



RAFAEL MOREIRA SOUSA

**ANÁLISE ESPACIAL DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAPORA (SP)**

Sorocaba (SP)

2025

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências
ambientais*



unesp
Sorocaba

RAFAEL MOREIRA SOUSA

**ANÁLISE ESPACIAL DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAPORA (SP)**

Dissertação apresentada como requisito
para a obtenção do título de Mestre em
Ciências Ambientais da Universidade
Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
na Área de Concentração Diagnóstico,
Tratamento e Recuperação Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Darllan Collins da
Cunha e Silva

Sorocaba (SP)

2025

S725a

Sousa, Rafael Moreira

Análise espacial da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Pirapora (SP) / Rafael Moreira Sousa. -- Sorocaba, 2025
101 p. : il., tabs., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba

Orientador: Darllan Collins da Cunha e Silva

1. Bacias hidrográficas. 2. Desidratação (Hídrica). 3. Análise espacial (Estatística). 4. Chuvas – Periodicidade. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ANÁLISE ESPACIAL DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAPORA (SP)

AUTOR: RAFAEL MOREIRA SOUSA

ORIENTADOR: DARLLAN COLLINS DA CUNHA E SILVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais,
área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. DARLLAN COLLINS DA CUNHA E SILVA (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Ambiental / Unesp - Campus Sorocaba

 **unesp**
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Assinado de forma digital
por Darllan Collins da
Cunha e Silva:22397267845
Dados: 2025.02.05 16:07:31
-03'00'

Prof. Dr. RENAN ANGRIZANI DE OLIVEIRA (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Ambiental / Universidade de Sorocaba (UNISO)

 **gov.br**
Documento assinado digitalmente
RENAN ANGRIZANI DE OLIVEIRA
Data: 05/02/2025 11:12:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. AMAZONINO LEMOS DE CASTRO (Participação Virtual)
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

 **gov.br**
Documento assinado digitalmente
AMAZONINO LEMOS DE CASTRO
Data: 05/02/2025 10:06:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Sorocaba, 05 de fevereiro de 2025

Dedico esta dissertação à minha família, especialmente aos meus pais, José e Marina, pela educação e valores transmitidos, à minha esposa Isadora, e ao meu filho Theodoro José.

AGRADECIMENTOS

A Agradeço a todos que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho. Suas colaborações foram essenciais para o alcance do sucesso e para a concretização dos objetivos propostos.

Em especial, agradeço ao meu orientador, Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva, pelas suas orientações, apoio e conselhos.

Aos membros da comissão julgadora, Dr. Amazonino Lemos de Castro e Dr. Renan Angrizani de Oliveira, que dedicaram seu tempo para contribuir com o aprimoramento deste trabalho por meio de seus valiosos apontamentos.

Aos meus colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, pela convivência e apoio ao longo dessa jornada.

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

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém
ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.” (Arthur Schopenhauer)

RESUMO

A diminuição na quantidade e qualidade da água em corpos d'água está afetando muitas pessoas em todo o mundo. No Brasil, a escassez de água tornou-se um dos maiores desafios do país nos últimos anos, com destaque para as regiões Nordeste e Sudeste, as quais são as mais afetadas do país. Visto isso, o objetivo deste estudo foi propor um roteiro metodológico para a avaliação e quantificação da disponibilidade hídrica em diferentes trechos do rio Pirapora e seus afluentes, localizados no estado de São Paulo. Para isso, utilizou o método baseado na relação entre a disponibilidade e a demanda de uso de água para diversos fins consuntivos. A quantificação da disponibilidade hídrica foi realizada por meio das vazões média e mínimas de sete dias de duração para um período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$). Essa análise foi baseada no modelo de regionalização do estado de São Paulo utilizando dados pluviométricos atuais da região de estudo, provenientes de estações pluviométricas localizadas na bacia hidrográfica e em suas adjacências, para uma série histórica de 30 anos, de 1990 a 2019. Os resultados indicam que a bacia hidrográfica do rio Pirapora apresenta, em sua maioria, baixa disponibilidade hídrica, com destaque para a região a montante, que, de acordo com a classificação da Agência Nacional de Águas sobre o Índice de Comprometimento Hídrico (ICH), encontra-se em situação crítica. Por outro lado, embora apresente baixa disponibilidade hídrica, a região a jusante da bacia apresenta índices de comprometimento melhores, variando entre muito baixo a médio, posto que alguns trechos apresentem níveis que variam de alto a crítico. No contexto geral, 32,9% da bacia é classificada como ICH muito baixa, 8,3% como mediana, 4,6% como alta e 0,8% como muito alta, enquanto 53,4% estão em estado crítico. Essa condição exige a implementação de intervenções, como reversões de bacias, para garantir o abastecimento público das cidades de Piedade e Salto de Pirapora, já que o aumento populacional, aliado à redução no volume de precipitação anual acumulada na bacia do rio Pirapora, intensifica a demanda, comprometendo a qualidade e a disponibilidade de água.

Palavras-chave: Estresse hídrico; Análise Espacial; Análise Temporal; Comprometimento Hídrico.

ABSTRACT

The decrease in the quantity and quality of water in water bodies is affecting many people worldwide. In Brazil, water scarcity has become one of the country's biggest challenges in recent years, particularly in the Northeast and Southeast regions, which are the most affected. Given this, the objective of this study was to propose a methodological framework for assessing and quantifying water availability in different stretches of the Pirapora River and its tributaries, located in the state of São Paulo. To achieve this, the method based on the relationship between water availability and demand for various uses was used. The quantification of water availability was performed through the average and minimum flows over seven days for a return period of 10 years ($Q_{7,10}$). This analysis was based on the regionalization model of the state of São Paulo, using current rainfall data from the study area obtained from rain gauge stations located within the watershed and its surroundings, for a historical series of 30 years, from 1990 to 2019. The results indicate that the Pirapora River watershed mostly has low water availability, especially in the upstream region, which, according to the classification of the National Water Agency regarding the Water Compromise Index (WCI), is in a critical situation. On the other hand, although it presents low water availability, the downstream region of the basin shows better indices, ranging from very low to medium, with some stretches exhibiting levels from high to critical. Overall, 32.9% of the basin is classified as very low WCI, 8.3% as medium, 4.6% as high, and 0.8% as very high, while 53.4% is in a critical state. This condition necessitates the implementation of interventions, such as watershed reversals, to ensure the public water supply for the cities of Piedade and Salto de Pirapora, as the increase in population, combined with the reduction in annual accumulated precipitation in the Pirapora River basin, intensifies demand, compromising the quality and availability of water.

Keywords: Spatial Analysis; Temporal Analysis; Water Compromise.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do Estado de São Paulo em UGRHI	22
Figura 2 - Mapa das Regiões Hidrográficas Nacionais.	23
Figura 3 - Regiões hidrológicas semelhantes	27
Figura 4 - Equações das retas de regressão para vazão média plurianual	28
Figura 5 - Regiões hidrológicas semelhantes para o parâmetro C	29
Figura 6 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Pirapora.....	34
Figura 7 - Delimitação da bacia hidrográfica e hidrografia do Rio Pirapora e seus contribuintes.....	49
Figura 8 - Mapa de distribuição das demandas consuntivos na bacia do Rio Pirapora.	52
Figura 9 - Mapa de localização das estações pluviométricas	53
Figura 10 - Mapa de precipitação média anual da bacia hidrográfica do Rio Pirapora.	53
Figura 11 - Mapa de localização e bacia de drenagem da estação fluviométrica nº 62496001.	56
Figura 12 - Mapa de localização das estações pluviométricas com correlação linear significativa com a vazão média do Rio Sarapuí.....	58
Figura 13 - Mapas de precipitação média anual da bacia de drenagem da estação fluviométrica nº 62496001, desenvolvido pelo método IDW.	58
Figura 14 - Reta de regressão da vazão média plurianual	61
Figura 15 - Gráfico da distribuição de probabilidade Weibull	62
Figura 16 - Reta de Regressão da Média das Vazões Mínimas em Função da Duração	63
Figura 17 - Balanço hídrico com índice de comprometimento hídrico superficial.....	70
Figura 18 - Extensão do Rio Pirapora, comparando a vazão de referência ($Q_{7,10}$), a vazão outorgável (50% do $Q_{7,10}$) e a demanda hídrica.....	72
Figura 19 - Bacia de Drenagem da Estação Fluviométrica nº 62490000.....	73
Figura 20 - Comparação das vazões médias estimadas pelos métodos de regionalização de 1988 e atualizado com a vazão média anual medida na Estação Fluviométrica nº 62490000.....	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Folhas Topográficas do IGC Utilizadas para Vetorização da Hidrografia..	36
Quadro 2 - Lista de estações pluviométrica.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros regionais da Regionalização das Variáveis Hidrológicas do Estado de São Paulo.....	29
Tabela 2 - Sub-bacias dos afluentes do Rio Pirapora.....	50
Tabela 3 - Vazão média anual do rio Sarapuí (Estação fluviométrica nº 62496001)...	55
Tabela 4 - Teste de correlação linear de Pearson.....	57
Tabela 5 - Precipitação média anual da bacia de drenagem da estação fluviométrica nº 62496001.	59
Tabela 6 - Resumo dos valores para a distribuição de Weibull.....	61
Tabela 7 - Vazões Mínimas anuais de sete dias Consecutivos (Q_7).....	63
Tabela 8 - Vazões dos trechos do Rio Pirapora e das sub-bacias	64
Tabela 9 - Balanço hídrico e ICH nas sub-bacias do Rio Pirapora.....	66
Tabela 10 - Quantificação da disponibilidade hídrica e ICH nos trechos do Rio Pirapora	67
Tabela 11 - Vazão média plurianual e a vazão $Q_{7,10}$ foram calculadas utilizando diferentes métodos no ponto correspondente à localização da estação fluviométrica nº 62490000.	74
Tabela 12 - Vazão mínima média de 7 dias consecutivos anual (M^3/s) média anual, medida na estação fluviométrica nº 62490000.	75
Tabela 13 - Vazão média plurianual e a vazão $Q_{7,10}$ para diferentes séries históricas no ponto correspondente à localização da estação fluviométrica nº 62490000.....	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UNESCO	- <i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
ANA	- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CBH-SMT	- Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba e Médio Tietê
CNRH	- Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CPRM	- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CRH	- Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CRHi	- Coordenadoria de Recursos Hídricos
DAEE	- Departamento de Águas e Energia Elétrica
Embrapa	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPLASA	- Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S. A
FABDEM	- Forest And Buildings Removed Copernicus DEM
FABH - SMT	- Fundação Agência de Bacias do Sorocaba Médio Tiete
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICH	- Índice de Comprometimento Hídrico
IDW	- <i>Inverse Distance Weighted</i>
IGC	- Instituto Geográfico e Cartográfico
PNRH	- Política Nacional de Recursos Hídricos
RGB	- <i>Red, Green e Blue</i>
RMSP	- Região Metropolitana de São Paulo
SIGRH	- Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SINGREH	- Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIRH	- Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SOE	- Sistema de Outorga Eletrônica
UGRHI	- Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos
WMO	- <i>World Meteorological Organization</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	14
2	OBJETIVOS	18
2.1	OBJETIVO GERAL.....	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1	IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	19
3.2	GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL.....	19
3.3	GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO.....	21
3.4	BALANÇO HÍDRICO	23
3.5	MÉTODO DA REGIONALIZAÇÃO HIDROLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	25
3.6	COLETA DE DADOS E TRATAMENTO DE DADOS	30
3.7	VAZÃO DE REFERÊNCIA	31
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	33
4.2	COLETA E TRATAMENTO DADOS.....	35
4.2.1	<i>Delimitação hidrográfica do Rio Pirapora.....</i>	<i>35</i>
4.2.2	<i>Delimitação das Bacias Hidrográficas.....</i>	<i>36</i>
4.2.3	<i>Demanda Hídrica Superficial.....</i>	<i>37</i>
4.2.4	<i>Dados Pluviometria.....</i>	<i>38</i>
4.2.5	<i>Dados Fluviométricos do Rio Sarapuí.....</i>	<i>39</i>
4.3	REGIONALIZAÇÃO DAS VAZÕES	40
4.3.1	<i>Vazão média de Longo Período.</i>	<i>40</i>
4.3.2	<i>Vazão mínima de d meses consecutivos</i>	<i>41</i>
4.3.3	<i>Vazão Mínimas anuais de sete dias Consecutivos.</i>	<i>46</i>
4.4	QUANTIFICAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	47
4.5	VALIDAÇÃO DO MÉTODO ATUALIZADO DE REGIONALIZAÇÃO.....	48
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	49
5.1	COLETA E TRATAMENTO DADOS.....	49
5.1.1	<i>Delimitação hidrográfica do Rio Pirapora.....</i>	<i>49</i>
5.1.2	<i>Demanda Hídrica Superficial.....</i>	<i>51</i>

5.1.3	<i>Dados de Pluviometria.....</i>	52
5.2	REGIONALIZAÇÃO DAS VAZÕES	55
5.2.1	<i>Vazão média de Longo Período.</i>	55
5.2.2	<i>Vazão mínima de d meses consecutivos.....</i>	61
5.2.3	<i>Vazões Mínimas anuais de sete dias Consecutivos.</i>	63
5.3	VAZÕES DE REFERÊNCIA	64
5.4	DISPONIBILIDADE HÍDRICO	66
5.5	VALIDAÇÃO DO MÉTODO REGIONALIZAÇÃO COM DADOS ATUALIZADOS.....	73
6	CONCLUSÃO.....	77
	REFERÊNCIAS	79
	APÊNDICE A - DADOS DE PRECIPITAÇÃO ANUAL (MM) DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS.....	89
	APÊNDICE B - DADOS DE VAZÃO MENSAL (M ³ /S) DA ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICA Nº 62496001.....	100

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Já é amplamente reconhecido que a água é um bem de vital importância para a sobrevivência humana e manutenção dos ecossistemas, portanto, os impactos gerados pela redução contínua da quantidade e qualidade da hídrica nos cursos d'água, já afetam diversas pessoas pelo mundo. Conforme dados divulgados pela *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* - UNESCO (2021), 2 bilhões de pessoas vivem em países com estresse hídrico, enquanto 4 bilhões enfrentam escassez hídrica grave por pelo menos um mês do ano.

De acordo com Medeiros *et al.* (2019), A escassez de água é um problema cada vez mais frequente e preocupante em diversas regiões do planeta, sendo impulsionada principalmente pelo aumento da demanda devido ao crescimento populacional e às atividades produtivas, além da diminuição das chuvas.

No Brasil, a escassez hídrica tornou-se um dos maiores desafios enfrentados pelo país nos últimos anos, que cada vez mais intensifica-se. A escassez hídrica tem gerado uma série de conflitos entre diferentes setores da sociedade que disputam o uso desse recurso cada vez mais limitado. Segundo Peixoto, Soares e Ribeiro (2021), os conflitos relacionados à água no Brasil têm se caracterizado como disputas territoriais pelo controle desse recurso natural, gerando consequências ambientais e sociais em regiões marcadas pela desterritorialização, reestruturação das cadeias produtivas e uso intensivo dos recursos hídricos.

A situação é particularmente preocupante nas regiões Nordeste e Sudeste, que são as mais afetadas pela falta de chuvas e pela redução na quantidade de água nos cursos d'água. De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA (2020), conforme o relatório da Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil, as regiões Nordeste e Sudeste do Brasil foram as mais afetadas pelos conflitos relacionados à água, correspondendo a 47,85% e 34,76% dos casos, respectivamente.

A região Nordeste apresenta pluviometria média anual mais baixa em comparação com outras regiões do país, o que resulta em estiagens frequentes em boa parte dessa região. De acordo com a ANA (2017), apenas 3% da água superficial disponível no país está localizada nessa região, seguido pela região Sudeste com 6%

e a região Sul com 7%, já as regiões Centro-Oeste e Norte detêm a maior parte, com 16% e 68%, respectivamente.

Em 2014, a região Sudeste do Brasil, mais especificamente o estado de São Paulo, enfrentou uma crise hídrica severa e histórica. A população foi obrigada a modificar seus hábitos e adotar medidas para reduzir o consumo de água, o que intensificou ainda mais a disputa entre diferentes setores da sociedade pelo uso desse recurso hídrico no estado (Empinotti; Budds; Aversa, 2019). De acordo com Marengo *et al.* (2015), durante a crise hídrica ocorrida nos anos de 2014 e 2015, as vazões dos rios que abastecem os sistemas de abastecimento e as usinas hidrelétricas das regiões Sudeste e Centro-Oeste, de maior consumo de energia, atingiram o menor nível registrado na história, em função das chuvas abaixo da média histórica e das altas temperaturas.

Diante deste cenário, as discussões em torno da gestão de recursos hídricos têm se intensificado cada vez mais. Os instrumentos preconizados pela Lei Federal nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997 (Brasil, 1997) que integram a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, também ganharam maior relevância e urgência para a garantia da segurança hídrica no país.

A PNRH, instituída pela Lei Federal nº 9.433/1997, estabelece os instrumentos para a gestão dos recursos hídricos no Brasil. Entre eles estão: os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos d'água, a outorga de direito de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso da água, a compensação a municípios e o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH.

Dentre esses instrumentos, destaca-se o balanço hídrico como um conteúdo mínimo a ser desenvolvido. O balanço hídrico é uma importante ferramenta utilizada para avaliar a disponibilidade de água em uma determinada região em relação à sua demanda, permitindo que sejam tomadas medidas efetivas para a gestão dos recursos hídricos.

De acordo com Volken *et al.* (2022), conhecer o balanço hídrico de uma bacia hidrográfica é essencial para planejamento e gestão sustentável dos recursos hídricos, promovendo a preservação ambiental e a segurança hídrica na bacia hidrográfica.

Segundo Chemura *et al.* (2020) a partir das análises do balanço hídrico, é possível estabelecer uma base sólida para a tomada de decisões em diferentes níveis,

tais como investimentos em plantações agrícolas, planejamento e gestão de recursos hídricos.

Muitos estudos têm sido conduzidos com foco no balanço hídrico de bacias hidrográficas, ou de utilizá-lo o balanço hídrico como uma ferramenta central de análise e gestão dos recursos hídricos em outros estudos (Abreu; Tonello, 2017; Abatzoglou *et al.*, 2018; Albuquerque *et al.*, 2019; Ning *et al.*, 2023).

O balanço hídrico consiste na entrada de água, menos a saída de água na bacia hidrográfica, subtraindo os valores de evapotranspiração. De acordo com Padrón *et al.* (2017), O balanço hídrico superficial é caracterizado pela partição da precipitação em evapotranspiração e escoamento superficial.

O balanço hídrico pode ser aplicado a diferentes tipos de corpos d'água e diferentes escalas, incluindo lagos (Mohebzadeh; Fallah, 2019), bacias hidrográficas (Souza *et al.*, 2021), e rios (Abreu *et al.*, 2022).

Conforme a ANA (2017), avaliar a relação entre a demanda e a disponibilidade hídrica é essencial para analisar o uso dos recursos hídricos. O objetivo é determinar a quantidade de água disponível para atender às demandas de diferentes usos, utilizando o balanço hídrico quantitativo, que é definido como a relação entre a demanda e a disponibilidade hídrica.

Segundo Boldrin *et al.* (2022), equações matemáticas são utilizadas pelos modelos para expressar as conexões entre as entradas e saídas de água na bacia hidrográfica, permitindo uma representação simplificada do ciclo hidrológico.

A Lei Estadual 9.034/94, de 27 de dezembro de 1994 do Estado de São Paulo determinou que a vazão de referência para gestão de recursos hídricos seria calculada com base na média mínima de 7 dias consecutivos e 10 anos de período de retorno. Entretanto, essa lei foi revogada pela Lei Estadual nº 16.337, de 14 de dezembro de 2016, que estabeleceu que a vazão de referência será proposta nos planos de bacias hidrográficas e aprovada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CRH.

