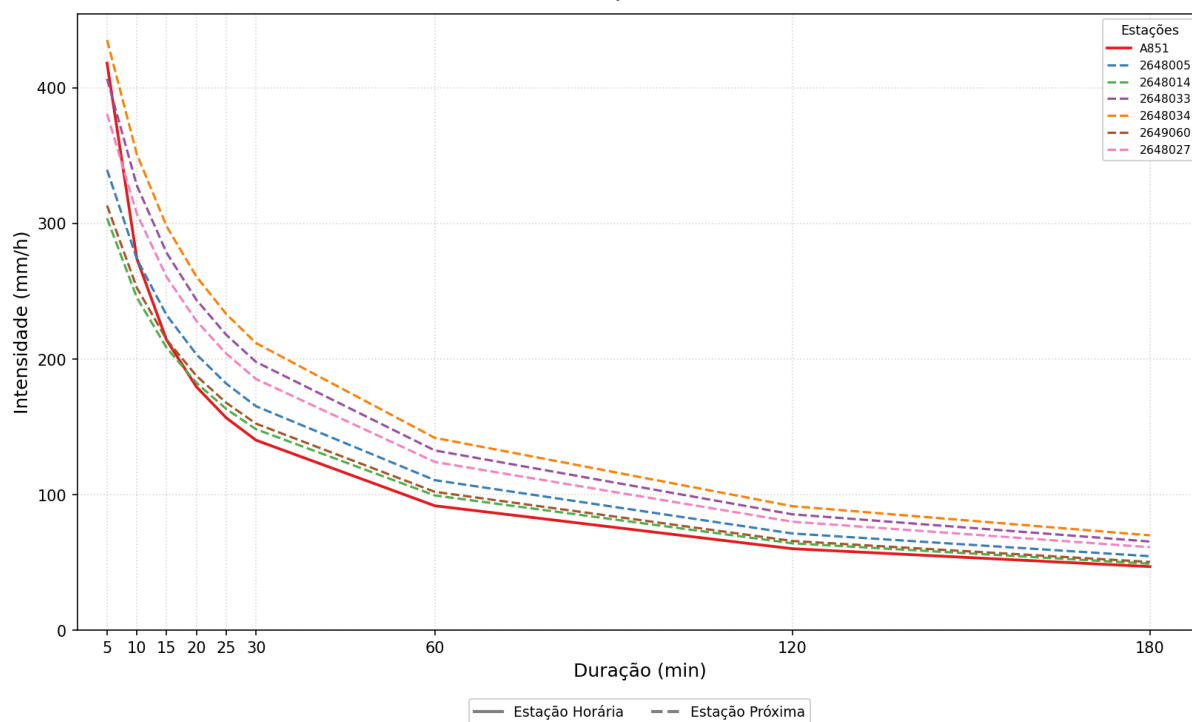


Figura 85 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A857 sem desagregação
Curvas IDF | TR = 100 anos