A Metodologia de Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo, foi desenvolvida por Liazi *et al.* (1988), que utilizou dados pluviométricos de descargas mensais e de vazões diárias para definir 21 regiões hidrologicamente semelhantes no estado. De acordo com Wolff, Duarte e Mingoti (2014), através dessa metodologia, é possível avaliar a disponibilidade hídrica para qualquer curso de água do estado, inclusive em locais com séries hidrológicas pequenas ou inexistentes. A

regionalização hidrológica permite estimar a vazão média de longo período, a vazão mínima de sete dias com determinada probabilidade de ocorrência e a curva de permanência de vazões.

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho é contribuir para a gestão dos recursos hídricos por meio da quantificação da disponibilidade hídrica em diversos trechos da bacia hidrográfica do Rio Pirapora, localizada no estado de São Paulo. A análise visa identificar os locais com maior estresse hídrico e fornecer dados relevantes que possam subsidiar políticas públicas e práticas de uso sustentável da água na região, promovendo a segurança hídrica. Para atingir esse objetivo, será realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema, analisando estudos e artigos acadêmicos relevantes publicados nos últimos anos, seguida da aplicação dos métodos propostos por Liazi *et al.* (1988), considerando os principais aspectos hidrológicos, climáticos, ambientais e sociais, com dados atualizados, que influenciam a disponibilidade de água.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a disponibilidade hídrica e o índice de comprometimento dos recursos hídricos em diversos trechos do Rio Pirapora e suas sub-bacias por meio da metodologia de regionalização, utilizando, para isso, dados hidrogeológicos e meteorológicos do Estado de São Paulo.

2.2 Objetivos específicos

- Quantificar e analisar a disponibilidade hídrica e o Índice de Comprometimento Hídrico (ICH) nos diferentes trechos do Rio Pirapora, utilizando dados hidrológicos e meteorológicos regionais.
- Identificar as regiões e sub-bacias do Rio Pirapora sujeitas a estresse hídrico, considerando a variação temporal e espacial da disponibilidade de água.
- Elaborar representações gráficas da disponibilidade hídrica e do Índice de Comprometimento Hídrico (ICH), a fim de facilitar a interpretação dos dados e subsidiar estratégias de gestão hídrica.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Impactos das Mudanças Climáticas na Disponibilidade Hídrica

As mudanças climáticas estão provocando transformações profundas no clima global e seus efeitos vêm se intensificando nos últimos anos, tornando-se visíveis em diversas partes do mundo (Bangelesa *et. at.* 2023). A precipitação, sendo um dos elementos mais sensíveis a essas mudanças, tem sido significativamente afetada pelo aumento das temperaturas globais e pela intensificação de eventos climáticos extremos, o que altera o ciclo das chuvas e resulta em períodos de seca prolongados em algumas regiões e em chuvas intensas e repentinas em outras (Santos *et. at.*, 2013; Chen *et. at.*, 2024; Bojago *et. at.*, 2024).

No contexto brasileiro, as mudanças climáticas têm provocado uma série de impactos nos sistemas climáticos regionais, evidenciando tendências preocupantes, especialmente em relação à precipitação. Essas mudanças incluem o aumento da frequência de eventos climáticos extremos, com redução da disponibilidade hídrica e a intensificação de períodos de seca, frequentemente seguidos por chuvas torrenciais (Siqueira *et. al.*, 2021; Ferreira, 2024).

No Sudeste do Brasil, especialmente no estado de São Paulo, a relação entre mudanças climáticas e disponibilidade hídrica tem sido amplamente estudada, devido à intensificação das crises hídricas na região (Junior; Mauad, 2015; Jacobi; Buckeridge; Ribeiro, 2021; Valente; Laurini, 2022). Um exemplo marcante foi a severa crise hídrica enfrentada entre 2014 e 2015, que destacou a vulnerabilidade do estado de São Paulo frente às mudanças climáticas (Marques; Veras; Rodriguez, 2022).

3.2 Gestão de Recursos Hídricos no Brasil.

A gestão de recursos hídricos no Brasil é uma tarefa complexa. Apesar da abundância de água no país, sua distribuição é desigual pela vasta extensão territorial. Enquanto a região Norte concentra o maior volume de recursos hídricos, a região Nordeste apresenta um cenário oposto, com escassez na maior parte de seu território (Nunes; Júnior; Silveira, 2019).

Ao longo dos anos, têm ocorrido discussões sobre o tema com o objetivo de proteger, preservar e assegurar a disponibilidade de água. Essas discussões resultaram na promulgação da Lei Federal nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997, conhecida como "Lei das Águas". Esta lei estabeleceu a PNRH e criou o Sistema

Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH, servindo como base legal para o gerenciamento dos recursos hídricos no país (Pereira; Johnsson, 2005; Junqueira; Saiani; Passador, 2011).

Sendo um dos principais instrumentos instituídos pela Lei Federal nº 9.433/1997, a PNRH, estabelece os instrumentos para a gestão dos recursos hídricos no Brasil. Entre eles estão: os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos d'água, a outorga de direito de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso da água, a compensação a municípios e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (Correio; Barp, 2014).

De acordo com Pereira e Johnsson (2005), a consolidação da reforma institucional no setor de recursos hídricos no Brasil ocorreu somente no ano de 2000, quando foi criado ANA, uma entidade federal para implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e coordenar o SINGREH por meio da Lei Federal nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Atualmente, a gestão de recursos hídricos no Brasil é uma responsabilidade compartilhada entre várias entidades que debatem e deliberam sobre o tema, sendo coordenada pelo SINGREH (Nicollier; Kiperstok; Bernardes, 2023).

Estabelecida na Lei Federal nº 9.433/1997, a gestão de recursos hídricos no Brasil, adotou-se a bacia hidrográfica como sendo a unidade territorial para implementação da PNRH e atuação do SNIRH (Correio; Barp, 2014).

A gestão de recursos hídricos segmentada por bacias hidrográficas apresenta uma abordagem mais integrada, permitindo identificar e abordar problemas específicos relacionados ao uso e à qualidade da água em áreas geograficamente delimitadas. Isso resulta em uma maior eficiência na gestão, ao considerar as interações entre diferentes corpos d'água e adaptar as soluções às necessidades e características locais (Borsoi; Torres, 1997; Correio; Barp, 2014).

A divisão hidrográfica nacional, instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, é composta por doze regiões hidrográficas, cada uma delas inclui bacias, grupos de bacias ou sub-bacias hidrográficas próximas, que compartilham características naturais, sociais e econômicas semelhantes, as regiões são: Região Hidrográfica Amazônica; Região Hidrográfica Atlântico Leste; Região Hidrográfica Atlântico Sudeste; Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental; Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental; Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia; Região Hidrográfica Parnaíba; Região Hidrográfica São Francisco; Região

Hidrográfica Atlântico Sul; Região Hidrográfica Paraguai; Região Hidrográfica Paraná; e Região Hidrográfica do Uruguai (ANA, 2024).

3.3 Gestão de Recursos Hídricos no estado de São Paulo

No estado de São Paulo, a gestão de recursos hídricos é norteada por um conjunto de Leis e Decretos, das quais tem a função de orientar e regulamentar as ações relacionadas ao uso, conservação e proteção dos recursos hídricos. Estabelecendo diretrizes para a gestão eficiente da água, tais como a implementação da cobrança pela utilização, a disciplina do uso do solo para a proteção dos mananciais, além da criação da Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras.

. Sendo a principal, a Lei Estadual nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, estabelecendo as normas de orientação - PERH e ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SIGRH. Além disso, a Lei Estadual nº 7.663, determinou a adoção da bacia hidrográfica como a unidade para a gestão no estado.

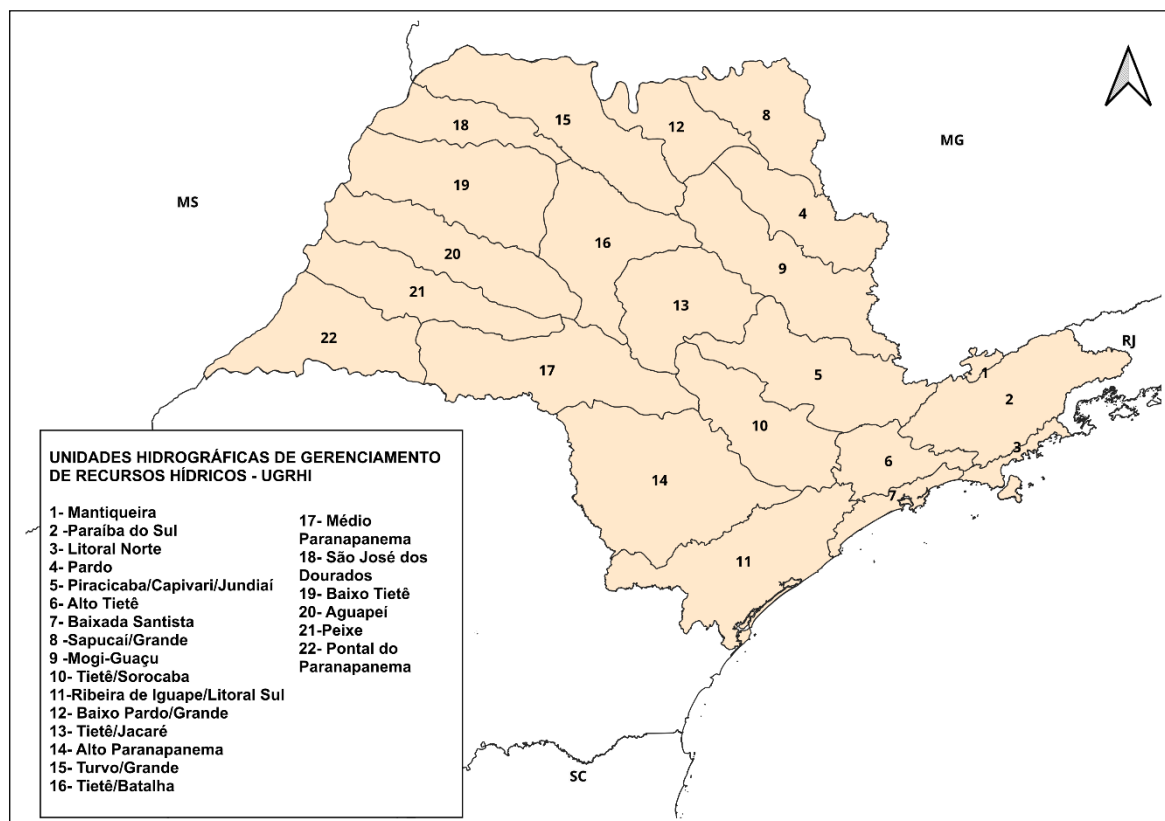
Tornando-se pioneiro na gestão de recursos hídricos no Brasil, o estado de São Paulo destaca-se dos demais estados brasileiros ao longo das últimas décadas por sua estrutura institucional bem desenvolvida. Sendo o primeiro estado do Brasil a outorgar uso da água, o estado busca constantemente aprimorar a gestão dos recursos hídricos, implementando novos dispositivos regulamentados por decretos e leis (Junqueira; Saiani; Passador, 2011; Baltar *et al.*, 2003).

A gestão dos recursos hídricos no estado de São Paulo é marcada por uma evolução na legislação, com um importante marco regulatório datado de 1987, quando foi publicado o Decreto de 11 de novembro de 1987, que criou o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, estabeleceu diretrizes para o PERH e definiu outras providências. De acordo com o portal de Legislação de Recursos Hídricos, do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo - SIGRH (2024), atualmente, o estado conta com aproximadamente 17 leis e 44 decretos publicados, que desempenham um papel fundamental na consolidação e no aperfeiçoamento da política de recursos hídricos no estado de São Paulo.

Outro importante marco na gestão de recursos hídricos no estado de São Paulo foi a promulgação da Lei nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994, que instituiu a divisão

do estado em 22 Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI, com base nos divisores de água e outros critérios ambientais, socioeconômicos e administrativos. Conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1- Representação do Estado de São Paulo em UGRHI



Fonte: Autor, com base na Lei nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994.

A nível de gerenciamento nacional, o estado de São Paulo está inserido em três Regiões Hidrográficas Brasileiras, conforme apresentado na Figura 2. De acordo com Coordenadoria de Recursos Hídricos - CRHi (2023), cada uma dessas regiões apresenta as seguintes características:

- Região Hidrográfica do Rio Paraná: é a maior do estado, cobrindo aproximadamente 85% do território. Esta região tem uma importância crucial para a economia e para a produção de energia no país.
- Região Hidrográfica do Atlântico Sul: Localizada no extremo sul do estado, a Região Hidrográfica do Atlântico Sul forma uma rede de rios de portes pequenos.

- Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste: Possui uma rede hidrográfica mais complexa, com destaque para os rios Paraíba do Sul e Ribeira de Iguape, os maiores da região hidrográfica na porção dentro do estado de São Paulo.

Figura 2 - Mapa das Regiões Hidrográficas Nacionais.



Fonte: DPG/CRH/SRSB/SEMIL, 2023.

3.4 Balanço Hídrico

Água é recurso essencial à vida e manutenção dos ecossistemas, sendo primordial para o equilíbrio da vida no planeta e desenvolvimento humano (Fill *et al.*, 2005; Ngene *et al.*, 2021). O surgimento e desenvolvimento das civilizações ocorreram em torno do acesso à água segura, sendo um recurso fundamental para qualquer civilização sustentável, influenciando diretamente nas atividades agrícola, desenvolvimento do comércio, transporte e defesa (Hosseiny *et al.*, 2021; Soldi *et al.*, 2023).

No desenvolvimento das civilizações, a compreensão sobre ciclo hidrológico, mesmo que empírica, representou uma vantagem na utilização da água como um recurso indispensável para os múltiplos usos. De acordo com Martinhago *et al.* (2021), a preocupação com o ciclo hidrológico remonta a séculos atrás, como evidenciado pelos registros de 100 a.C., que tentaram descrever o ciclo hidrológico.

A compreensão do ciclo hidrológico e, mais especificamente, do balanço hídrico de uma bacia hidrográfica, torna-se essencial para avaliar o regime hidrológico local e as possibilidades de uso sustentável deste recurso (Martinhago *et al.*, 2021). O balanço hídrico é uma ferramenta analítica fundamental na hidrologia, responsável por quantificar as entradas e saídas de água em um sistema ao longo de um período determinado. Este método não apenas facilita a compreensão dos processos envolvidos no ciclo hidrológico regional, mas também subsidia decisões críticas na gestão de recursos hídricos (Rodrigues *et al.*, 2020; Mohebzadeh; Fallah, 2019).

Estudos recentes têm destacado a eficiência do balanço hídrico no monitoramento de disponibilidade de recurso hídrico ao longo de um determinado tempo, proporcionando compreensões valiosas para adaptação às mudanças climáticas e variações no uso da terra (Rodrigues *et al.*, 2020; Alves *et al.*, 2021). A dinâmica dos fluxos de água em uma bacia hidrográfica pode ser significativamente alterada por mudanças no uso do solo, impactando diretamente a disponibilidade e a qualidade da água (Braz *et al.*, 2017; Alves *et al.*, 2021).

Perante o contexto global de crescimento populacional, urbanização acelerada e mudanças climáticas, os desafios para a gestão sustentável dos recursos hídricos tornam-se cada vez mais complexos (Hobbs *et al.*, 2019). Sendo necessário empregar estratégias integradas que considerem não apenas as variáveis hidrológicas, mas também o impacto do clima e das atividades humanas na dinâmica das bacias hidrográficas (Sun *et al.*, 2020).

No Brasil, muitos estudos têm sido conduzidos com foco no balanço hídrico de bacias hidrográficas, ou de utilizá-lo como uma ferramenta central de análise e gestão dos recursos hídricos em outros estudos (Abatzoglou *et al.*, 2018; Ning *et al.*, 2023; Albuquerque *et al.*, 2019; Abreu; Tonello, 2017).

O balanço hídrico é um parâmetro essencial na avaliação da disponibilidade dos recursos hídricos (Chen *et al.*, 2024). Em um estudo conduzido em 2012, a ANA identificou corpos de água críticos em rios federais, ressaltando a importância do monitoramento contínuo.

O gerenciamento de recursos hídricos deve ser fundamentado em ferramentas de suporte à decisão, a fim de manejar a exploração dos recursos hídricos e evitar tanto a superexploração quanto possíveis crises de escassez (Ahmed *et al.*, 2024).

Segundo a ANA (2021), o balanço hídrico nacional para o ano de 2020 e a projeção para o ano de 2040 revelaram que a maior incidência de comprometimento está na porção leste do país, enquanto na região Nordeste, especialmente no Semiárido, foram observados resultados apenas nos reservatórios e trechos perenizados dos rios, devido à predominância de trechos intermitentes. As projeções para 2040 indicam um aumento geral no comprometimento hídrico em todas as regiões analisadas. Decorrente da redução das chuvas, a tendência é que a estiagem se intensifique ainda mais na região Nordeste, fenômeno que será observado nas demais regiões do país (Siqueira *et al.*, 2021).

Nas últimas duas décadas, a região Sudeste do Brasil enfrentou uma acentuada redução na disponibilidade hídrica devido à baixa pluviosidade e alta demanda por múltiplos usos, com destaque para a Região Metropolitana de São Paulo - RMSP, que entre os anos de 2013 a 2015 passou por severa crise hídrica (Gesualdo *et al.*, 2019; Lima; Lombardo; Magaña, 2018; Targa; Batista, 2015; Jacobi; Buckeridge; Ribeiro, 2021).

O balanço hídrico no estado de São Paulo, realizado por subUGRHI, para o ano de 2022, apresenta um cenário desfavorável para segura hídrica, com destaque para bacia do rio Tietê, a qual apresentou maior parte das suas áreas com valores acima de 50% de comprometimento, sendo observado maior concentração de regiões com maior índice de comprometimento próximas da RMSP (CRHi, 2023).

A demanda hídrica na UGRHI 10 – Médio Tietê e Rio Sorocaba é desfavorável em sua maior parte, comparando a oferta e a demanda, a disponibilidade de água diminui 1% ao ano, proporcionalmente à taxa de crescimento populacional, destaca-se que a sub-bacia do Baixo Sorocaba se encontra em situação ruim, sendo o Médio Sorocaba a situação mais alarmante (CBH-SMT, 2023).

3.5 Método da Regionalização Hidrológica do estado de São Paulo

Para realizar a quantificação da disponibilidade hídrica, é essencial conhecer as vazões dos cursos de água em qualquer ponto selecionado da bacia hidrográfica. No entanto, devido à baixa densidade das redes fluviométricas, é necessário

desenvolver modelos hidrológicos que possam fornecer essas vazões (Wolff; Duarte; Mingoti, 2014; Finck *et al.*, 2024).

A Regionalização das Vazões é um método amplamente utilizado para calcular vazões em áreas sem informações. Esse método utiliza dados de séries históricas disponíveis de uma região específica para estimar a vazão em outras região (Ferreira *et al.*, 2021).

Existe diversos métodos de Regionalização, os tradicionais, mais utilizados no Brasil, foram baseados em regressão e proporcionalidade entre vazão e área de drenagem (Ferreira *et al.*, 2021; Finck *et al.*, 2024).

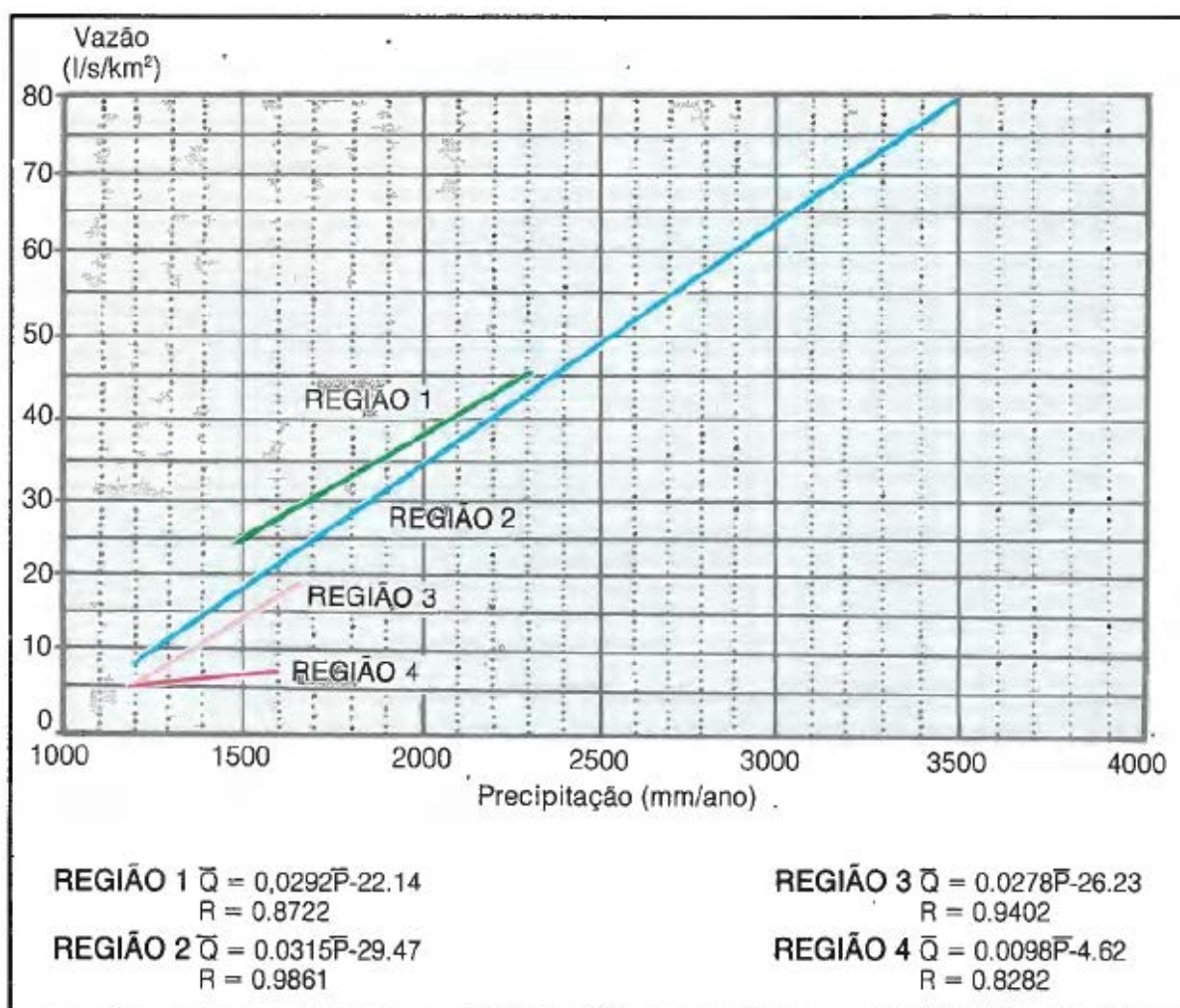
No estado de São Paulo, o método de regionalização é amplamente empregado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, atual SP Águas, desde a década de 1980, pois oferece uma alternativa eficaz para estimar a disponibilidade hídrica em regiões que não possuem dados hidrogeológicos suficientes (Wolff; Duarte; Mingoti, 2014). O método de regionalização utilizado na gestão de recursos hídricos, denominado como “Metodologia de Regionalização Hidrogeológica do Estado de São Paulo” (Liazi *et al.*, 1986).

A metodologia de regionalização hidrogeológica do Estado de São Paulo foi desenvolvida pela equipe de hidrologia do DAEE, que, desde 1980, se dedicou a estudos de regionalização como o objetivo de definir uma metodologia para a estimativa das disponibilidades hídricas nas diversas bacias hidrográficas do estado de São Paulo, especialmente naquelas que não dispõem de dados hidrogeológicos (Liazi *et al.*, 1986).

Os estudos se basearam em dados de precipitação coletados em 444 postos pluviométricos, bem como em séries de vazões mensais observadas em 219 estações fluviométricas e em séries históricas de vazões diárias de 88 estações fluviométricas, totalizando 307 estações fluviométricas utilizadas (Liazi *et al.*, 1986).

Os estudos de regionalização hidrogeológica do Estado de São Paulo, permitem avaliar a vazão média de longo período, a vazão mínima de sete dias associada a um período de ocorrência, volumes de regularização intra-anual e a curva de permanência (Liazi *et al.*, 1986).

Desenvolvimento dos estudos regionalização hidrogeológica do Estado de São Paulo, resultou na identificação de 21 regiões hidrologicamente semelhantes no estado (Figura 3), que foram classificadas de “A a U”. podendo assim avaliar a

Figura 4 - Equações das retas de regressão para vazão média pluriannual

Fonte: Liazzi *et al.*, (1986).

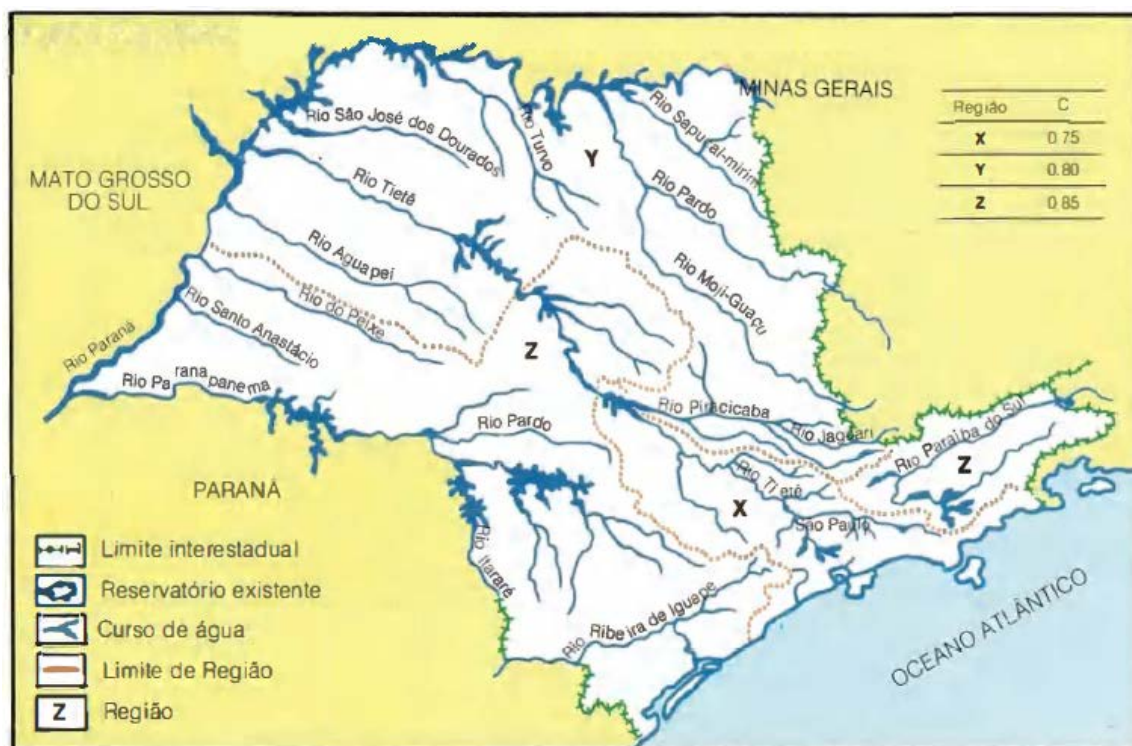
Já as vazões mínimas de diferentes durações foram calculadas a partir das vazões médias mensais observadas, gerando séries anuais para períodos consecutivos de 1 a 12 meses. Essas séries foram então analisadas usando a distribuição de probabilidade de Weibull. Para determinar as vazões mínimas em diferentes períodos de retorno, utilizou-se uma equação que considera a média das vazões mínimas e a vazão média de longo período. Verificou-se que a média das vazões de estiagem varia linearmente com a duração, especialmente para períodos inferiores a seis meses (Liazzi *et al.*, 1986).

Para a variável X , calculou-se os valores para X_T , para os períodos de retorno 10, 15, 20, 25, 50 100 anos, conforme é apresentado na (Tabela 1).

A partir da relação entre a média das vazões mínimas anuais de sete dias consecutivos ($\bar{Q}_7$), e a média das vazões mínimas anuais de um mês ($\bar{Q}_M$), foram

identificadas as regiões hidrológicas no estado de São Paulo. Esse cálculo, realizado pela divisão de $(\bar{Q}_7)$, por $(\bar{Q}_M)$, permitiu identificar três regiões hidrológicas semelhantes. O valor obtido a partir dessa relação foi denominado parâmetro C, conforme apresentado na (Figura 5). E o valor, A e B, são os coeficientes da reta de regressão da média das vazões mínima (Liazi et al., 1986).

Figura 5 - Regiões hidrológicas semelhantes para o parâmetro C



Fonte: Liazi et al., (1986).

Tabela 1 - Parâmetros regionais da Regionalização das Variáveis Hidrológicas do Estado de São Paulo

Região	Média plu. ($\bar{Q}$)		Valores de X_T						Valores de A e B	
	a	b	Período de Retorno T						A	B
			10	15	20	25	50	100		
A	- 22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,3532	0,0398
B	- 29,47	0,0315	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,4174	0,0426
C	- 29,47	0,0315	0,748	0,723	0,708	0,698	0,673	0,656	0,4174	0,0426
D	- 22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,5734	0,0329

E	- 22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,4775	0,0330
F	- 22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,6434	0,0252
G	- 26,23	0,0278	0,632	0,588	0,561	0,543	0,496	0,461	0,4089	0,0332
H	- 29,47	0,0315	0,748	0,723	0,708	0,698	0,673	0,656	0,4951	0,0279
I	- 29,47	0,0315	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,6276	0,0283
J	- 29,47	0,0315	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,4741	0,0342
K	- 26,23	0,0278	0,689	0,658	0,639	0,626	0,595	0,572	0,4951	0,0279
L	- 26,23	0,0278	0,759	0,733	0,717	0,706	0,677	0,654	0,6537	0,0267
M	-4,62	0,0098	0,759	0,733	0,717	0,706	0,677	0,654	0,6141	0,0257
N	- 26,23	0,0278	0,689	0,658	0,639	0,626	0,595	0,572	0,4119	0,0295
O	- 26,23	0,0278	0,689	0,658	0,639	0,626	0,595	0,572	0,3599	0,0312
P	- 26,23	0,0278	0,619	0,577	0,552	0,535	0,492	0,459	0,3599	0,0312
Q	-4,62	0,0098	0,633	0,572	0,533	0,504	0,426	0,358	0,6537	0,0267
R	-4,62	0,0098	0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546	0,6141	0,0257
S	-4,62	0,0098	0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546	0,5218	0,0284
T	-4,62	0,0098	0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546	0,4119	0,0295
U	-4,62	0,0098	0,594	0,518	0,469	0,433	0,330	0,240	0,4119	0,0295

Fonte: Adaptado de Liazzi *et al.*, (1986).

A Tabela 1 apresenta os coeficientes específicos para as 21 regiões hidrologicamente semelhantes do estado de São Paulo, considerando períodos de retorno de até 100 anos. Com base nesses dados e com o auxílio das Figuras 3 e 5, é possível calcular, a partir da precipitação anual e da área de drenagem, a vazão média e a vazão mínima de sete dias consecutivos para uma recorrência de 10 anos, para qualquer curso de água no estado de São Paulo.

3.6 Coleta de Dados e tratamento de dados

Obter estimativas confiáveis das variáveis hidrológicas em regiões pouco monitoradas continua sendo um desafio significativo, essencial para uma representação precisa do balanço hídrico (Kolling Neto, 2024).

A precipitação é uma das variáveis climáticas mais importantes e desempenha um papel crucial no balanço hídrico (Andersen; Wright; Thorndahl, 2024).

Compreender os padrões de precipitação é essencial para determinar a disponibilidade hídrica. Devido às mudanças climáticas, os modelos hidrológicos que utilizam dados de precipitação precisam ser calibrados constantemente (Mengistie *et al.*, 2024).

No Brasil, os dados de precipitação podem ser encontrados no Portal HidroWeb, que reúne mais de 23 mil estações pluviométricas e fluviométricas, disponibilizando séries históricas de dados provenientes de entidades públicas e privadas que realizam o monitoramento hidrológico (ANA, 2023).

No entanto, é comum que ocorra a presença de falhas nos registros de dados dessas estações, seja por problemas técnicos, manutenção, acesso limitado, áreas remotas ou eventos extremos que impossibilitem a medição (Arriagada; Karelovic; Link, 2021; Dembélé *et al.*, 2019). O preenchimento dessas falhas é crucial para assegurar a continuidade e a integridade dos dados, permitindo análises mais precisas e confiáveis (He *et al.*, 2024).

Diversas técnicas de preenchimentos de falhas de dados de precipitação podem ser aplicadas, podendo variar de simples interpolação a modelos estatísticos complexos (Dembélé *et al.*, 2019).

O método de regressão linear simples é uma técnica eficaz para preenchimento de falhas, utilizando dados de precipitação de estações vizinhas do mesmo período da falha. Este método correlaciona os dados por meio do parâmetro da reta de regressão, proporcionando maior precisão na análise (Bertoni; Tucci, 2000, p. 177-200).

3.7 Vazão de Referência

A vazão de referência é a vazão definida a partir de parâmetros hidrológicos, que representa a vazão disponível em um curso de água sob determinadas condições, sendo definido como o limite máximo possível de água utilizável nesse curso de água, a fim de garantir a proteção e manutenção do ecossistema (Silva *et al.*, 2006).

Existem diferentes tipos de vazões de referência, que variam das mais restritivas, baseada na disponibilidade ao longo do ano, a as vazões menos restritivas, calculadas com base em determinado período do ano (Ribeiro *et al.*, 2017).

No Brasil, as vazões de referência comumente utilizadas para a gestão de recursos hídricos são as vazões mínimas, caracterizadas por sua elevada

permanência no tempo, sendo calculadas através de métodos estatísticos (ANA, 2011).

As vazões mínimas de referência mais utilizadas incluem a Q_{90} e a Q_{95} , que são determinadas a partir de observações de um determinado posto fluviométrico ao longo de um período de tempo. Essas vazões correspondem àquelas que foram iguais ou superiores em 90% e 95%, respectivamente, do período de observação. Além disso, entre as vazões mais restritivas, destaca-se a vazão $Q_{7,10}$, que representa a menor vazão com duração de sete dias e período de retorno de dez anos (ANA, 2011; Costa *et al.*, 2019).

No Brasil, a adoção do tipo das vazões de referência varia conforme cada estado, sendo um elemento fundamental na gestão de recursos hídricos, especialmente no contexto da determinação da vazão passível de ser outorgada. Além de escolher o tipo de vazão de referência, cada estado estabelece critérios específicos baseados em percentuais dessa vazão referencial, a serem outorgadas (Silva *et al.*, 2006).

No estado de São Paulo, a vazão de referência para orientar as outorgas foi inicialmente estabelecida pela Lei Estadual nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994, que definia a vazão $Q_{7,10}$ como vazão de referência (São Paulo, 1994) e vazão outorgável 50% da $Q_{7,10}$. No entanto, essa lei foi revogada pela Lei Estadual nº 16.337, de 14 de dezembro de 2016, que estabelece que a vazão de referência deve ser aquela proposta nos planos de bacias hidrográficas e aprovada pelo CRH (São Paulo, 2016).

Apesar do estado de São Paulo não dispor atualmente de uma vazão de referência específica definida em lei para todas as suas regiões, ainda é amplamente utilizada pelo DAEE, a vazão $Q_{7,10}$ para orientar a emissão de outorgas. Isso está em conformidade com a Lei Estadual 16.337/16, que determina que, na ausência de critérios para análise de outorga nos planos de bacias hidrográficas, cabe às autoridades competentes definir esses critérios (São Paulo, 2016).

4 MATERIAL E MÉTODOS

A quantificação e análise da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Pirapora e dos seus afluentes, foi realizada através da análise da relação entre disponibilidade versus demanda de uso de água na bacia para diversos usos consuntivos. A disponibilidade hídrica foi obtida considerando o valor de 50% da vazão de referência $Q_{7,10}$.

Para o desenvolvimento da quantificação da disponibilidade foi determinado as vazões média e mínimas de sete dias de duração para um período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$), a partir do modelo regionalização para estado de São Paulo, desenvolvido pelo Liazi *et al.* (1988).

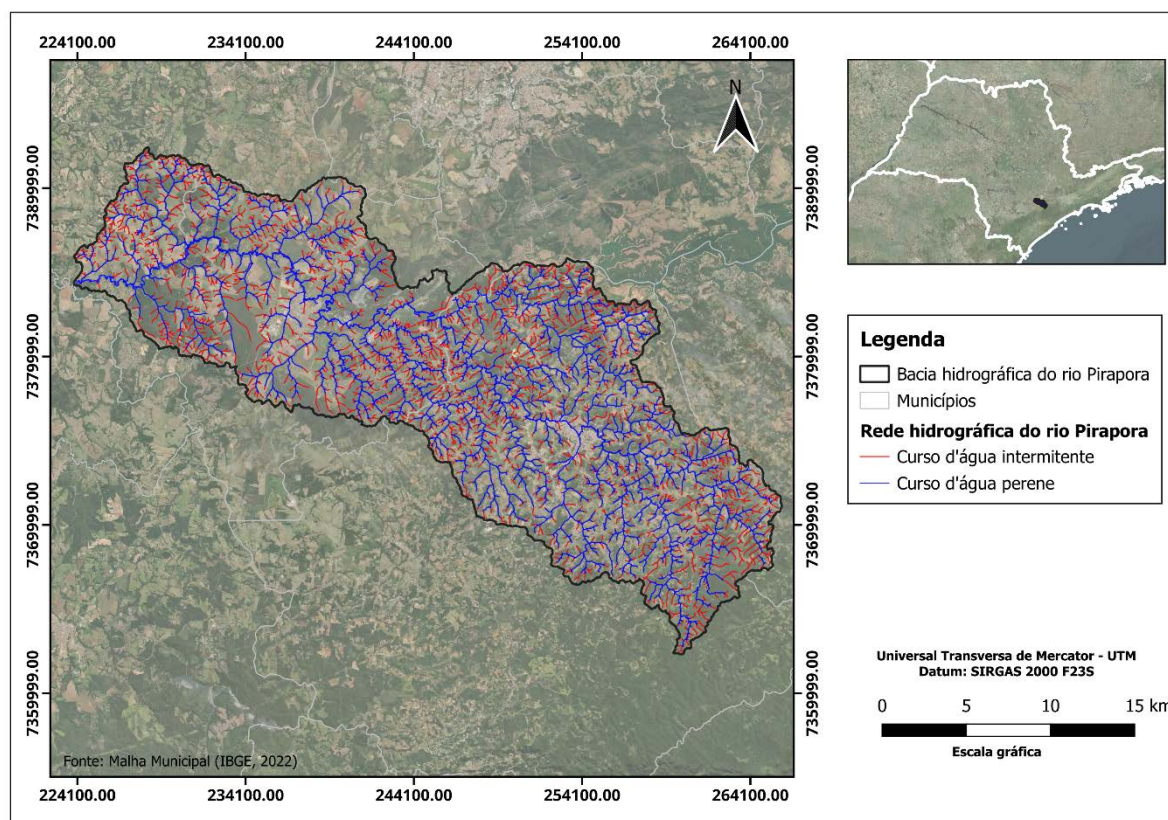
Para obter melhores resultados a partir da aplicação do método de regionalização foram utilizados dados atuais da região de estudo. Assim, foram selecionadas estações pluviométricas inseridas na bacia hidrográfica e nas suas adjacências até um raio de 30 km com uma série histórica mínima de 30 anos, compreendidos entre 1990 e 2019.

Para o desenvolvimento do modelo de regionalização da bacia hidrográfica do rio Pirapora foram utilizados dados da estação fluviométrica localizada a 12 km de distância do exutório do Rio Pirapora, situada no Rio Sarapuí, com 30 anos de registro das vazões, compreendidos entre 1990 e 2019.

A seguir, será descrito o desenvolvimento de cada processo metodológico adotado para a realização deste estudo, abrangendo as etapas de coleta e tratamento de dados, além do desenvolvimento do modelo de regionalização e análise dos dados. Detalhando os procedimentos técnicos e científicos utilizados, assegurando a replicabilidade e a validade dos resultados apresentados.