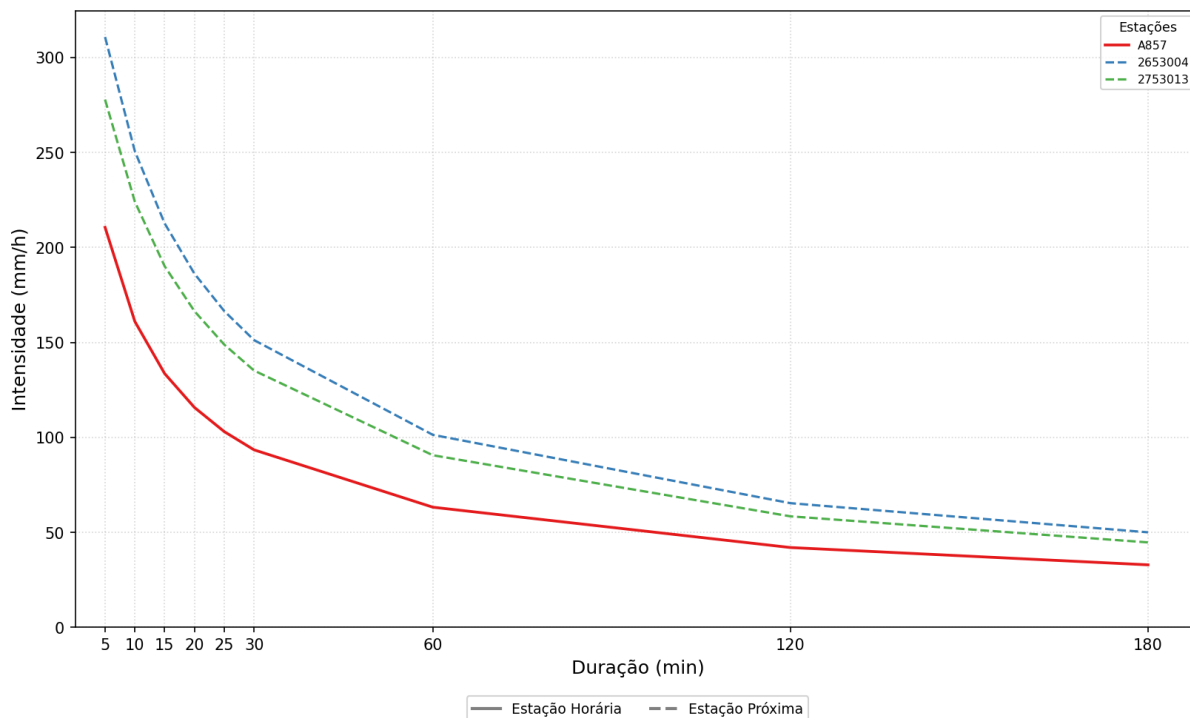


Figura 86 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A858 sem desagregação
Curvas IDF | TR = 100 anos

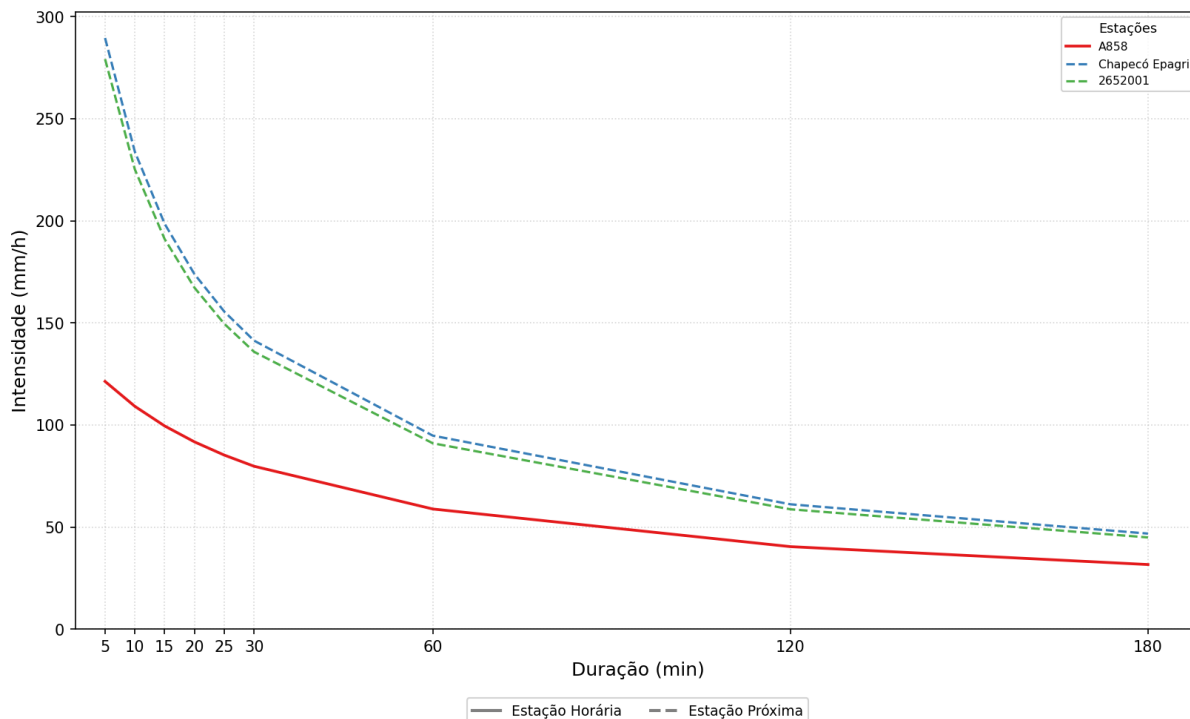


Figura 87 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A859 sem desagregação