4.1 Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Pirapora está inserida na URGHI 10, na sub-bacia hidrográfica do Baixo Sorocaba, situada na Região Metropolitana de Sorocaba, dentro da Mesorregião Macro Metropolitana Paulista (Figura 6). Esta bacia abrange os municípios de Piedade, que abrange a maior parte da bacia, cobrindo 54% de sua área total, seguida por Salto de Pirapora, com 38,1%, e pelos municípios de Votorantim e Araçoiaba da Serra, que correspondem a 0,8% e 7,1%, respectivamente, da área total da bacia hidrográfica.

Figura 6 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Pirapora

Fonte: Elaborado pelo Autor.

De acordo com a Embrapa (2006), o solo na área de estudo é composto predominantemente por Argissolos Vermelho-Amarelos e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, sendo que esse último apresenta em menor quantidade. Adicionalmente, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2023), a área de estudo está situada sobre quatro Unidades Geomorfológicas: Planalto de São Roque – Jundiá, Planícies e Terraços Fluviais, Depressão Periférica do Médio Tietê e Planalto de Ibiúna. Estas unidades correspondem respectivamente a 2,42%, 1,30%, 36,33% e 59,94% do território da bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica de Pirapora está situada sobre nove unidades litoestratigráficas, sendo elas: Depósitos Aluvionares Holocênicos, Granito Atibaia, Granito Tapiraí, Itararé, Paranapiacaba, Piedade, Piragibu, Sorocaba e Votuverava. Essas formações geológicas são compostas por diferentes tipos de rochas, incluindo xisto, granito, rochas ígneas, rochas metamórficas e sedimentares (IBGE, 2023).

No que se refere ao clima, de acordo com Andrade *et al.* (2021), baseado na classificação de Köppen, define-se que o clima da bacia hidrográfica do Rio Pirapora

e seu entorno é classificado como Cwa, ou seja, temperado úmido com inverno seco e verão quente, com precipitação que varia entre 1.100 e 1.700 mm, com temperatura média anual de 20°C, sendo registrados as maiores precipitações nos meses de outubro e março, enquanto as menores são registradas nos meses de abril a setembro.

Em relação ao uso e ocupação do solo, a bacia hidrográfica do Rio Pirapora é caracterizada por grande diversidade, com destaque para áreas urbanizadas, como as sedes dos municípios de Salto de Pirapora e Piedade, além de formações florestais, silviculturas, pastagens e lavouras temporárias (MapBiomias, 2023).

A economia da bacia hidrográfica do Rio Pirapora é igualmente diversificada, abrangendo setores como indústria, comércio, mineração e agricultura. Esta última é predominante na cabeceira da bacia, onde pequenas propriedades agrícolas compõem o Cinturão Verde Paulista, com produção de frutas, legumes e verduras, destacando-se o morango, alcachofra, caqui, cenoura, batata, alface, couve, repolho, brócolis, pepino e pimentão, entre outros produtos (Calgaro, 2023).

Além de seu papel econômico significativo na região, a bacia hidrográfica do Rio Pirapora é a principal fonte de abastecimento de água para as cidades de Salto de Pirapora e Piedade (Andrade *et al.*, 2021). Essa importância ressalta a constante preocupação com a disponibilidade hídrica na bacia. Nos últimos anos, foram realizadas intervenções para aumentar a oferta de água para o abastecimento público. Entre essas intervenções estão a transposição de água entre bacias, conforme a Portaria 229/22 e Portaria 6303/22, publicadas Diário Oficial do Estado de São Paulo em: 19 de janeiro de 2022 e 30 de setembro de 2022, respectivamente.

4.2 Coleta e tratamento dados

4.2.1 Delimitação hidrográfica do Rio Pirapora

A base hidrográfica foi obtida através da vetorização com o uso do software QGIS versão 3.28.8 das cartas topográficas do ano de 1979, apresentadas na Quadro 1, elaboradas pelo Instituto Geográfico e Cartográfico - IGC na escala de 1:10.000, e aprimorada a partir das Ortofotos do Estado de São Paulo - 2010 / 2011, com resolução espacial aproximada de 1 m e composição colorida RGB, elaborada pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. – EMPLASA.

Quadro 1- Folhas Topográficas do IGC Utilizadas para Vetorização da Hidrografia

Articulação	Nome da Folha	Cod. da Folha
092/089	Bairro Jundiacanga	SF-23-Y-C-IV-2-NO-D
092/090	Jundiaguara	SF-23-Y-C-IV-2-NE-C
092/091	Fazenda São Marcos	SF-23-Y-C-IV-2-NE-D
093/088	Bairro Cercado	SF-23-Y-C-IV-2-NO-E
093/089	Fazenda Santo Antônio da bela Vista	SF-23-Y-C-IV-2-NO-F
093/090	Bairro Pirapora	SF-23-Y-C-IV-2-NE-E
093/091	Bairro Utinga	SF-23-Y-C-IV-2-NE-F
093/092	Bairro do Arado	SF-23-Y-C-V-1-NO-E
093/093	Santa Helena	SF-23-Y-C-V-1-NO-F
094/088	Bairro São Bento	SF-23-Y-C-IV-2-SO-A
094/089	Bairro da Barra	SF-23-Y-C-IV-2-SO-B
094/090	Salto de Pirapora I	SF-23-Y-C-IV-2-SE-A
094/091	Piraporinha	SF-23-Y-C-IV-2-SE-B
094/092	Bairro Jurupará	SF-23-Y-C-V-1-SO-A
094/093	Fazenda Limal	SF-23-Y-C-V-1-SO-B
094/094	Antilhas I	SF-23-Y-C-V-1-SE-A
095/089	Bairro dos Alves	SF-23-Y-C-IV-2-SO-D
095/090	Salto de Pirapora II	SF-23-Y-C-IV-2-SE-C
095/091	Bairro Juncal	SF-23-Y-C-IV-2-SE-D
095/092	Bairro boa vista de baixo	SF-23-Y-C-V-1-SO-C
095/093	Piedade I	SF-23-Y-C-V-1-SO-D
095/094	Bairro Paruru	SF-23-Y-C-V-1-SE-C
096/091	Bairro dos Buenos	SF-23-Y-C-IV-2-SE-F
096/092	Bairro do Funil	SF-23-Y-C-V-1-SO-E
096/093	Piedade II	SF-23-Y-C-V-1-SO-F
096/094	Bairro Piraporinha	SF-23-Y-C-V-1-SE-E
096/095	Vargem do Salto	SF-23-Y-C-V-1-SE-F
097/092	Bairro Caetezal de Baixo	SF-23-Y-C-V-3-NO-A
097/093	Bairro dos Pintos	SF-23-Y-C-V-3-NO-B
097/094	Bairro Furnas	SF-23-Y-C-V-3-NE-A
097/095	Bairro do Lajeado	SF-23-Y-C-V-3-NE-B
098/093	Vila Elvio	SF-23-Y-C-V-3-NO-D
098/094	Bairro Fazendinha	SF-23-Y-C-V-3-NE-C

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2 Delimitação das Bacias Hidrográficas

A bacia do Rio Pirapora e os seus afluentes foram delimitadas a partir do FABDEM (*Forest And Buildings Removed Copernicus DEM*), com o uso do conjunto de ferramentas do GRASS (r.fill.dir, r.water.outlet e r.to.vect), disponível no software QGIS 3.28.8, com os pontos conhecidos do exutório do Rio Pirapora e seus afluentes, foram delimitadas as bacias hidrográficas e convertidas em arquivos vetoriais, os

quais foram refinados manualmente com o uso das cartas do IGC (1979). Essas sub-bacias foram numeradas de 1 a 54, seguindo a direção de jusante para montante. Para proporcionar um melhor detalhamento dos resultados, a bacia do rio principal foi subdividida em trechos, sendo cada trecho compreendido entre os exutórios das sub-bacias. A delimitação das sub-bacias foi realizada para cursos d'água a partir daqueles classificados como de nível 2, conforme o método de Horton (1945), modificado por Strahler (1964). Além dos cursos de água de nível 1, não foram considerados na delimitação de bacias os cursos formados por ramificações simples ou pela confluência de dois cursos de água intermitentes.

A bacia do Rio Sarapuí foi delimitada parcialmente até o ponto de localização da estação fluviométrica nº 62490000, cujos dados serão utilizados para o desenvolvimento do método de regionalização. Esse método exige que os dados se refiram a um ponto localizado no exutório ou após ele, para garantir que sejam representativos para a área de interesse. Para isso, utilizaram-se os mesmos procedimentos citados para a bacia do Rio Pirapora, com o uso do modelo FABDEM e do conjunto de ferramentas do GRASS (r.fill.dir, r.water.outlet e r.to.vect), disponível no software QGIS 3.28.8, mas sem o refinamento com uso das cartas do IGC (1979).

4.2.3 Demanda Hídrica Superficial

A demanda hídrica da bacia do Rio Pirapora foi calculada com base no levantamento dos usuários de recursos hídricos regularizados para os usos consuntivos, abrangendo os diversos tipos de finalidades, disponível no portal de Informações do Sistema de Outorga Eletrônica - SOE-DAEE (2023). Para o cálculo das demandas hídricas, consideraram-se as captações superficiais como subtração e os lançamentos superficiais como adição.

Os dados sobre os usuários de recursos hídricos foram espacializados no software QGIS 3.28.8 e organizados em tabela conforme a respectiva sub-bacia hidrográfica.

4.2.4 Dados Pluviometria

Para a realização deste estudo, foram selecionadas 17 estações pluviométricas, disponíveis no HidroWeb do SNIRH, situadas tanto dentro quanto nas proximidades da bacia hidrográfica do Rio Pirapora.

O critério utilizado para a seleção das estações pluviométricas foi estar dentro de raio de 30 km, a partir do limite da bacia hidrografia do Rio Pirapora e que tivessem a disponibilidade de, no mínimo, 30 anos de dados de pluviometria, conforme recomendado pela *World Meteorological Organization* - WMO (1989, 2008). As estações selecionadas estão apresentadas na Quadro 2.

Quadro 2 - Lista de estações pluviométrica.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Município	Operadora
2347025	Iperó	23.333	47.683	Iperó	DAEE-SP
2347027	Bairro Sarapuí	23.4	47.767	Tatuí	DAEE-SP
2347029	Dona Catarina	23.433	47.25	Mairinque	DAEE-SP
2347038	Mairinque	23.55	47.183	Mairinque	DAEE-SP
2347042	Salto De Pirapora	23.65	47.567	Salto De Pirapora	DAEE-SP
2347043	Ibiúna	23.65	47.217	Ibiúna	DAEE-SP
2347046	Caucaia Do Alto	23.683	47.017	Cotia	DAEE-SP
2347048	Sítio Frutolândia	23.75	47.483	Piedade	DAEE-SP
2347049	Usina Batista	23.833	47.65	Pilar Do Sul	DAEE-SP
2347051	Juquitiba	23.933	47.067	Juquitiba	DAEE-SP
2347053	Tapiraí	23.967	47.5	Tapiraí	DAEE-SP
2347058	Fazenda São Mateus	23.328	47.764	Tatuí	CPRM
2347059	Eden (Pirajibu)	23.42	47.404	Sorocaba	CPRM
2347060	Salto De Pirapora	23.638	47.573	Salto De Pirapora	CPRM
2347061	Bairro Do Sarapuí	23.495	47.813	Alambari	CPRM
2347062	Juquitiba - II	23.933	47.073	Juquitiba	CPRM
2347146	Mato Do Gado	23.717	47.117	Ibiúna	DAEE-SP

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A partir dos dados de pluviometria provenientes do SNIRH, para a seleção da série histórica de 30 anos, definiu-se o ano de 1990 como o início da série e o ano de 2019 como o fim da série. Utilizando o software de planilhas Excel 2016, os dados foram inicialmente agrupados mensalmente. Identificou-se os meses com falhas nas informações diárias de precipitação e estes foram corrigidas e preenchidas utilizando o método de regressão linear disponível na ferramenta de análise de dados do Excel.

Para preencher as falhas da série histórica de pluviometria pelo método de regressão linear simples, os dados mensais de precipitação das 17 estações foram agrupados e organizados em 12 tabelas, uma para cada mês do ano. Cada tabela contém a série histórica dos 30 anos para o respectivo mês. Utilizou-se uma estação vizinha, que não apresentasse falhas no intervalo de interesse, como variável independente. Através da regressão linear simples, determinou-se a constante (interceptação da reta com o eixo vertical) e o coeficiente angular (representando a inclinação). Aplicando esses parâmetros na equação da regressão linear, foram estimados os dados de precipitação nas estações com falhas. Os dados consistentes da precipitação encontram-se no Apêndice I.

Para escolher a estação vizinha a ser utilizada para preenchimento das falhas de uma determinada estação, além do critério de que ela não deve apresentar falhas no intervalo de interesse, é necessário que apresente um valor de F significativo, com um nível de significância menor que 0,05 (valor de $p < 0,05$), atendendo à hipótese nula.

Para as estações com falhas em apenas alguns dias do mês, onde o valor total estimado pela regressão linear foi menor que o valor medido no mês, optou-se por manter o valor medido com falhas, considerando que o valor estimado adotado não pode ser inferior ao valor medido. Com as falhas pluviométricas preenchidas, foi obtida a média aritmética Simples mensal e anual das 17 estações para os 30 anos de observações.

4.2.5 Dados Fluviométricos do Rio Sarapuí

Os dados de vazão média mensal do Rio Sarapuí foram obtidos a partir da estação codificada como nº 62496001, disponível no Portal HidroWeb do SNIRH. Com o auxílio do software Excel, os dados referentes aos anos de 1990 a 2019 foram organizados por mês, e as falhas foram preenchidas pela média da série de 30 anos para o respectivo mês. Os dados consistentes de vazão média mensal do Rio Sarapuí encontram-se no Apêndice II.

4.3 Regionalização das Vazões

4.3.1 Vazão média de Longo Período.

Conforme Tucci (2000), a vazão média de longo período representa a maior vazão passível de ser regularizada em uma bacia. De acordo com Liazi *et al.* (1986), a descarga média plurianual em uma seção específica de um curso de água pode ser estimada com boa precisão utilizando a relação linear entre essa vazão e a precipitação média anual total na bacia hidrográfica, conforme pode ser visto na Equação 1.

$$\bar{Q} = a + b.\bar{P} \quad (1)$$

Sendo:

$\bar{Q}$ é a vazão média plurianual

$\bar{P}$ é a precipitação anual média da bacia hidrográfica.

a e b são parâmetros da reta de regressão.

Para que essa equação possa ser aplicada para definir a vazão em qualquer ponto de interesse da rede de drenagem do Rio Pirapora, em função da área de drenagem do ponto de interesse, é necessário definir os parâmetros a e b . Esses parâmetros foram encontrados através da reta de regressão linear da vazão média anual em função da precipitação anual, para um ponto próximo ao exutório. Os parâmetros a e b foram obtidos a partir dos dados da estação codificada como nº 62496001, localizada no Rio Sarapuí.

4.3.1.1 Vazão média plurianual

A vazão média plurianual para a série histórica de 30 anos (1990 a 2019) foi obtida a partir da média mensal das vazões consistidas do Rio Sarapuí, referentes à estação codificada como nº 62496001.

4.3.1.2 Precipitação anual média

Com o uso do software BioEstat 5.3, aplicou-se o teste de correlação de Pearson nas 17 estações pluviométricas selecionadas, a fim de avaliar a relação entre as duas variáveis contínuas: vazão média anual e precipitação anual. Observando-se uma correlação positiva entre todas as variáveis, as estações pluviométricas que não apresentaram uma relação estatisticamente significativa, ou seja, com valor de $p > 0,05$, foram descartadas.

Com os dados da precipitação anual das estações remanescentes do teste de correlação de Pearson, utilizando a ferramenta IDW (*Inverse Distance Weighted*) disponível no software QGIS, foram elaborados 30 mapas pluviométricos para os anos de 1990 a 2019 da bacia do Rio Sarapuí. Com base nesses mapas, foi obtida a precipitação média anual da bacia hidrográfica para os anos de 1990 a 2019.

4.3.1.3 Cálculo dos Parâmetros da Reta de regressão.

Os valores dos parâmetros a e b , foram calculados a partir da reta de regressão linear e representam respectivamente, a interceptação da reta com o eixo vertical e a inclinação da reta.

4.3.2 Vazão mínima de d meses consecutivos

Para o cálculo da vazão mínima de d meses de duração associada a uma probabilidade de ocorrência em um determinado ano, foi utilizada a série histórica de 30 anos de vazão média consistida da estação hidrológica codificada com o nº 62496001, localizada no Rio Sarapuí. Conforme o modelo apresentado em 1983 pelo DAEE, atual SP Águas - Agência de Águas do Estado de São Paulo, a partir dos dados da vazão média mensal e com auxílio do software Excel, foram obtidas 12 séries de vazões mínimas anuais para os períodos consecutivos de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 meses, referentes aos anos de 1990 a 2019. A partir dessas 12 séries anuais, foram selecionadas as vazões mínimas de cada série e, posteriormente, essas vazões mínimas (Q_d) foram divididas pela média das vazões mínimas ($\bar{Q}_d$) de cada duração. Conforme apresentado na Equação 2.

$$X_d = \frac{Q_d}{\bar{Q}_d} \quad (2)$$

Sendo:

Q_d : Vazões mínimas

$\bar{Q}_d$: Média das vazões mínimas.

As novas séries adimensionais, originadas a partir da divisão das séries de vazões mínimas anuais pela vazão média das mínimas de cada mês de duração, foram submetidas à distribuição de probabilidade de Weibull, também conhecida como Extremos do Tipo III. De acordo com Granemann e Mine (2015), essa é uma das distribuições que melhor se ajusta às vazões mínimas. Além disso, conforme Clarke e Tucci (2000), essa distribuição é adequada para ser aplicada nas distribuições de vazões mínimas.

As distribuições acumuladas para as diferentes séries de duração foram agrupadas. De acordo com Liazi *et al.* (1986), o agrupamento das durações é possível devido às suas semelhanças, o que torna a variável independente da duração d e a Equação 2 pode ser reescrita como é apresentado na Equação 3.

$$X = \frac{Q_d}{\bar{Q}_d} \quad (3)$$

Sendo:

Q_d : Vazões mínimas

$\bar{Q}_d$: Média das vazões mínimas.

Dessa forma, aplica-se a função de distribuição acumulada de Weibull, representada pela Equação 4.

$$F(x) = 1 - e^{-\left[\frac{x-\gamma}{\beta-\gamma}\right]^\alpha} \quad (4)$$

Sendo:

α : Parâmetro de escala;

β : Parâmetro de Locação e;

γ : Parâmetro de limite inferior da variável aleatória.

A partir da série histórica agrupada, com auxílio do Software Excel, calculou-se a média, variância e Coeficiente de assimetria por meio das Equações 5, 6 e 7.

$$\bar{X} = \Sigma X_i / N \quad (5)$$

$$S_x^2 = (\Sigma (X_i - \bar{X})^2) / N \quad (6)$$

$$g_x = \left[\frac{\Sigma (X_i - \bar{X})^3}{N} \right] / S_x^3 \quad (7)$$

Sendo:

$\bar{X}$: Média Aritméticas das amostras

S_x^2 : Variância

g_x : Coeficiente de assimetria

X_i : Amostra aleatória

N : Número de Amostra

A média, variância e o coeficiente de assimetria de uma variável aleatória da distribuição de Weibull podem ser expressas pelas Equações 8, 9 e 10.

$$E[x] = \gamma + (\beta - \gamma) \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \quad (8)$$

$$VAR[X] = (\beta - \gamma)^2 \cdot [\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)] \quad (9)$$

$$g_x = \left(\Gamma\left(1 + \frac{3}{\alpha}\right) - 3\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) + 2\Gamma^3\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \right) / \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \right]^{3/2} \quad (10)$$

Sendo:

$\Gamma(x)$: É a função gama;

$E[x]$: Média Aritméticas das amostras;

$VAR[X]$: Variância;

g_x : Coeficiente de assimetria;

α : Parâmetro de escala;

β : Parâmetro de Localização e;

γ : Parâmetro de limite inferior da variável aleatória.