Curvas IDF | TR = 100 anos

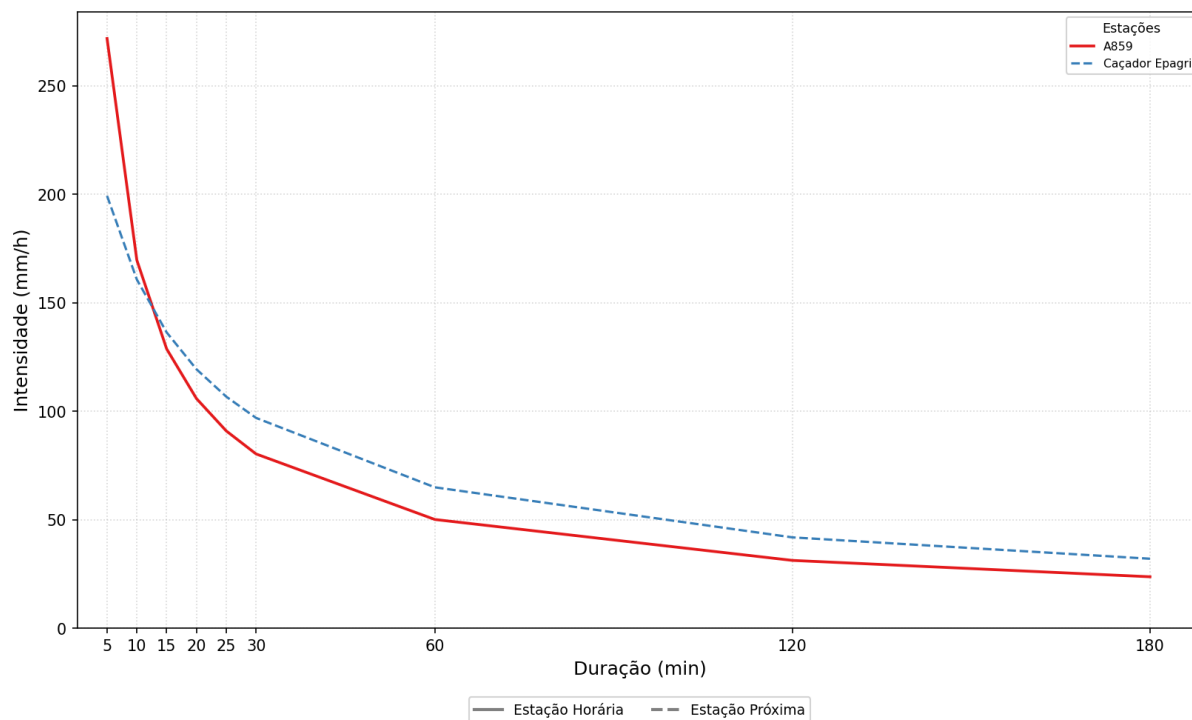


Figura 88 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A860 sem desagregação

Curvas IDF | TR = 100 anos

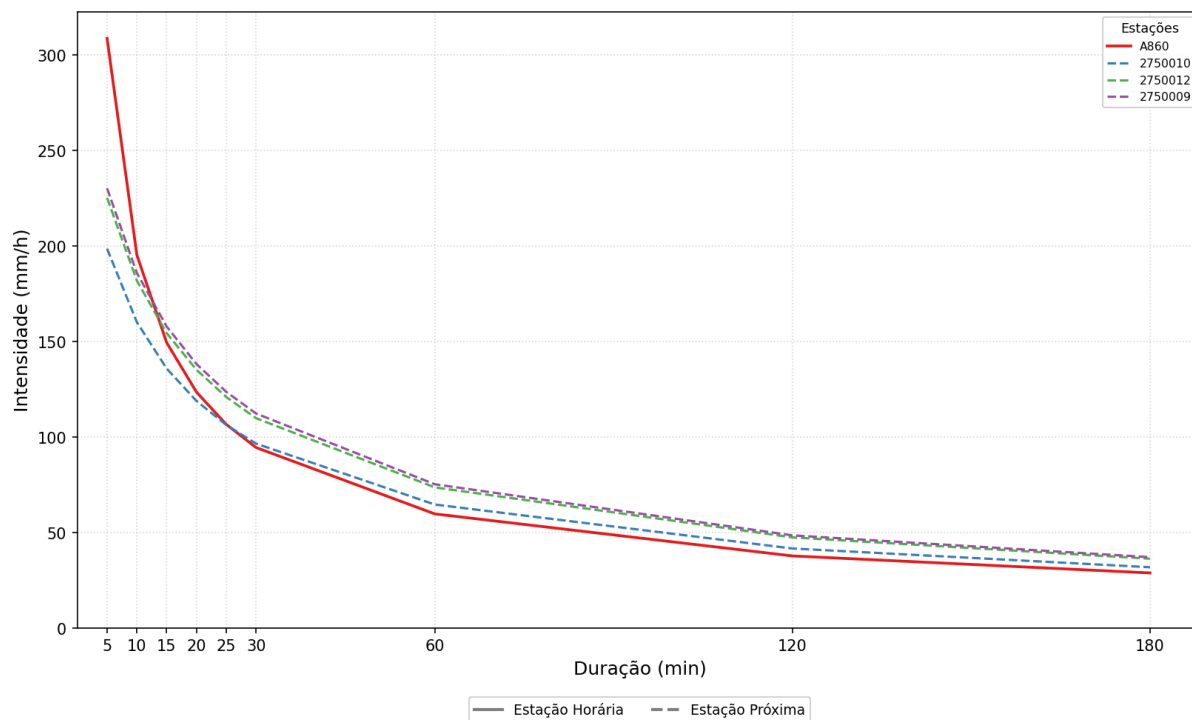


Figura 89 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A861 sem desagregação
Curvas IDF | TR = 100 anos

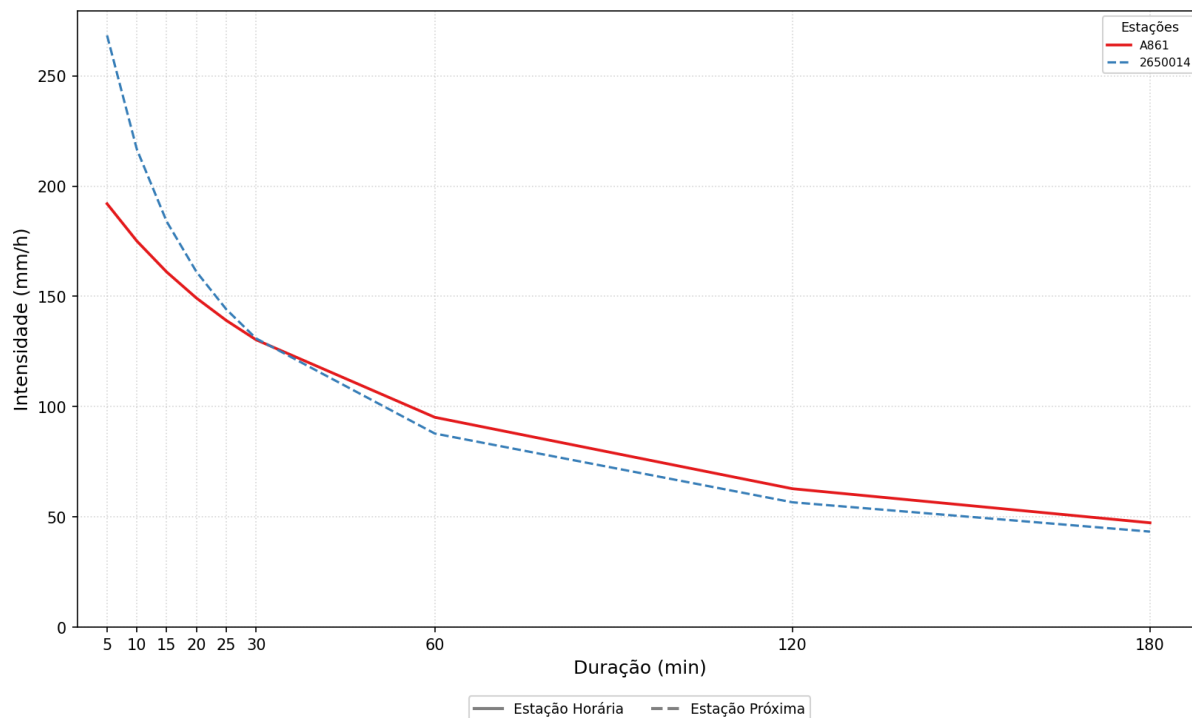


Figura 90 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A862 sem desagregação
Curvas IDF | TR = 100 anos