Com o valor obtido do coeficiente de assimetria (g_x), por meio da Equação (7), e substituindo esse valor na Equação (10), calcula-se o valor de alfa. Esse cálculo foi desenvolvido pelo método das *iterações* realizado pela ferramenta *solver*, disponível no Excel. Com esse valor de alfa, foram calculados os valores de $A(\alpha)$ e $B(\alpha)$ pelas Equações 11 e 12 respectivamente.

$$A(\alpha) = \left[1 - \Gamma \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right] \cdot B(\alpha) \quad (11)$$

$$B(\alpha) = \left[\Gamma \left(1 + \frac{2}{\alpha} \right) - \Gamma^2 \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right]^{-1/2} \quad (12)$$

Os parâmetros β e γ , foram calculados a partir da seguinte relação:

$$\beta \cong \bar{X} + S_x \cdot A(\alpha) \quad (13)$$

$$\gamma \cong \beta \cdot + S_x \cdot A(\alpha) \quad (14)$$

Para:

$$Fx(X) = \frac{1}{T} \quad (15)$$

Sendo:

T : Período de Retorno;

S_x : Desvio padrão;

α : Parâmetro de escala;

β : Parâmetro de Localização e;

γ : Parâmetro de limite inferior da variável aleatória.

Para calcular o valor de variável aleatória em Função do Período de Retorno T, a equação função de distribuição acumulada de Weibull foi reescrita e substituída a Equação (15) na Equação (4), conforme pode ser visto na Equação 16.

$$X_T = \gamma + (\beta - \gamma) \cdot \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^{\frac{1}{\alpha}} \quad (16)$$

Sendo:

T : Período de Retorno;

α : Parâmetro de escala;

β : Parâmetro de Locação; e

γ : Parâmetro de limite inferior da variável aleatória.

A partir da Equação (16), foi calculado o valor de X_T , para os períodos de retorno de 10 anos. De acordo com Liazi *et al.* (1986), pode se obter o valor X_T para qualquer bacia hidrográfica, conforme pode ser visualizado na equação 17.

$$Q_{d,T} = X_T \cdot \bar{Q}_d \quad (17)$$

De acordo com Liazi *et al.* (1986), a partir de estudos realizados, verificou-se que as médias das vazões de estiagem variam linearmente com a duração d meses, para T inferior a seis meses. De acordo com Liazi *et al.* (1988), é possível representar a vazão média conforme é apresentado na Equação 18.

$$\bar{Q}_d = a + b \cdot d, \text{ para } d \leq 6. \quad (18)$$

Dividindo ambos os lados da Equação 18 pela vazão média de longo período ($\bar{Q}$), conforme é expresso na Equação 19.

$$\frac{\bar{Q}_d}{\bar{Q}} = \frac{a}{\bar{Q}} + \frac{b}{\bar{Q}} \cdot d \quad (19)$$

E substituído $\frac{a}{\bar{Q}}$, por A e $\frac{b}{\bar{Q}}$, B respectivamente, tem-se:

$$\bar{Q}_d = (A + B \cdot d) \cdot \bar{Q} \quad (20)$$

Sendo, A e B coeficiente da reta de regressão da média das vazões mínima e duração d . Substituído a Equação 20 na Equação 17, tem-se:

$$Q_{d,T} = X_t \cdot (A + B \cdot d) \cdot \bar{Q} \quad (21)$$

4.3.3 Vazão Mínimas anuais de sete dias Consecutivos.

Segundo Liazi *et al.* (1986), para obter vazões mínimas em intervalos de tempo inferiores a um mês, estudos anteriores mostraram que a variável padronizada X_n é definida por:

$$X_n = Q_n \cdot \bar{Q}_n ; n = 7, 30, 60, \dots 180 \text{ dias} \quad (22)$$

Sendo:

Q_n : A vazão mínima anual de n dias;

$\bar{Q}_n$: A média das mínima de n dias.

Conforme Liazi *et al.* (1986). admitindo se que a distribuição de probabilidade das séries das vazões mínimas definidas para 1, 2, 3, 4, ..., 12 meses consecutivos (X_d) é mesa distribuição de probabilidade para serie de vazões mínima (X_n) de 30, 60, ..., 180 dias consecutivos. partir dos cálculos e desenvolvidos para vazão mínima de d meses consecutivos para probabilidade de ocorrência ($\frac{1}{T}$). Rescrevendo a Equação (17), tem-se:

$$Q_{7,T} = X_T \cdot \bar{Q}_7 \quad (23)$$

Para o desenvolvimento da Equação (23) foram utilizados os dados da estação hidrológica codificada com o nº 62496001 para obter a média das vazões mínimas de sete dias (Q_7). Conforme Liazi *et al.* (1986), a partir da relação entre a média das mínimas anuais de sete dias consecutivos ($\bar{Q}_7$) e a média das mínimas anuais de um mês ($\bar{Q}_M$), definida por:

$$C = \frac{\bar{Q}_7}{\bar{Q}_M} \quad (24)$$

Sendo:

$\bar{Q}_7$: Média das mínimas anuais de sete dias consecutivos;

$\bar{Q}_M$: Média das mínimas anuais de um mês;

E, substituindo-se, $\bar{Q}_7$, na equação (23), tem-se:

$$Q_{7,T} = X_T \cdot C \cdot \bar{Q}_M \quad (25)$$

Sendo reescrita da seguinte forma:

$$Q_{7,T} = X_T \cdot C \cdot (A + B) \cdot \bar{Q} \quad (26)$$

4.4 Quantificação da disponibilidade hídrica

A quantificação da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Pirapora e das sub-bacias dos seus afluentes foi realizado com base na relação entre as demandas e as vazões disponível para usos, dos diversos trechos dos Rio Pirapora e seus afluentes, conforme pode ser verificado na Equação (27).

$$\text{Disponibilidade hídrica} = \text{Vazão disponível para uso} - \text{Demanda} \quad (27)$$

Sendo:

Demanda: A demanda hídrica corresponde à soma de todos os múltiplos usos consuntivos na bacia hidrográfica do Rio Pirapora, conforme o banco de dados do DAEE.

Vazão disponível para uso: Refere-se à quantidade de água disponível para múltiplos usos consuntivos, calculada como 50% da vazão de referência $Q_{7,10}$.

Os impactos das demandas em relação à disponibilidade foram avaliados por meio do Índice de Comprometimento Hídrico (ICH), que é a razão entre a demanda e a disponibilidade hídrica, expressa em porcentagem de comprometimento.

O ICH foi classificado de acordo com as diretrizes estabelecido pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2013) nas seguintes categorias:

- Muito baixo: <5%;

- Mediano: 5% a 30%;
- Alto: 30 a 70%;
- Muito Alto: 70 a 100%;
- Crítico: >100%

4.5 Validação do método atualizado de regionalização

Para garantir a confiabilidade da metodologia proposta neste trabalho, foi realizada a validação do método atualizado de regionalização a partir dos dados medidos na estação fluviométrica nº 62490000, localizada no Rio Pirapora. Essa validação consistiu na comparação dos dados medidos com os resultados obtidos com o método original, utilizando os coeficientes definidos por Liazi *et al.* (1988). A análise considerou uma série histórica de 30 anos, de 1990 a 2019, durante a qual foram calculadas a vazão $Q_{7,10}$ e a vazão média plurianual com base nos dados observados, sendo a $Q_{7,10}$ calculado a partir da Equação de Gumbel. Conforme a Equação 28.

$$Q_{7,10} = \bar{x} + s(0,45 + 0,7797x \ln(\ln\left\{\frac{T}{T-1}\right\})) \quad (28)$$

Sendo:

$\bar{x}$: Vazão média anual;

s : Desvio padrão;

T : Tempo de retorno (10 anos).

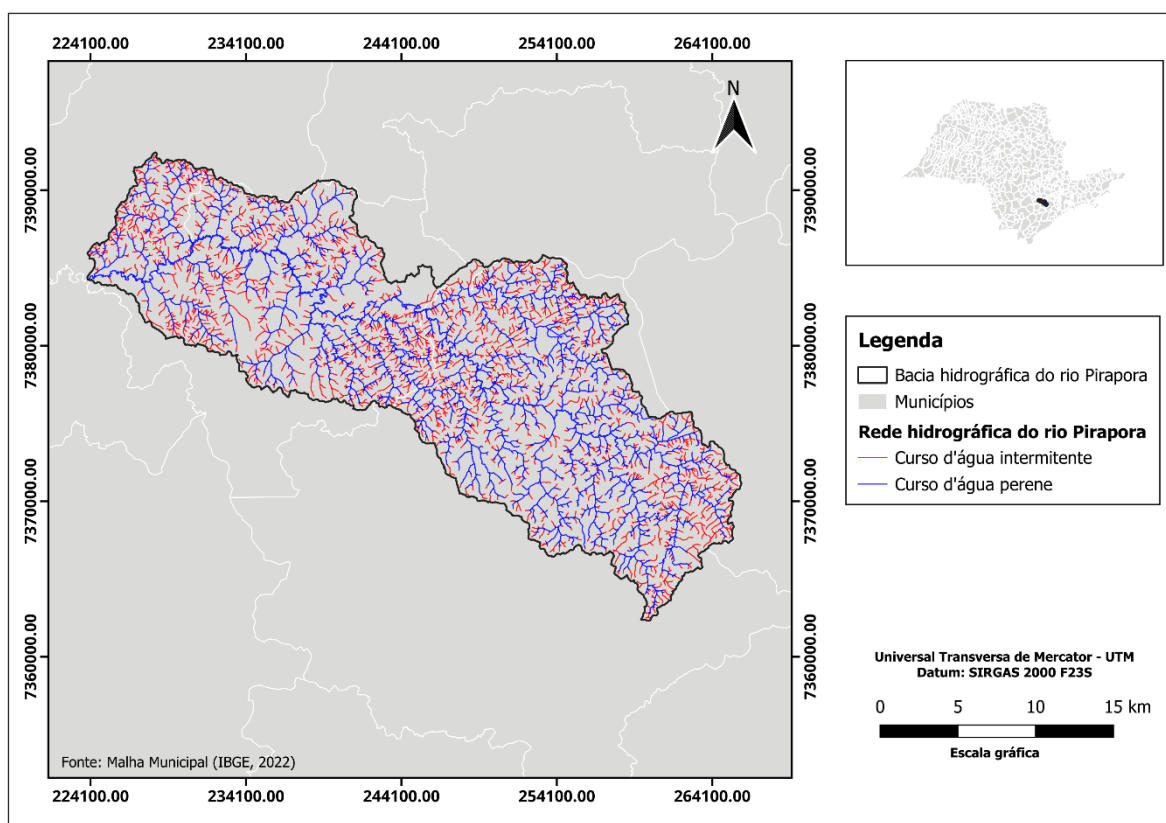
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Coleta e tratamento dados

5.1.1 Delimitação hidrográfica do Rio Pirapora

A Figura 7 apresenta a delimitação das bacias hidrográficas do Rio Pirapora e seus contribuintes, com área total de 500 km², compreendida entre os municípios de Piedade, Salto de Pirapora e Votorantim. Também é apresentada a hidrografia bifilar do Rio Pirapora, bem como a hidrografia unifilar de seus contribuintes.

Figura 7 - Delimitação da bacia hidrográfica e hidrografia do Rio Pirapora e seus contribuintes.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Além da bacia do Rio Pirapora, foram delimitadas as sub-bacias hidrográficas de seus afluentes, totalizando 54 sub-bacias. Essas sub-bacias foram numeradas de 1 a 54, seguindo a direção da jusante para a montante. Os resultados detalhados dessas delimitações estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Sub-bacias dos afluentes do Rio Pirapora

Sub-bacias		Coordenadas do Exutório	
ID	Área de Drenagem (km²)	Longitude	Latitude
1	5,13	224.359	7.384.484
2	3,23	227.429	7.384.291
3	3,05	227.403	7.384.109
4	13,53	227.902	7.384.118
5	1,87	228.366	7.384.781
6	0,73	228.929	7.385.477
7	14,14	230.243	7.385.700
8	22,49	230.627	7.386.597
9	2,82	231.012	7.386.830
10	7,3	232.243	7.387.158
11	9,03	233.609	7.386.258
12	4,55	234.285	7.386.110
13	3,11	235.338	7.385.849
14	19,3	236.079	7.386.228
15	2,6	236.833	7.385.469
16	0,57	237.421	7.384.396
17	8,83	237.537	7.383.843
18	0,73	237.585	7.383.442
19	1,38	238.565	7.383.611
20	12,38	239.198	7.383.547
21	34,42	238.564	7.382.356
22	0,91	240.094	7.382.009
23	7,42	241.454	7.381.648
24	41,46	241.767	7.381.985
25	3,76	243.752	7.383.175
26	0,75	245.223	7.382.588
27	0,48	244.952	7.382.156
28	62,83	245.668	7.382.323
29	0,93	245.839	7.381.759
30	0,51	247.056	7.380.872
31	0,6	246.976	7.380.487
32	1,79	247.505	7.380.102
33	0,66	247.107	7.379.592
34	0,86	247.239	7.379.304
35	2,83	248.160	7.379.337
36	1,31	248.399	7.379.269
37	6,9	248.997	7.378.493
38	0,53	248.998	7.378.415
39	0,36	248.855	7.378.097
40	0,44	249.218	7.377.416
41	0,7	249.305	7.377.236
42	11,66	249.384	7.377.210
43	0,53	250.117	7.377.682
44	1,7	250.579	7.377.190
45	0,83	251.383	7.376.167

Sub-bacias		Coordenadas do Exutório	
ID	Área de Drenagem (km²)	Longitude	Latitude
46	3,07	251.904	7.376.177
47	5,5	252.763	7.376.178
48	23,87	253.902	7.375.282
49	3,8	254.399	7.375.846
50	9,07	255.159	7.375.208
51	5,47	255.656	7.374.332
52	0,43	256.824	7.374.240
53	1,79	257.541	7.374.380
54	87,49	257.972	7.374.072

Fonte: Elaborado pelo Autor.

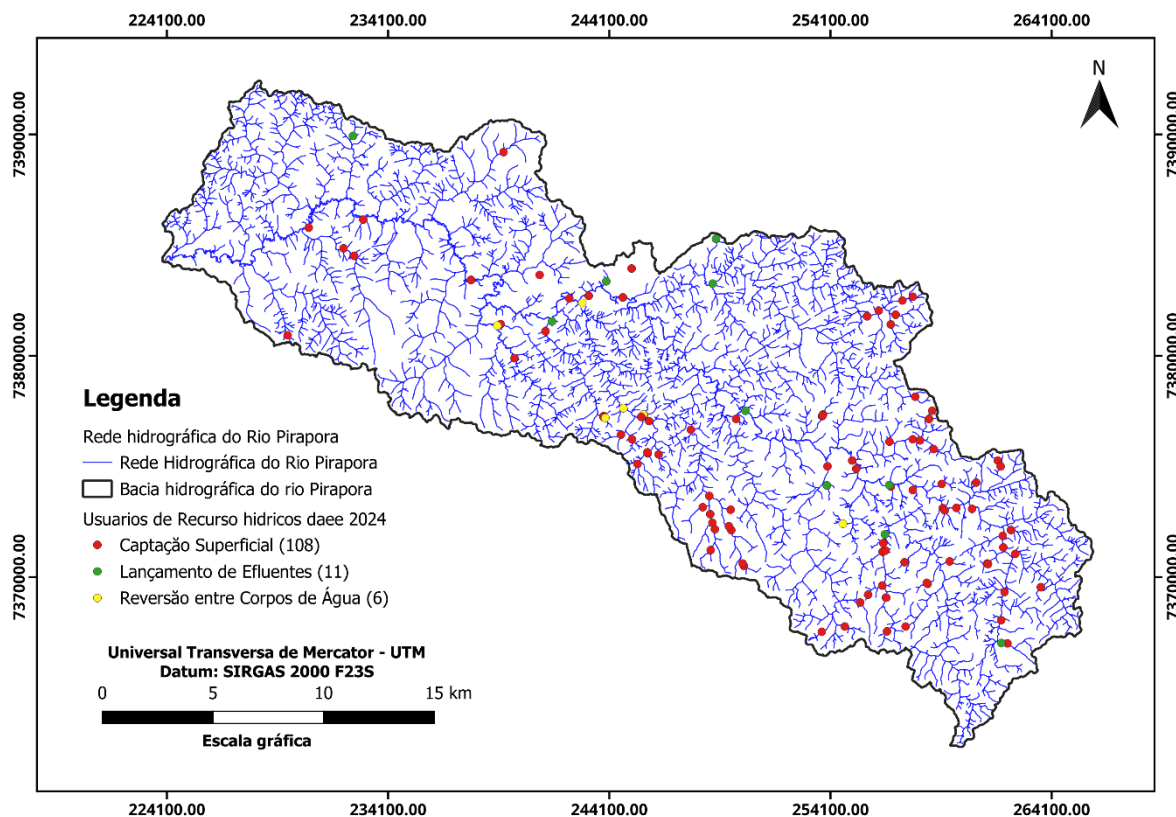
5.1.2 Demanda Hídrica Superficial

Foram identificados 125 usos consuntivos de recursos hídricos superficiais na bacia hidrográfica do Rio Pirapora, distribuídos da seguinte forma:

- **108 usos para captação de água:** Estes pontos de captação estão distribuídos por toda a bacia, com uma maior concentração na região da alta bacia, onde a atividade agrícola é predominante.
- **11 pontos de lançamentos de efluentes:** Os lançamentos de efluentes estão dispersos pela bacia, mas são mais numerosos na parte central, próximos a regiões industrializadas ou urbanizadas. No entanto, também podem ser encontrados na região da alta bacia.
- **6 reversões entre corpos de água:** As reversões referem-se ao lançamento de água bruta em cursos de água e estão majoritariamente localizadas no centro da bacia.

A Figura 8 apresenta o mapa de distribuição das demandas consuntivos na bacia do Rio Pirapora.

Figura 8 - Mapa de distribuição das demandas consuntivos na bacia do Rio Pirapora.