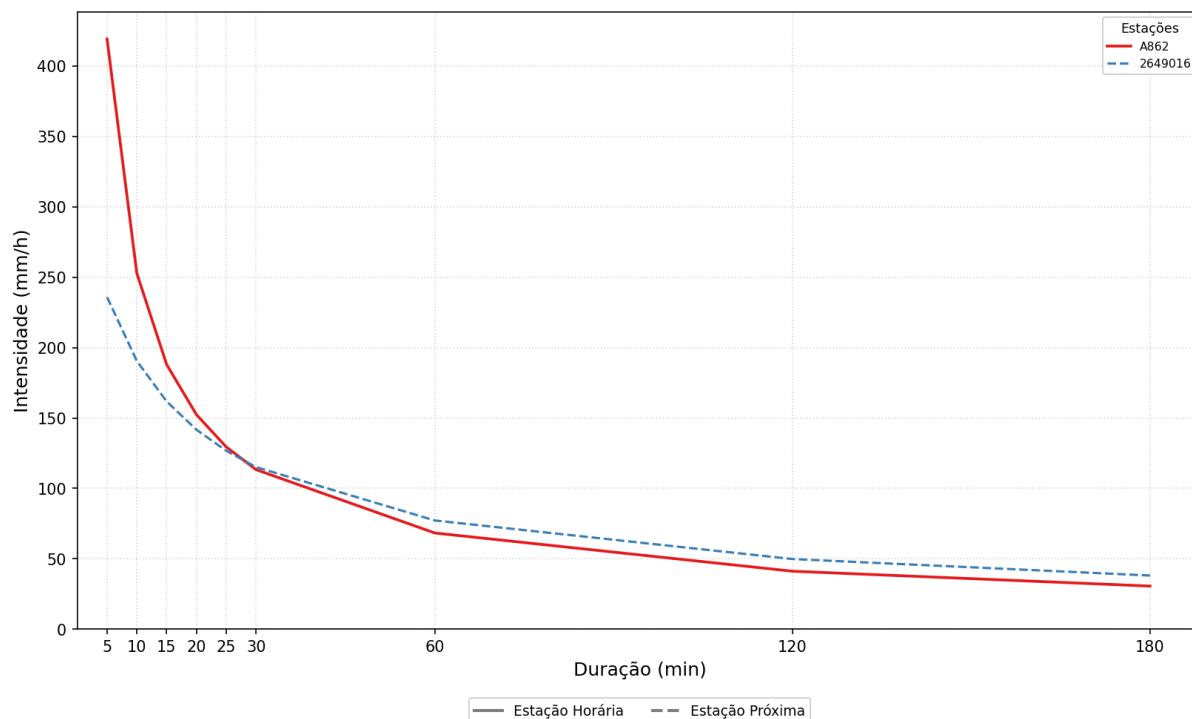


Figura 91 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A863 sem desagregação

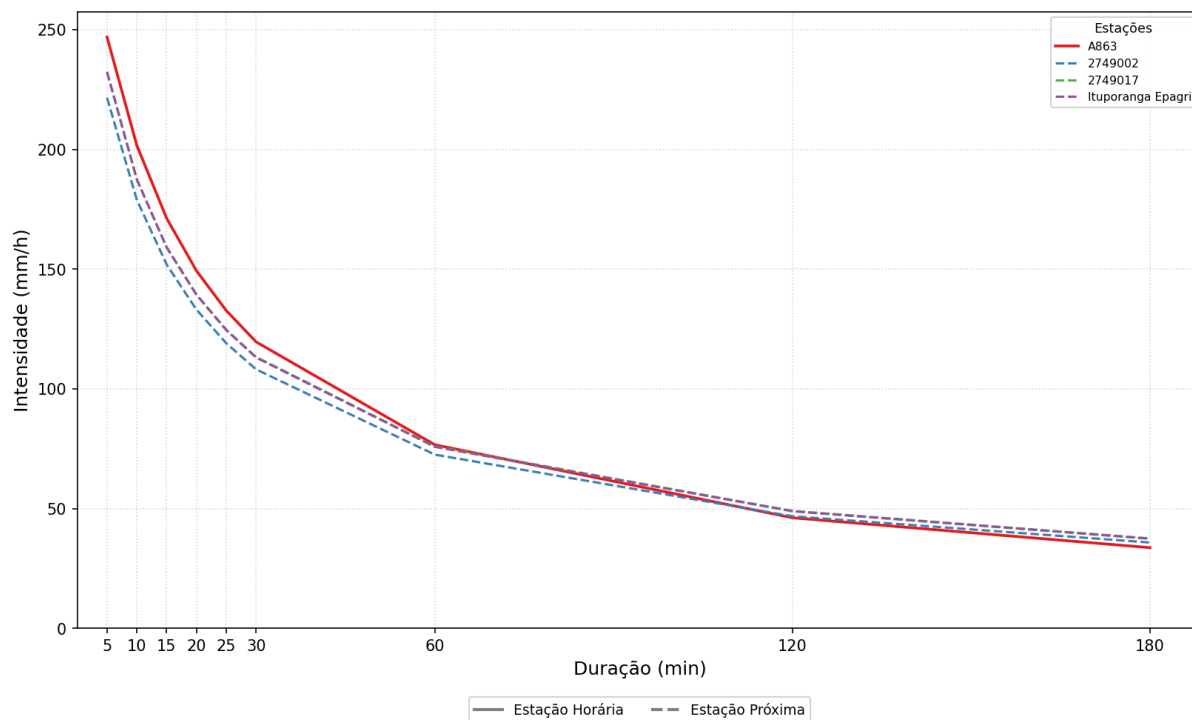
Curvas IDF | TR = 100 anos

Figura 92 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A864 sem desagregação

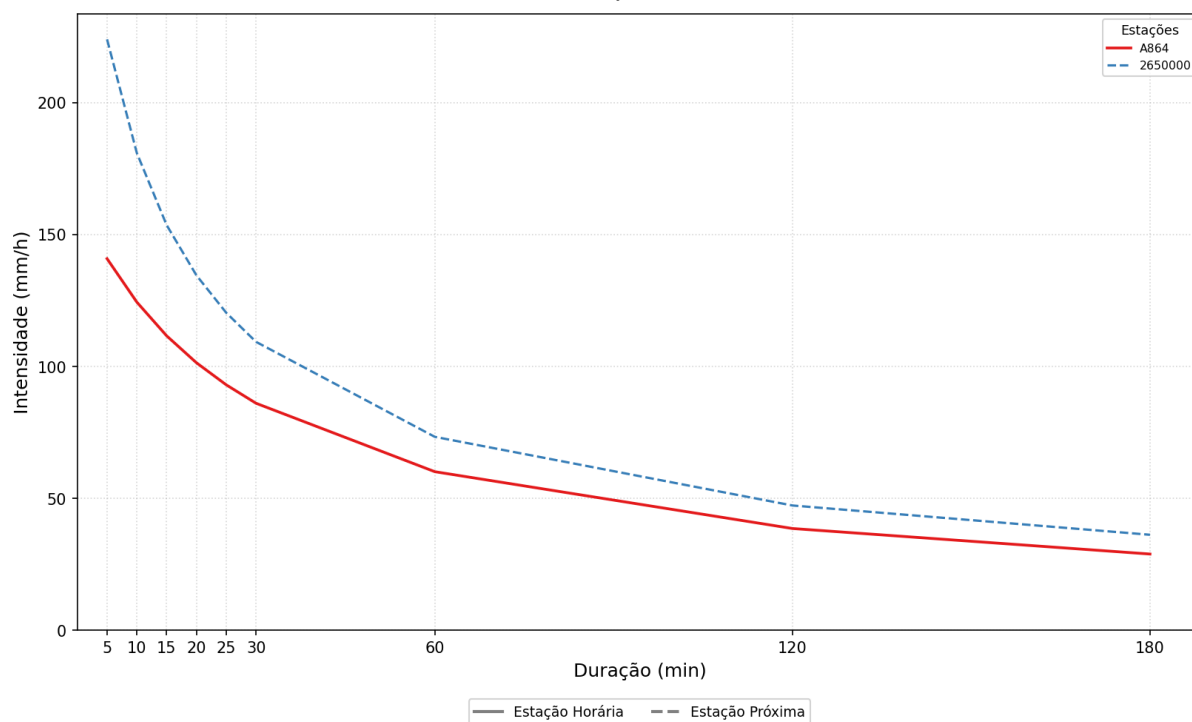
Curvas IDF | TR = 100 anos

Figura 93 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A866 sem desagregação
Curvas IDF | TR = 100 anos