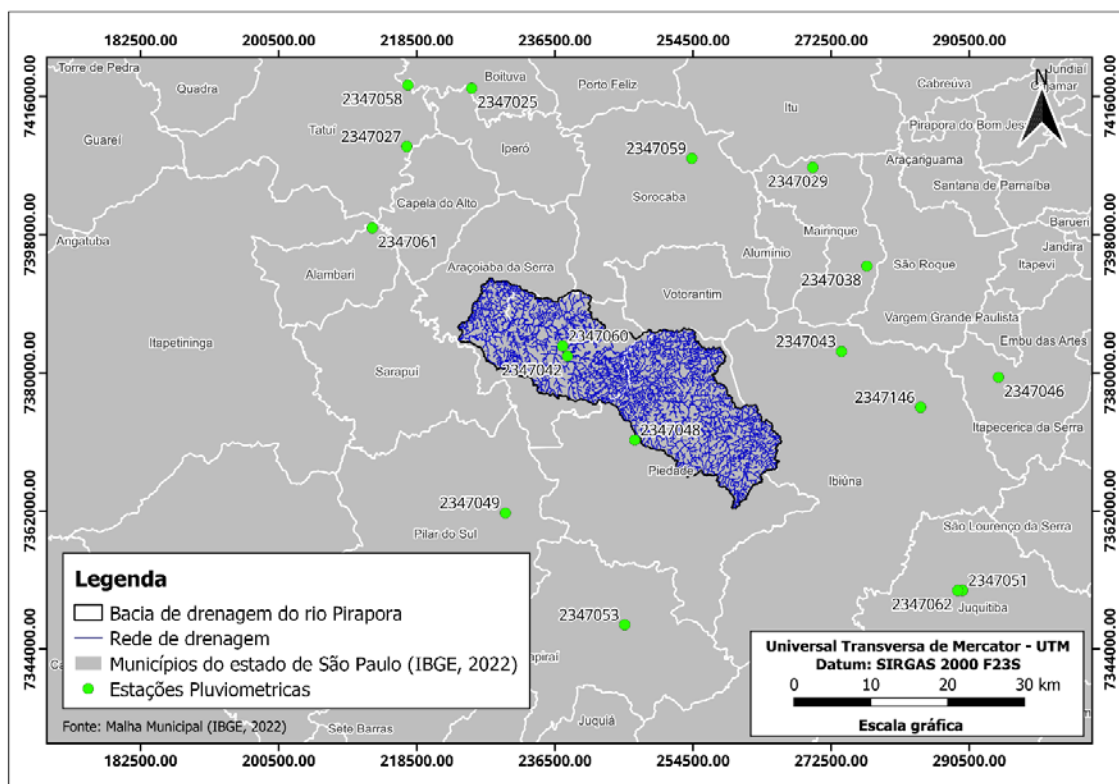


Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.1.3 Dados de Pluviometria

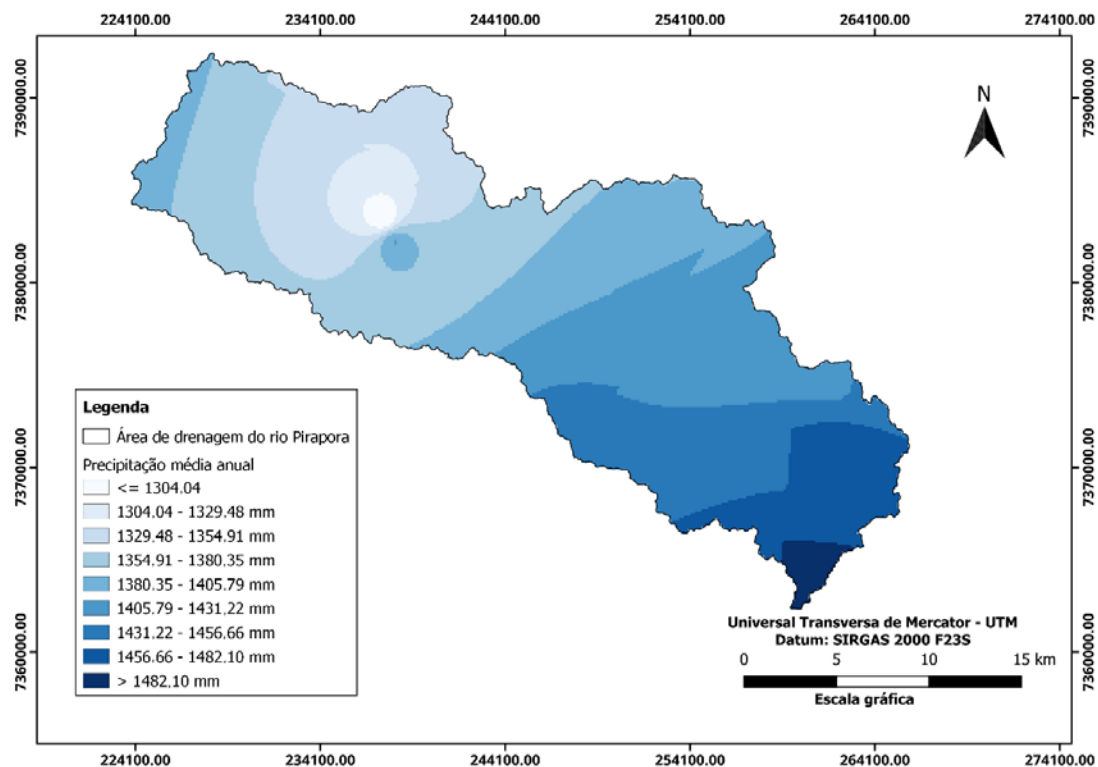
A Figura 9 apresenta o mapa de localização das estações pluviométricas utilizadas para a confecção do mapa de precipitação média anual da bacia hidrográfica do Rio Pirapora. Essas estações estão distribuídas ao redor e dentro da bacia de drenagem do Rio Pirapora. Essa densidade de estações permite uma amostra de dados mais representativa. O mapa de precipitação média anual, desenvolvido pelo método IDW, está apresentado na Figura 10.

Figura 9 - Mapa de localização das estações pluviométricas



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 10 - Mapa de precipitação média anual da bacia hidrográfica do Rio Pirapora.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A análise dos dados de precipitação na bacia hidrográfica do Rio Pirapora, conforme representado no mapa de precipitação média anual, revela uma variação significativa nos valores de precipitação anual ao longo da bacia.

Os valores de precipitação na bacia variam entre 1.304 mm e 1.482 mm por ano. Observa-se que os valores mais elevados de precipitação estão concentrados na região à montante da bacia e quanto os valores mais baixos de precipitação são encontrados na região próxima a jusante bacia.

A comparação dos resultados deste estudo com a literatura mostra uma similaridade nos resultados com outros trabalhos realizados para a mesma região e áreas próximas. Abreu e Tonello (2015), em sua avaliação dos Parâmetros Hidrometeorológicos na bacia do rio Sorocaba, que inclui a bacia do Rio Pirapora, identificaram valores de precipitação média anual variando de 1.420 mm no montante para 1.340 mm na jusante da bacia do Rio Pirapora. Além disso, o Mapa de Isoietas de Precipitações Médias Anuais, elaborado pela CPRM (2011), referente ao período de 1977 a 2006, indica que a bacia do Rio Pirapora apresenta precipitação média anual entre 1.300 mm e 1.500 mm, da jusante para a montante.

Ainda de acordo com o CPRM (2011), os valores mais elevados de precipitação na parte montante da bacia do Rio Pirapora estão associados aos índices observados nas encostas da Serra do Mar, decorrente da influência da barreira orográfica da serra, que intensifica as chuvas na região. Por outro lado, os valores de precipitação na parte jusante da bacia estão em conformidade com a média observada para a região da área de estudo.

Em relação a regiões próximas, Conceição *et al.* (2011), com base em uma série histórica, de 1960 a 2004, encontrou uma precipitação média anual para bacia do Alto Sorocaba de 1.493 mm, já Barbosa *et al.* (2021), ao estudarem projeções futuras de mudanças no nível de água e no regime térmico do reservatório de Itupararanga, localizado na bacia do Alto Sorocaba, a partir de uma série histórica entre os anos de 2006 a 2012, identificaram uma precipitação média anual de 1.572 mm para bacia de drenagem do reservatório, que situa-se em uma área adjacente à bacia do Rio Pirapora, o que corroborar com coerências dos dados pluviométricos encontrados para região.

5.2 Regionalização das Vazões

5.2.1 Vazão média de Longo Período.

As vazões médias de longo período da bacia hidrográfica do Rio Pirapora e de seus contribuintes foram determinadas com base na relação linear dos dados hidrométricos disponíveis em função da precipitação, através do método descrito por Lizar *et al.* (1988).

Os cálculos foram efetuados utilizando a Equação (1), sendo definidos os valores dos parâmetros a e b , a partir da relação das vazões médias anuais registradas no rio Sarapuí na estação fluviométrica codificada com o nº 62496001, em função da precipitação anual média encontrada a partir do método IDW. Os resultados encontrados para os parâmetros a e b , e para as vazões médias de longo período, serão apresentados a seguir:

5.2.1.1 Vazão anual média.

As vazões médias anuais do Rio Sarapuí, identificadas para a estação fluviométrica codificada com o nº 62496001, estão listadas na Tabela 3. Na Figura 11, apresenta-se a localização e a bacia de drenagem da estação fluviométrica nº 62496001.

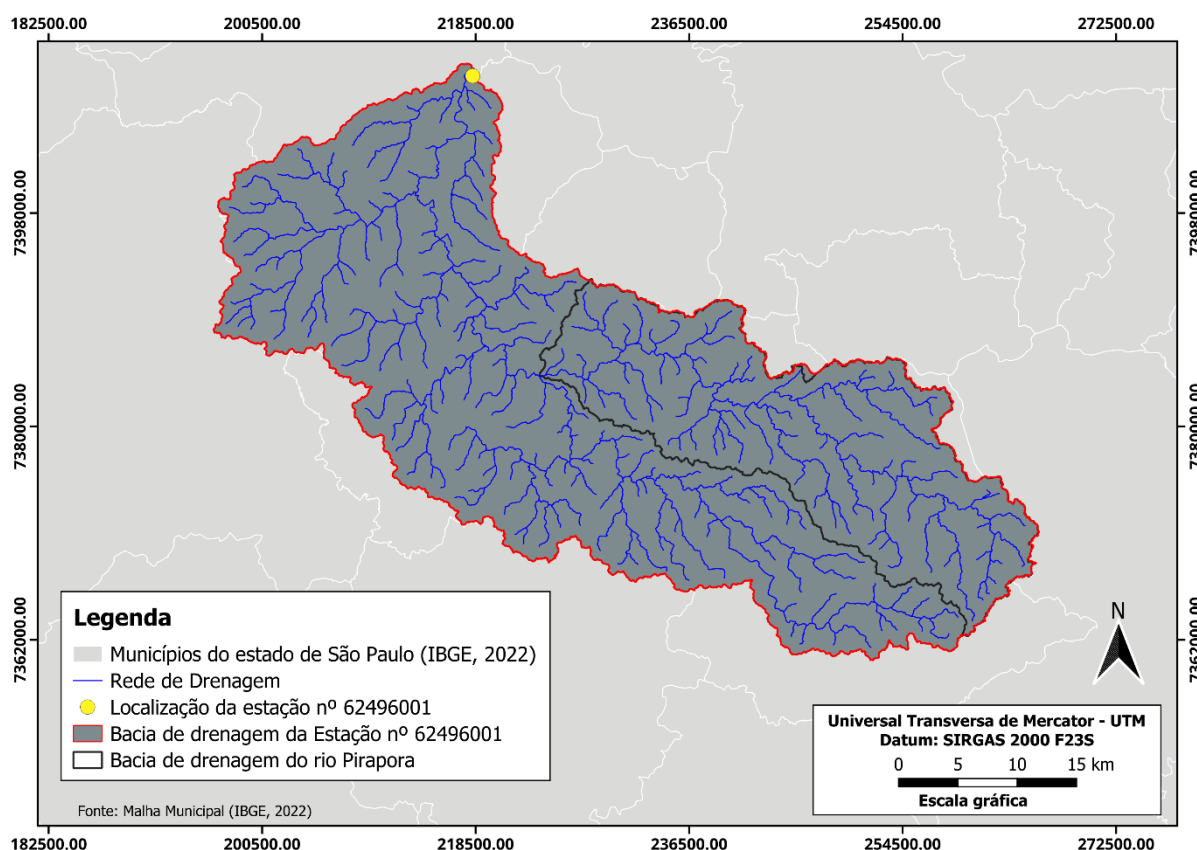
Tabela 3 - Vazão média anual do rio Sarapuí (Estação fluviométrica nº 62496001).

Ano	Vazão média anual (m³/s)	Ano	Vazão média anual (m³/s)
1990	17,84	2005	18,85
1991	30,165	2006	17,93
1992	16,036	2007	17,35
1993	21,100	2008	15,73
1994	9,0938	2009	27,13
1995	19,600	2010	25,81
1996	17,876	2011	15,76
1997	26,9	2012	12,13
1998	29,751	2013	16,86
1999	24,27	2014	7,662
2000	14,484	2015	16,50
2001	19,324	2016	26,28
2002	16,690	2017	20,05
2003	17,85	2018	10

2004	18,451	2019	9,975
------	--------	------	-------

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 11 - Mapa de localização e bacia de drenagem da estação fluviométrica nº 62496001.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Conforme apresentado na Figura 11, a estação fluviométrica codificada com o nº 62496001 está localizada no rio Sarapuí, no município de Tatuí, e possui uma área de drenagem é de 1.550 km². Sua localização estratégica, a montante do exutório do Rio Pirapora, é fundamental para o desenvolvimento de um modelo hidrogeológico que possa ser aplicado em qualquer ponto da bacia hidrográfica do Rio Pirapora.

5.2.1.2 Precipitação anual média

Para a confecção dos mapas de precipitação média anual para a bacia de drenagem da estação fluviométrica nº 62496001 foram selecionadas as estações pluviométricas que apresentaram correlação linear significativa com a vazão média do Rio Sarapuí. Essas correlações foram identificadas através do método de Correlação

de Pearson. Os resultados do teste de correlação linear de Pearson e as estações selecionadas são apresentados na Tabela 4.

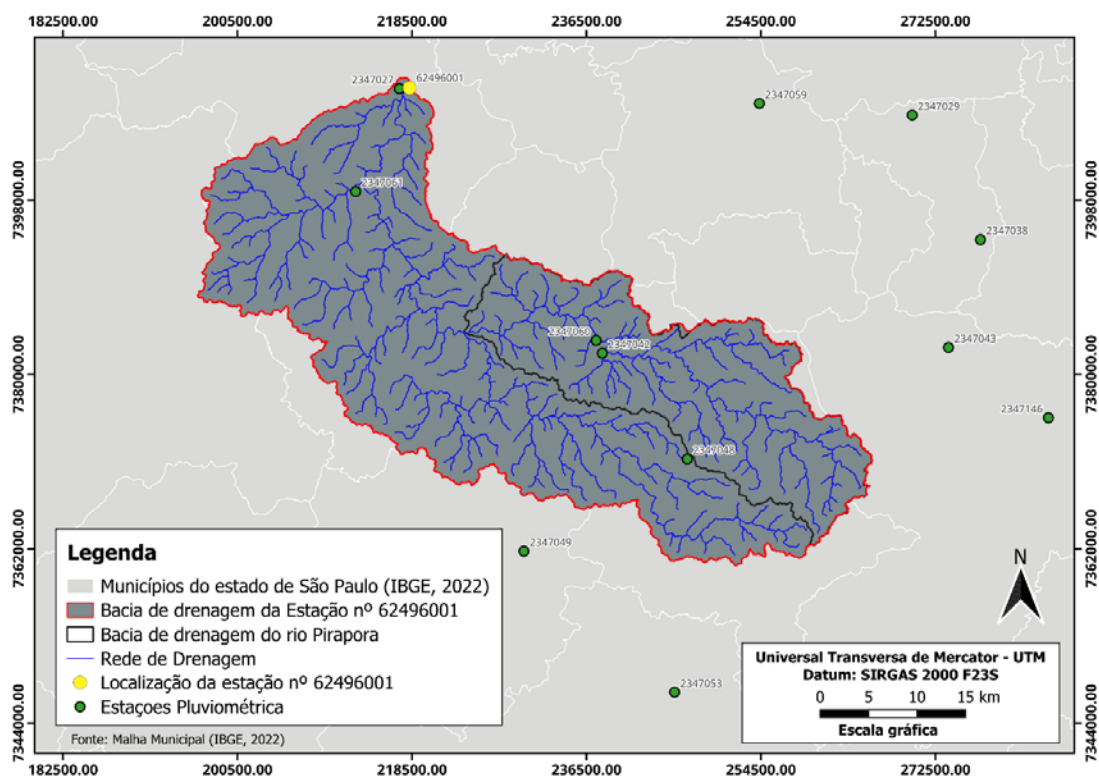
A Figura 12 apresenta o mapa de localização das estações pluviométricas utilizadas para a confecção dos mapas de precipitação média anual da bacia de drenagem hidrológica da estação fluviométrica nº 62496001. O mapa de precipitação média anual, desenvolvido pelo método IDW, para os anos de 1990 a 2019 está apresentado na Figura 13.

Tabela 4 - Teste de correlação linear de Pearson

Estação	r (Pearson)	IC 95%	IC 99%	R2	t	(p)	Poder 0.05	Poder 0.01
2347025	0,3736	0,02 a 0,65	-0,10 a 0,71	0,1396	21,312	0,0419	0,6536	0,3874
2347029	0,6490	0,38 a 0,82	0,27 a 0,85	0,4212	45,141	0,0001	0,9912	0,9548
2347038	0,4728	0,14 a 0,71	0,02 a 0,77	0,2236	28,394	0,0083	0,8471	0,6343
2347042	0,5688	0,26 a 0,77	0,15 a 0,82	0,3235	36,592	0,0010	0,9564	0,8483
2347043	0,5124	0,19 a 0,74	0,07 a 0,79	0,2626	31,576	0,0038	0,9025	0,7308
2347046	0,4975	0,17 a 0,73	0,05 a 0,78	0,2475	30,345	0,0051	0,8833	0,6953
2347048	0,6678	0,40 a 0,83	0,30 a 0,86	0,4460	47,475	< 0,0001	0,9946	0,9690
2347049	0,6685	0,41 a 0,83	0,30 a 0,86	0,4469	47,560	< 0,0001	0,9947	0,9694
2347051	0,6468	0,37 a 0,82	0,27 a 0,85	0,4184	44,880	0,0001	0,9907	0,9529
2347053	0,6550	0,39 a 0,82	0,28 a 0,86	0,4290	45,866	< 0,0001	0,9924	0,9597
2347058	0,4272	0,08 a 0,68	-0,04 a 0,74	0,1825	25,000	0,0185	0,7663	0,5183
2347059	0,6334	0,35 a 0,81	0,25 a 0,85	0,4013	43,318	0,0002	0,9874	0,9402
2347060	0,7255	0,49 a 0,86	0,40 a 0,89	0,5263	55,780	< 0,0001	0,9991	0,9929
2347146	0,5976	0,30 a 0,79	0,19 a 0,83	0,3571	39,438	0,0005	0,9736	0,8955

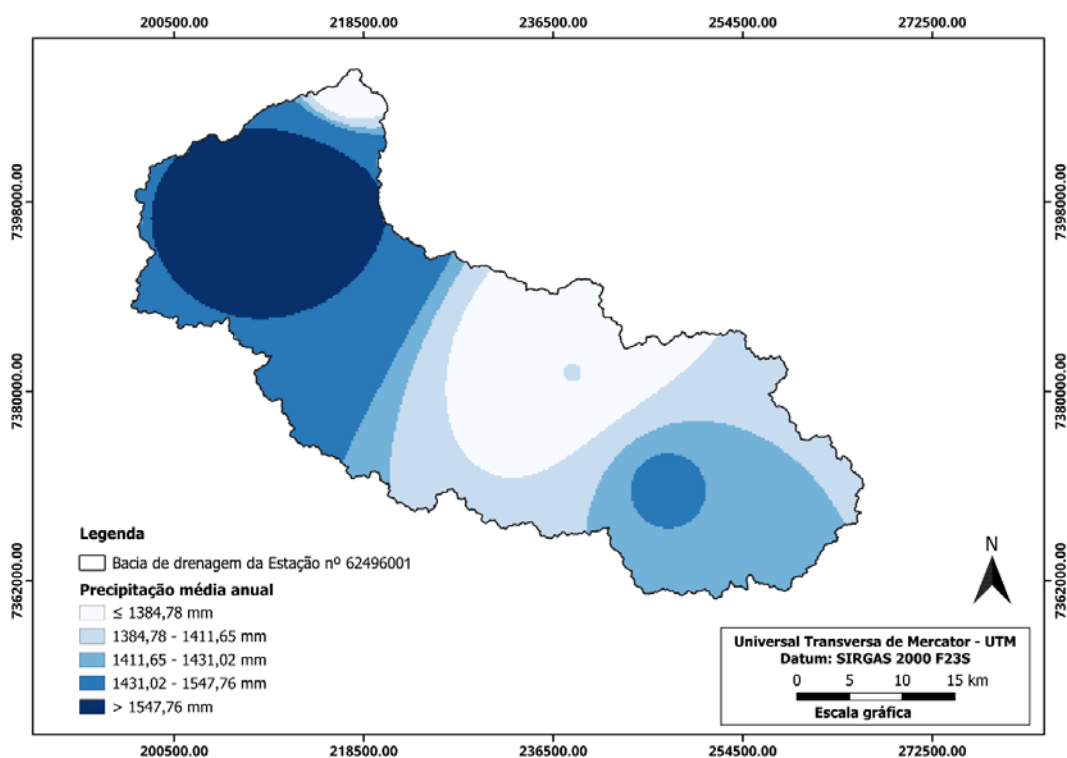
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 12 - Mapa de localização das estações pluviométricas com correlação linear significativa com a vazão média do Rio Sarapuí



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 13 - Mapas de precipitação média anual da bacia de drenagem da estação fluviométrica nº 62496001, desenvolvido pelo método IDW.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em análise dos resultados do mapa de precipitação da bacia de drenagem da estação fluviométrica nº 62496001 localizada no Rio Sarapuí, assim como observado no mapa referente à bacia do Rio Pirapora, que está inserida dentro dessa bacia maior, percebe-se uma variação nos valores de precipitação ao longo da bacia de drenagem. Esses valores variam entre 1.384 mm e 1.547 mm. Os maiores valores foram registrados próximos à jusante, seguidos pelos da montante da bacia, sendo que os valores dessa região são ligeiramente menores do que os encontrados na região próxima à jusante. Por outro lado, os menores valores de precipitação foram observados na jusante e na região central da bacia, local em que se encontra o exutório da bacia do Rio Pirapora.

Quando comparados aos valores encontrados na literatura (Tonello, 2015; Conceição et al., 2011; Barbosa et al., 2021), os resultados da bacia de drenagem da estação fluviométrica apresentam semelhanças com os descritos nesses estudos, os quais abrangem a bacia de drenagem da estação fluviométrica nº 62496001 e áreas adjacentes. De forma similar ao observado na literatura, os valores mais altos registrados à montante, é associados aos índices observados nas encostas da Serra do Mar, em decorrência da influência da barreira orográfica da serra (CPRM, 2011). Esses valores diminuem gradualmente em direção ao centro da bacia, onde atingem os níveis mais baixos de precipitação. A partir desse ponto, os valores voltam a aumentar no sentido à jusante, alcançando o valor máximo antes de voltarem a decrescer até a jusante.

Os valores da precipitação média anual para a estação fluviométrica, entre os anos de 1990 a 2019, determinados a partir dos mapas de precipitação estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Precipitação média anual da bacia de drenagem da estação fluviométrica nº 62496001.

Ano	Pluviosidade média anual (mm)	Ano	Pluviosidade média anual (mm)
1990	1195,64	2005	1381,81
1991	1698,75	2006	1420,55
1992	1231,10	2007	1411,51
1993	1443,06	2008	1197,78
1994	1046,86	2009	1796,14
1995	1524,08	2010	1463,32
1996	1349,12	2011	1148,96

1997	1533,93	2012	1295,84
1998	1565,84	2013	1243,23
1999	1162,02	2014	1001,66
2000	1363,71	2015	2058,98
2001	1427,85	2016	1750,42
2002	1298,2	2017	2875,31
2003	1196,97	2018	1656,93
2004	1419,32	2019	1052,00

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os resultados da precipitação média anual da bacia de drenagem da estação fluviométrica apresentam variações expressivas ao longo dos anos. Os menores valores foram registrados em 2014 (1.001,66 mm), ano de severa crise hídrica na região (Targa; Batista, 2015; Gesualdo *et al.*, 2019; Jacobi; Buckeridge; Ribeiro, 2021), enquanto o maior valor foi observado em 2017 (2.875,31 mm), evidenciando anos com ocorrência de eventos hídricos extremos (Ferreira, 2024). De modo geral, no início da série histórica (1990), a pluviosidade foi de 1.195,64 mm, relativamente próxima à média do período. Já no final do intervalo analisado (2019), observa-se uma redução para 1.052,00 mm, o que sugere uma possível diminuição da pluviosidade nos últimos anos, possivelmente relacionada a mudanças climáticas ou à variabilidade natural (Santos *et al.*, 2013; Chen *et al.*, 2024; Bojago *et al.*, 2024).

5.2.1.3 Cálculo dos Parâmetros da Reta de regressão

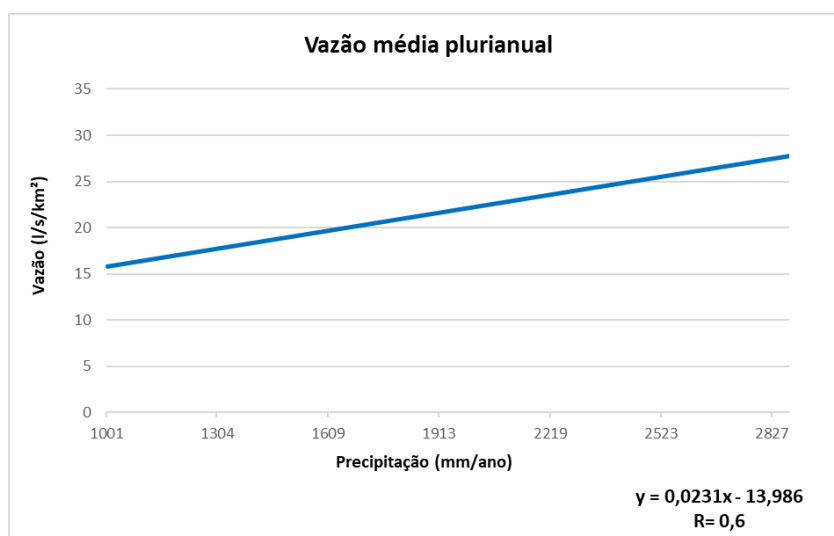
Os valores dos coeficientes da equação, encontrados a partir dos parâmetros da reta de regressão da relação entre a vazão e a precipitação, foram: intercepto (**a**)= -13,99 e coeficiente angular (**b**)= 0,0231, conforme apresentado na Figura 14.

Substituindo os valores dos parâmetros da reta de regressão a e b na Equação 1 temos a seguinte equação.

$$\bar{Q} = 0,0231 \cdot \bar{P} - 13,99$$

Onde:

- Q: Vazão média anual.
- P: Precipitação média anual.

Figura 14 - Reta de regressão da vazão média plurianual

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A relação entre a vazão média plurianual e a precipitação média anual, apresentada na Figura 14, descreve uma tendência linear, indicando que a vazão média plurianual aumenta conforme a precipitação anual se eleva (Mehmet; Mehmet, 2022). Embora fatores como infiltração, capacidade de armazenamento e uso do solo possam influenciar a vazão, o coeficiente de determinação sugere uma relação positiva predominante entre as duas variáveis (Martins, 2014; Liu *et al.*, 2024).

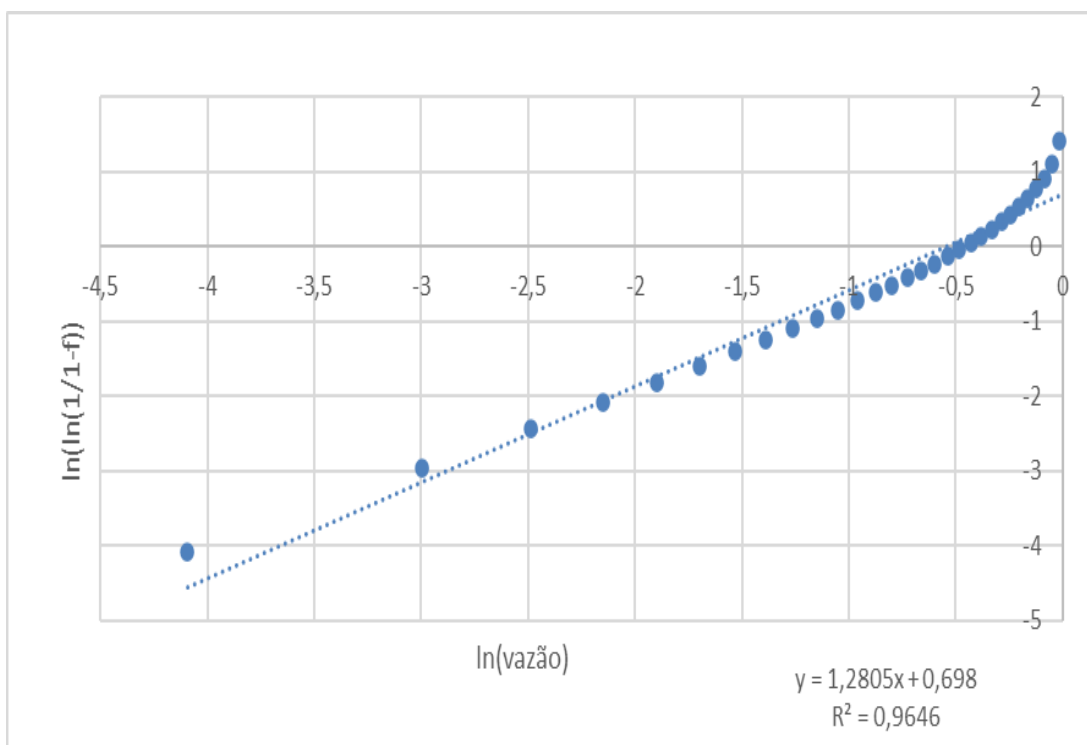
5.2.2 Vazão mínima de d meses consecutivos

Para o cálculo das vazões mínimas de d meses consecutivos, foi utilizada a distribuição Weibull, também conhecida como distribuição de Extremo Tipo III, a partir da série histórica de 30 anos de vazão média consistida da estação hidrológica codificada com o nº 62496001. Os resultados dos valores encontrados para a distribuição Weibull estão apresentados na Tabela 6 e podem ser observados na Figura 15.

Tabela 6 - Resumo dos valores para a distribuição de Weibull

$\bar{X}$	S_x^2	S_x	g_x	α	$B(\alpha)$	$A(\alpha)$	β	X_0
0,321	0,009	0,098	0,242	1,287	1,381	0,103	0,331	0,321

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 15 - Gráfico da distribuição de probabilidade Weibull

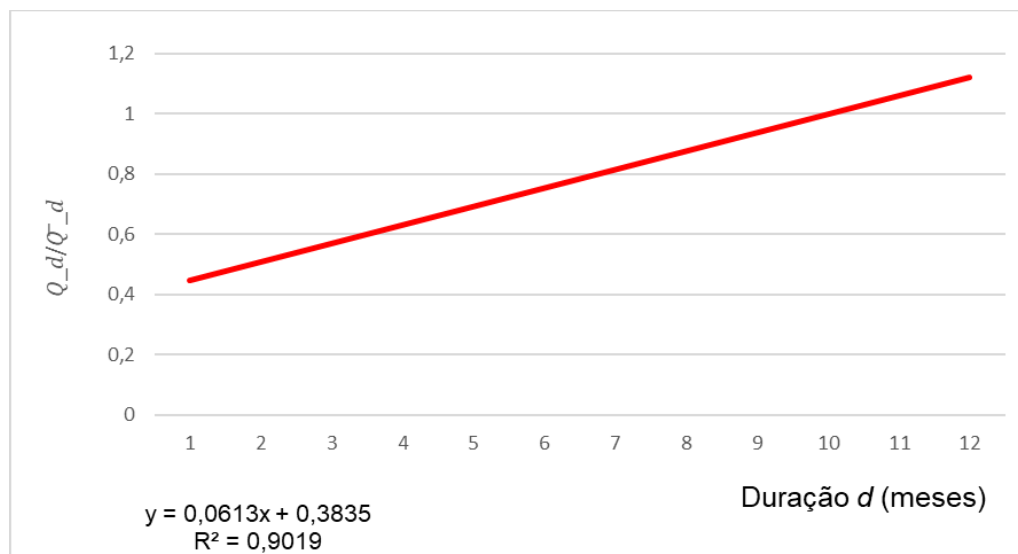
Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 15 apresenta a distribuição de Weibull pelo método gráfico, o qual indica que o modelo é adequado para a distribuição, ou seja, a amostragem segue a distribuição de Weibull, validando o método utilizado. Observa-se que os parâmetros estimados se aproximam dos valores obtidos pelo método da equação. A forte linearidade, indicada pelo R^2 (0,9646), sugere que o modelo ajustado é apropriado para descrever a relação entre as variáveis.

Os valores dos coeficientes A (0,3835) e B (0,0613) da reta de regressão da média das vazões mínimas em função da duração d meses está ilustrada na Figura 16. Substituindo os valores dos parâmetros A e B da distribuição Weibull na Equação 21 temos a seguinte formulação:

$$Q_{d,T} = 0,323 \times (0,3835 + 0,0613d) \times \bar{Q}$$

Figura 16 - Reta de Regressão da Média das Vazões Mínimas em Função da Duração



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 16 apresenta a relação linear entre a Média das Vazões Mínimas da estação fluviométrica nº 62496001 em Função da Duração, para as 12 sereis mensais, onde observasse uma correlação positiva entre as duas variáveis, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,9019$.

5.2.3 Vazões Mínimas anuais de sete dias Consecutivos.

Foi encontrado o valor de 0,7 para o coeficiente C, determinado a partir da média das vazões mínimas anuais de sete dias consecutivos, dividido pela média das vazões mínimas anuais de um mês ($\bar{Q}_M$), da série histórica de 30 anos das vazões mínimas da estação fluviométrica nº 62496001. As vazões mínimas anuais de sete dias consecutivos e as vazões mínimas anuais de um mês ($\bar{Q}_M$), estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Vazões Mínimas anuais de sete dias Consecutivos (Q_7).

Ano	$Q_7(\text{m}^3/\text{s})$	Ano	$Q_7(\text{m}^3/\text{s})$
1990	5,62	2005	3,25
1991	5,75	2006	4,69
1992	6,79	2007	2,64
1993	7,19	2008	4,67
1994	3,11	2009	5,58

1995	3,83	2010	4,45
1996	4,67	2011	3,08
1997	5,63	2012	2,92
1998	8,85	2013	4,18
1999	4,15	2014	2,67
2000	3,81	2015	2,7
2001	4,73	2016	4,86
2002	3,19	2017	3,16
2003	3,33	2018	1,71
2004	3,17	2019	0,82
		Média	4,17

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Substituindo os valores dos parâmetros C, para período de retorno de 10 anos, a Equação 26 da Regionalização das Vazões mínimas anuais de sete dias consecutivos assume a seguinte forma:

$$Q_{7,10} = 0,323 \times 0,7 \times (0,3835 + 0,0613) \times \bar{Q}$$

5.3 Vazões de Referência

A partir das equações definidas para a regionalização da vazão média anual (Q) e as vazões mínimas anuais de sete dias consecutivos para um período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$), foram calculadas as vazões dos trechos do Rio Pirapora e as vazões para as sub-bacias dos seus contribuintes, conforme apresentado na Tabela 8. Os cálculos foram baseados nas áreas de drenagem e na precipitação média das sub-bacias e dos trechos do Rio Pirapora.

Tabela 8 - Vazões dos trechos do Rio Pirapora e das sub-bacias

Sub-bacia (cód.)	vazão média (m³/h)	Vazão $Q_{7,10}$ (m³/h)	Trecho (cód.)	Vazão média (m³/h)	Vazão $Q_{7,10}$ (m³/h)
54	6209	624,43	54 - 53	6218,59	625,40
53	122,31	12,3	53 - 52	6397,12	643,35
52	29,38	2,95	52 - 51	6525,85	656,30
51	376,8	37,89	51 - 50	7018,82	705,88
50	616,88	62,04	50 - 49	7686,05	772,98
49	257,1	25,86	49 - 48	7961,52	800,68
48	1663,52	167,3	48 - 47	9722,21	977,76

Sub-bacia (cód.)	vazão média (m³/h)	Vazão $Q_{7,10}$ (m³/h)
47	371,35	37,35
46	209,51	21,07
45	56,54	5,69
44	114,91	11,56
43	35,65	3,59
42	800,9	80,55
41	47,49	4,78
40	29,67	2,98
39	24,13	2,43
38	35,56	3,58
37	462,36	46,5
36	86,76	8,73
35	188,79	18,99
34	56,89	5,72
33	43,37	4,36
32	117,6	11,83
31	39,17	3,94
30	33,22	3,34
29	60,14	6,05
28	4139,94	416,35
27	30,64	3,08
26	47,98	4,82
25	238,39	23,97
24	2785,46	280,13
23	480,32	48,31
22	57,38	5,77
21	2201,25	221,38
20	765,34	76,97
19	82,29	8,28
18	43,6	4,39
17	540,6	54,37
16	33,13	3,33
15	154,32	15,52
14	1169,29	117,59
13	184,93	18,6
12	275,37	27,69
11	550,41	55,35
10	452,49	45,51
9	176,1	17,71
8	1390,31	139,82
7	901,65	90,68
6	46,24	4,65

Trecho (cód.)	Vazão média (m³/h)	Vazão $Q_{7,10}$ (m³/h)
47 - 46	10148,46	1020,62
46 - 45	10379,68	1043,88
45 - 44	10504,82	1056,46
44 - 43	10646,05	1070,67
43 - 42	10722,23	1078,33
42 - 41	11524,48	1159,01
41 - 40	11576,69	1164,26
40 - 39	11639,28	1170,55
39 - 38	11670,77	1173,72
38 - 37	11708,34	1177,50
37 - 36	12204,65	1227,41
36 - 35	12309,93	1238,00
35 - 34	12525,81	1259,71
34 - 33	12587,31	1265,90
33 - 32	12657,63	1272,97
32 - 31	12789,64	1286,24
31 - 30	12841,22	1291,43
30 - 29	12945,75	1301,94
29 - 28	13019,38	1309,35
28 - 27	17191,39	1728,93
27 - 26	17232,89	1733,10
26 - 25	17358,91	1745,77
25 - 24	17757,22	1785,83
24 - 23	20562,26	2067,93
23 - 22	21103,45	2122,36
22 - 21	21241,77	2136,27
21 - 20	23532,02	2366,60
20 - 19	24333,06	2447,16
19 - 18	24444,01	2458,32
18 - 17	24501,25	2464,07
17 - 16	25058,39	2520,10
16 - 15	25183,50	2532,69
15 - 14	25387,75	2553,23
14 - 13	26607,70	2675,92
13 - 12	26851,14	2700,40
12 - 11	27178,15	2733,29
11 - 10	27888,61	2804,74
10 - 9	28406,70	2856,84
9 - 8	28590,27	2875,30
8 - 7	30048,42	3021,95
7 - 6	31054,30	3123,11
6 - 5	31147,99	3132,53

Sub-bacia (cód.)	vazão média (m³/h)	Vazão $Q_{7,10}$ (m³/h)	Trecho (cód.)	Vazão média (m³/h)	Vazão $Q_{7,10}$ (m³/h)
5	117,66	11,83	5 - 4	31294,22	3147,24
4	848,71	85,35	4 - 3	32149,29	3233,23
3	194,09	19,52	3 - 2	32344,65	3252,88
2	206,64	20,78	2 - 1	32808,37	3299,51
1	333,58	33,55	1 - 0	33156,34	3334,51

Fonte: Elaborado pelo Autor.

O método da regionalização das vazões, proposta por Liazi *et al.* (1988), amplamente utilizada na análise de concessão de outorgas no estado de São Paulo, foi adotada neste estudo e atualizada com base nos dados mais recentes disponíveis.

No entanto, apesar da facilidade de aplicação em áreas desprovidas de dados, essa metodologia necessita de uma atualização abrangente para todo o estado, devido às mudanças climáticas. As constantes definidas no estudo original já não representam o cenário atual.

5.4 Disponibilidade Hídrica

Os resultados do cálculo da disponibilidade hídrica para as sub-bacias do Rio Pirapora (Tabela 9) e para os trechos do Rio Pirapora, compreendidos entre os exutórios das sub-bacias (Tabela 10), calculados com base na relação entre as demandas e as disponibilidades hídricas, considerando a vazão de referência $Q_{7,10}$, estão ilustrados na Figura 5.4-1.