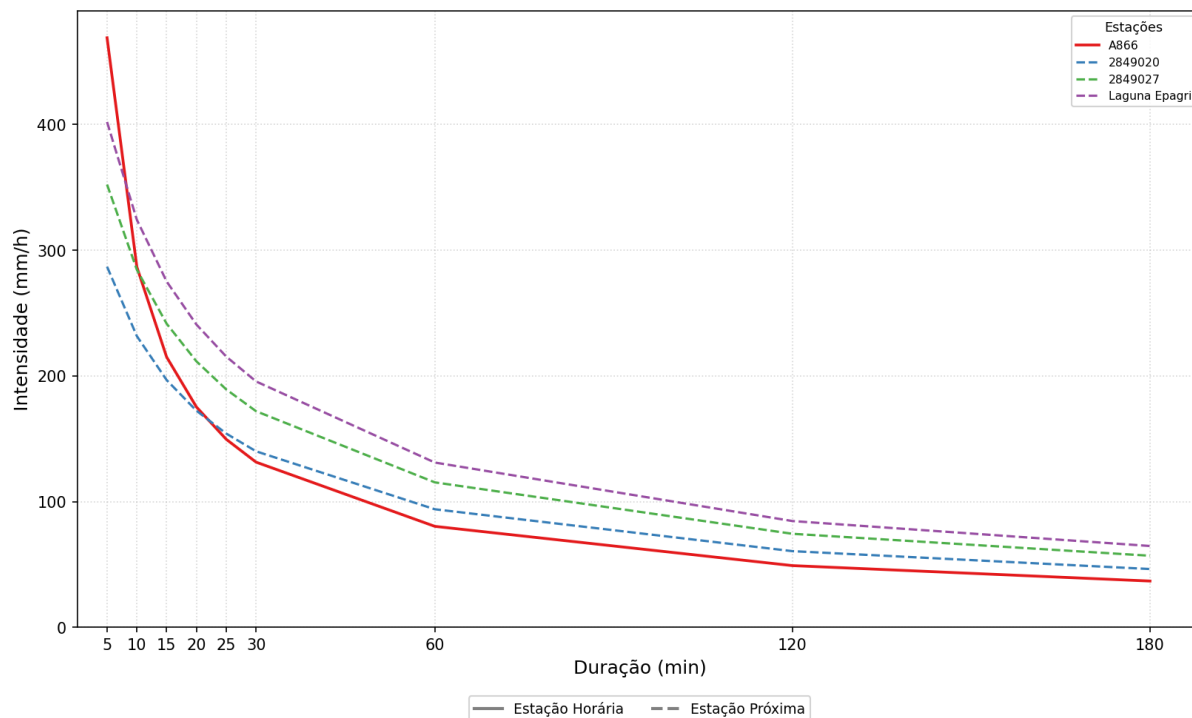


Figura 94 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A867 sem desagregação
Curvas IDF | TR = 100 anos

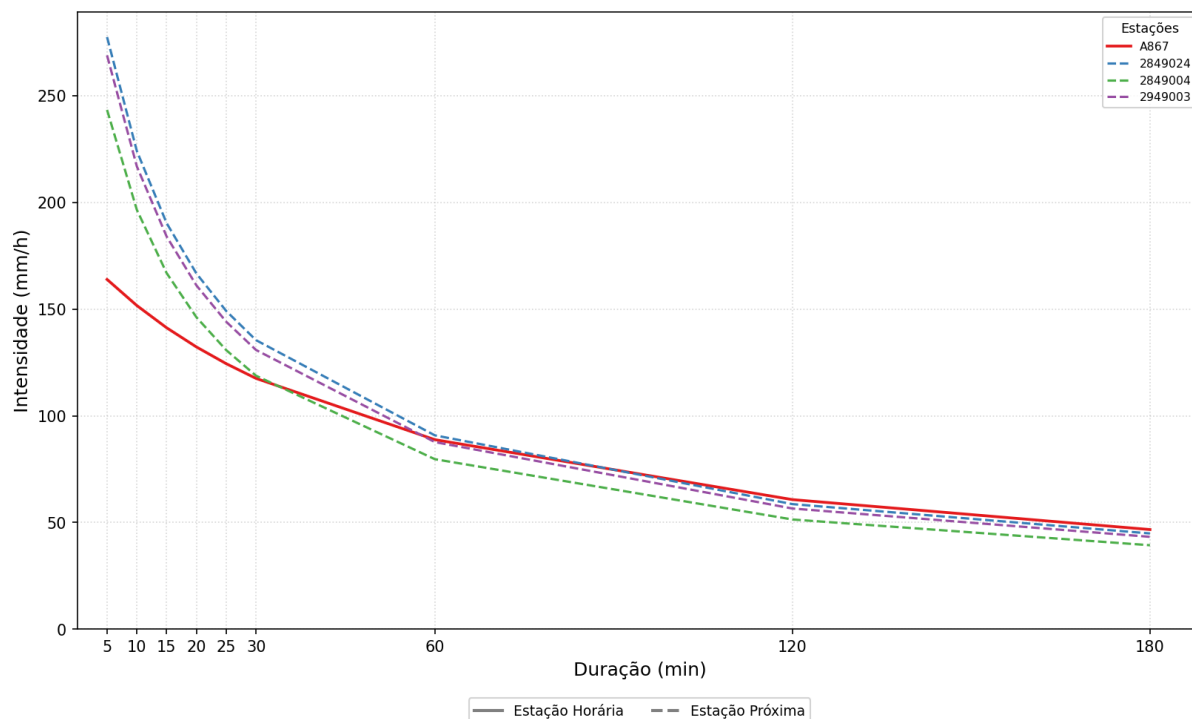


Figura 95 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação A868 sem desagregação

Curvas IDF | TR = 100 anos

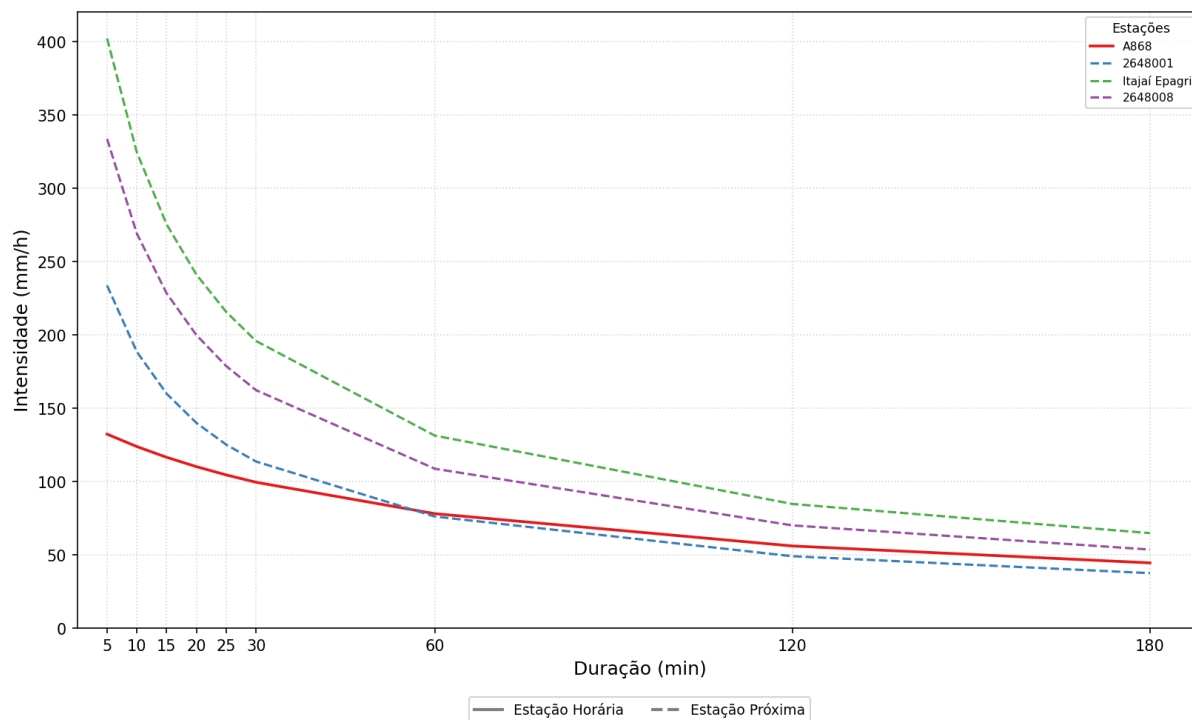


Figura 96 – Comparação da Equação IDF de curta duração da Estação SBNF sem desagregação

Curvas IDF | TR = 100 anos