Tabela 9 - Balanço hídrico e ICH nas sub-bacias do Rio Pirapora.

sub-bacia (cód.)	vazão $Q_{7,10}$ (m³/h)	Demanda (m³/h)	Balanço hídrico em função de 50% da $Q_{7,10}$ (m³/h)	(ICH)
1	33,55	0,00	16,77	0%
2	20,78	0,00	10,39	0%
3	19,52	0,00	9,76	0%
4	85,35	2,00	40,68	5%
5	11,83	0,00	5,92	0%
6	4,65	0,00	2,33	0%
7	90,68	53,00	-7,66	117%
8	139,82	0,00	69,91	0%
9	17,71	0,00	8,85	0%
10	45,51	-6,45	29,20	0%
11	55,35	0,00	27,68	0%
12	27,69	0,00	13,85	0%
13	18,60	0,00	9,30	0%
14	117,59	7,50	51,30	13%
15	15,52	0,00	7,76	0%

sub-bacia (cód.)	vazão $Q_{7,10}$ (m³/h)	Demanda (m³/h)	Balanço hídrico em função de 50% da $Q_{7,10}$ (m³/h)	(ICH)
16	3,33	0,00	1,67	0%
17	54,37	0,00	27,18	0%
18	4,39	0,00	2,19	0%
19	8,28	0,00	4,14	0%
20	76,97	75,00	-36,52	195%
21	221,38	2,50	108,19	2%
22	5,77	0,00	2,89	0%
23	48,31	11,33	12,82	47%
24	280,13	802,80	-662,73	573%
25	23,97	0,00	11,99	0%
26	4,82	0,00	2,41	0%
27	3,08	0,00	1,54	0%
28	416,35	242,25	-34,07	116%
29	6,05	0,00	3,02	0%
30	3,34	0,00	1,67	0%
31	3,94	0,00	1,97	0%
32	11,83	0,00	5,91	0%
33	4,36	0,00	2,18	0%
34	5,72	0,00	2,86	0%
35	18,99	0,00	9,49	0%
36	8,73	0,00	4,36	0%
37	46,50	0,00	23,25	0%
38	3,58	0,00	1,79	0%
39	2,43	0,00	1,21	0%
40	2,98	0,00	1,49	0%
41	4,78	0,00	2,39	0%
42	80,55	0,00	40,27	0%
43	3,59	0,00	1,79	0%
44	11,56	0,00	5,78	0%
45	5,69	0,00	2,84	0%
46	21,07	0,00	10,54	0%
47	37,35	37,00	-18,33	198%
48	167,30	305,40	-221,75	365%
49	25,86	0,00	12,93	0%
50	62,04	158,00	-126,98	509%
51	37,89	-133,20	152,15	0%
52	2,95	0,00	1,48	0%
53	12,30	0,00	6,15	0%
54	624,43	1058,76	-746,54	339%

Muito baixo: <5%;	Mediano: 5% a 30%;	Alto: 30 a 70%;	Muito Alto: 70 a 100%;	Crítico: >100%
-------------------	--------------------	-----------------	------------------------	----------------

* O sinal negativo na vazão de demanda indica que está havendo um incremento na vazão, por meio de lançamento ou reversão de corpos hídricos.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 10 - Quantificação da disponibilidade hídrica e ICH nos trechos do Rio Pirapora

Trecho	vazão $Q_{7,10}$ (m³/h)	Demanda (m³/h)	Balanço em função de 50% da $Q_{7,10}$ (m³/h)	(ICH)
0 -54	625,40	434,33	-121,63	138,90%

Trecho	vazão $Q_{7,10}$ (m³/h)	Demanda (m³/h)	Balanço em função de 50% da $Q_{7,10}$ (m³/h)	(ICH)
53 -52	643,35	422,03	-100,35	131,20%
52 -51	656,30	419,07	-90,92	127,71%
51 -50	705,88	680,30	-327,36	192,75%
50 -49	772,98	830,26	-443,77	214,82%
49 -48	800,68	804,40	-404,06	200,93%
48 -47	977,76	942,50	-453,62	192,79%
47 -46	1020,62	942,16	-431,84	184,62%
46 -45	1043,88	921,08	-399,15	176,47%
45 -44	1056,46	915,40	-387,17	173,30%
44 -43	1070,67	585,35	-50,02	109,34%
43 -42	1078,33	582,27	-43,10	107,99%
42 -41	1159,01	501,72	77,78	86,58%
41 -40	1164,26	496,95	85,18	85,37%
40 -39	1170,55	493,96	91,32	84,40%
39 -38	1173,72	491,53	95,33	83,76%
38 -37	1177,50	487,96	100,79	82,88%
37 -36	1227,41	441,46	172,25	71,93%
36 -35	1238,00	432,73	186,27	69,91%
35 -34	1259,71	413,75	216,11	65,69%
34 -33	1265,90	408,02	224,92	64,46%
33 -32	1272,97	403,66	232,82	63,42%
32 -31	1286,24	391,84	251,29	60,93%
31 -30	1291,43	387,90	257,82	60,07%
30 -29	1301,94	384,56	266,42	59,07%
29 -28	1309,35	378,51	276,17	57,82%
28 -27	1728,93	204,41	660,06	23,65%
27 -26	1733,10	201,32	665,22	23,23%
26 -25	1745,77	471,50	401,39	54,02%
25 -24	1785,83	605,78	287,14	67,84%
24 -23	2067,93	1148,44	-114,48	111,07%
23 -22	2122,36	1111,47	-50,29	104,74%
22 -21	2136,27	1105,70	-37,56	103,52%
21 -20	2366,60	886,82	296,48	74,94%
20 -19	2447,16	884,85	338,73	72,32%
19 -18	2458,32	876,90	352,25	71,34%
18 -17	2464,07	872,52	359,52	70,82%
17 -16	2520,10	818,15	441,90	64,93%
16 -15	2532,69	819,82	446,52	64,74%
15 -14	2553,23	804,30	472,31	63,00%
14 -13	2675,92	694,21	643,75	51,89%
13 -12	2700,40	675,61	674,59	50,04%
12 -11	2733,29	647,91	718,73	47,41%
11 -10	2804,74	595,56	806,81	42,47%
10 - 9	2856,84	543,60	884,82	38,06%
9 -8	2875,30	525,89	911,76	36,58%

Trecho	vazão $Q_{7,10}$ (m^3/h)	Demanda (m^3/h)	Balanço em função de 50% da $Q_{7,10}$ (m^3/h)	(ICH)
8 -7	3021,95	388,07	1122,90	25,68%
7-6	3123,11	350,39	1211,16	22,44%
6-5	3132,53	345,74	1220,52	22,07%
5-4	3147,24	333,91	1239,71	21,22%
4-3	3233,23	250,56	1366,06	15,50%
3-2	3252,88	231,04	1395,40	14,21%
2-1	3299,51	210,26	1439,50	12,74%
1	3334,51	176,71	1490,55	10,60%

Muito baixo: <5%;	Mediano: 5% a 30%;	Alto: 30 a 70%;	Muito Alto: 70 a 100%;	Crítico: >100%
-------------------	--------------------	-----------------	------------------------	----------------

* O sinal negativo na vazão de demanda indica que está havendo um incremento na vazão, por meio de lançamento ou reversão de corpos hídricos.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Observa-se que há uma variação significativa na disponibilidade hídrica e no ICH entre as sub-bacias da bacia do Rio Pirapora. Em relação ao ICH, a região do Alto Rio Pirapora apresenta-se em situação crítica, com baixa disponibilidade hídrica, com exceção da sub-bacia codificada pelo número 51, onde houve uma reversão de corpos de água com a finalidade de garantir o abastecimento público da cidade de Piedade.

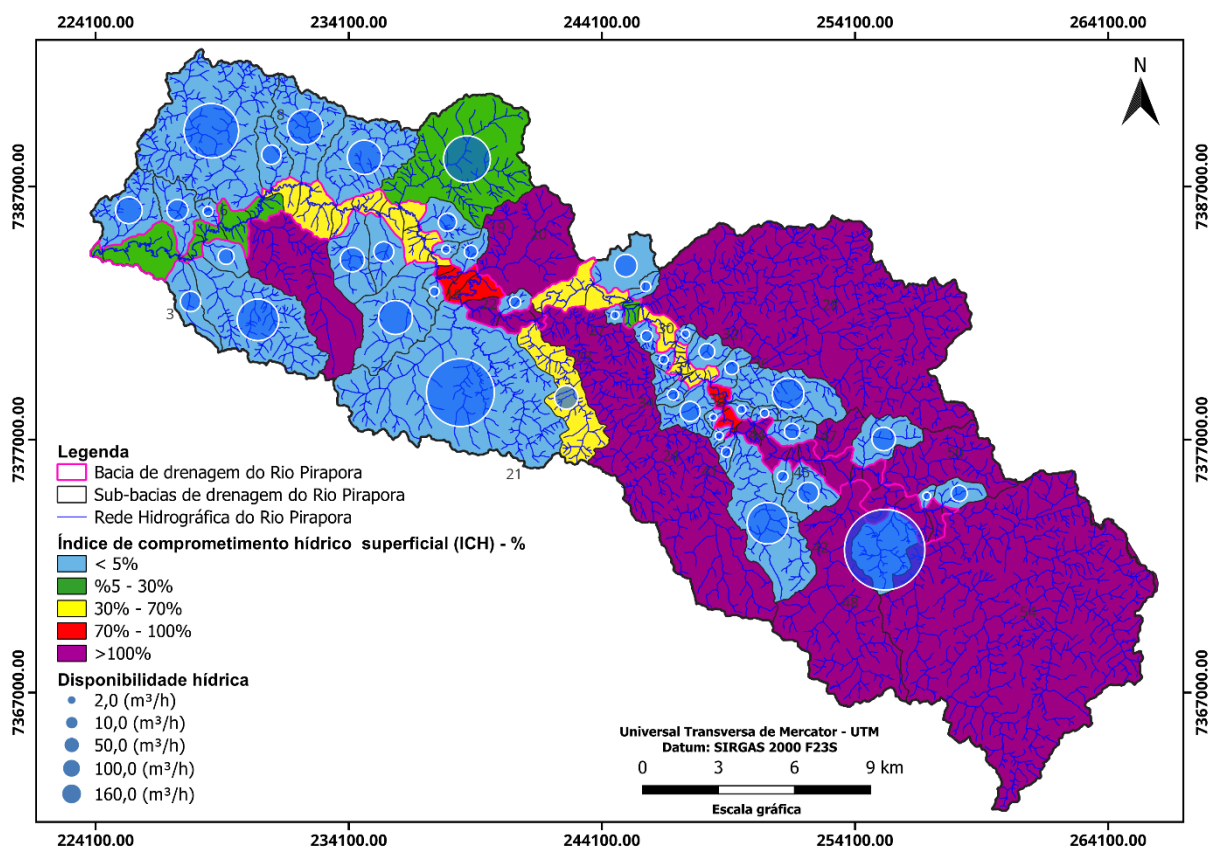
Já as regiões do Baixo Rio Pirapora apresentam um cenário mais favorável, com ICH muito baixo, tendo como exceção a sub-bacia codificada pelo número 7, que se encontra em uma situação crítica.

Com base na literatura sobre ICH para a área de estudo, de acordo com o Relatório de Situação, referente ao ano base de 2022, FABH-SMT (2023), a sub-bacia do Baixo Sorocaba, onde está inserida a bacia do Rio Pirapora, foi classificada, segundo o critério de criticidade definido pela ANA, com ICH muito alto. O relatório também aponta que as sub-bacias do Alto Sorocaba, Alto Médio Tietê e Médio Tietê Médio, que compõem a Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI) 10, apresentam igualmente ICH muito alto. Em contraste, a sub-bacia do Médio Sorocaba foi classificada como em situação crítica, enquanto a sub-bacia do Baixo Médio Tietê foi classificada como regular.

Em relação à disponibilidade hídrica na região do Baixo Rio Pirapora, apesar do ICH ser favorável, a disponibilidade hídrica nas sub-bacias, em sua maioria, é baixa, conforme apresentado na Tabela 10 e ilustrado na Figura 17.

No que diz respeito ao Rio Pirapora, de modo geral, tanto o ICH quanto a disponibilidade hídrica apresentaram-se desfavoráveis, variando de mediano, no baixo Pirapora, a crítico, no alto Pirapora, conforme o enquadramento estabelecido pela ANA em 2013 para os ICH.

Figura 17 - Balanço hídrico com índice de comprometimento hídrico superficial.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os resultados da disponibilidade hídrica para os diversos trechos do Rio Pirapora foram sintetizados na Figura 17, que mostra a vazão ao longo da extensão do Rio Pirapora, comparando a vazão de referência ($Q_{7,10}$), a vazão outorgável (50% do $Q_{7,10}$) e a demanda hídrica.

Observa-se que a demanda, representada pela linha azul, no trecho inicial do Rio Pirapora, já se apresenta acima da vazão outorgável (linha verde tracejada), indicando uma situação muito crítica nesse trecho. Cabe destacar que o cenário já se encontra minimizado pela reversão de corpos de água realizada em sub-bacias a montante do Rio Pirapora, o que, sem essa reversão, tornaria a situação ainda pior.

nesse trecho, conforme a Portaria 6303/22, publicada em 30 setembro de 2022 (São Paulo, 2022a).

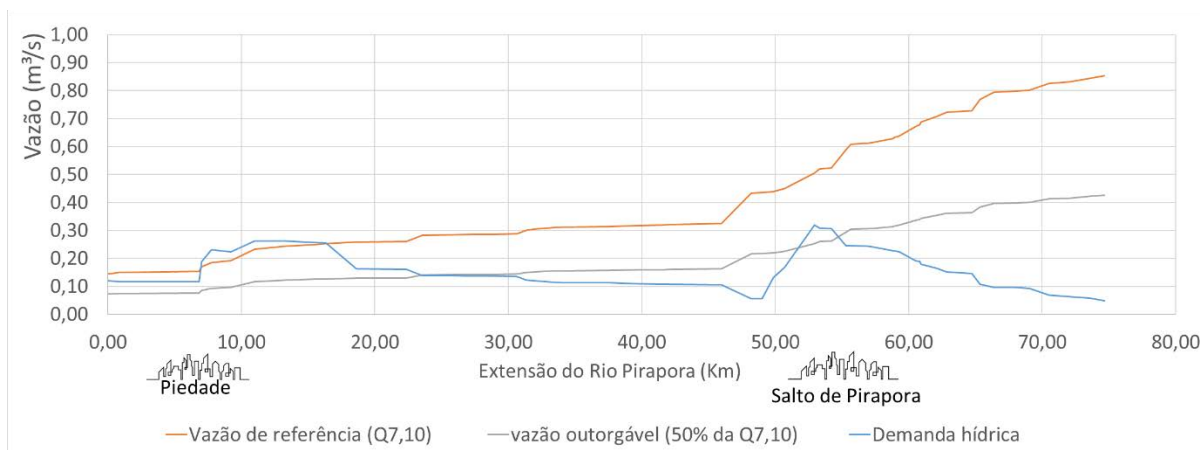
No trecho próximo à cidade de Piedade, observa-se que a demanda superou a vazão de referência, agravando ainda mais o cenário de criticidade. Essa elevação na demanda está diretamente associada à captação de água para abastecimento público, realizada para abastecer a cidade de Piedade, conforme a Portaria 6304/22, publicada em 30 de setembro de 2022 (São Paulo, 2022b).

Após o trecho compreendido entre as sub-bacias 42 – 41, a demanda fica abaixo da vazão outorgável, melhorando o cenário e baixando o ICH para "muito alto", aumentando a disponibilidade hídrica a cada quilômetro do rio até a proximidade da cidade de Salto de Pirapora, onde ocorre um incremento de água através de outra reversão de corpos de água, representado por uma queda brusca na linha de demanda, conforme a Portaria 229/22 publicada em 19 de janeiro de 2022 (São Paulo, 2022c).

Logo em seguida, na cidade de Salto de Pirapora, a linha de demanda volta a ficar acima da vazão outorgável, elevando o ICH para "Crítico". Essa elevação está associada à captação de água para abastecimento público, realizada para abastecer a cidade de Salto de Pirapora, conforme a Portaria 172/22, publicada em 14 de janeiro de 2022 (São Paulo, 2022d).

Observa-se que, nos trechos finais do Rio Pirapora, na região do baixo Pirapora, a demanda manteve-se abaixo da vazão outorgável, com o ICH classificado como "mediano", até o ponto de exutório, onde o Rio Pirapora deságua no Rio Sarapuí.

Figura 18 - Extensão do Rio Pirapora, comparando a vazão de referência ($Q_{7,10}$), a vazão outorgável (50% do $Q_{7,10}$) e a demanda hídrica



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com base nos resultados, ficou evidente a necessidade de medidas urgentes de gestão focadas nas áreas com ICH muito alto e crítico. Essas ações devem promover a segurança hídrica para múltiplos usos, especialmente para o consumo humano, uma vez que o Rio Pirapora é responsável pelo abastecimento de água de duas cidades localizadas dentro dos limites de sua bacia.

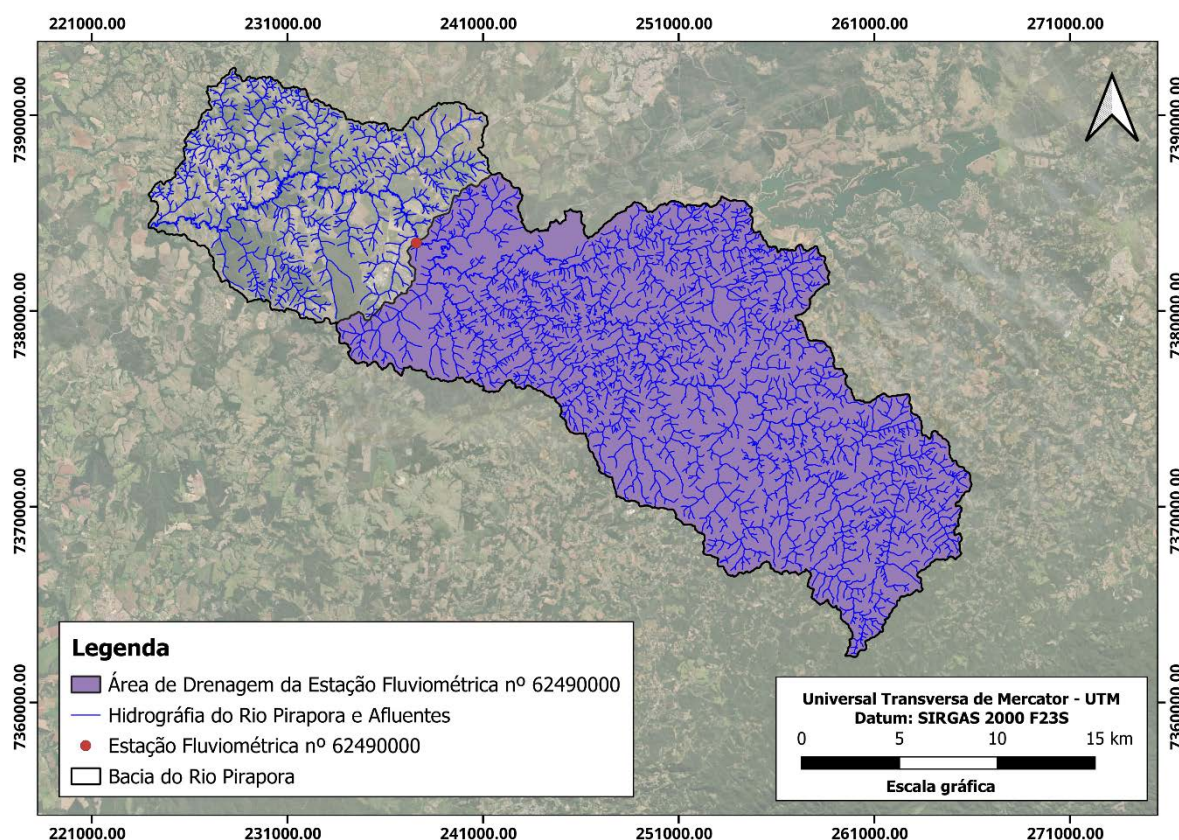
Uma gestão eficaz dos recursos hídricos, além de garantir a segurança hídrica, é essencial para a preservação da fauna e flora, assim como para a mitigação de potenciais conflitos pelo uso de um recurso já escasso. As medidas emergenciais não precisam se restringir às áreas com ICH muito alto e crítico; elas podem ser implementadas em toda a bacia, com ações como ampliação de projetos de conservação, recuperação de áreas degradadas, otimização do uso da água, e, principalmente, controle e coibição do uso irregular de recursos hídricos.

Cabe destacar que o estudo considerou apenas os usuários regularizados, ou seja, aqueles registrados no banco de dados do DAEE. A ausência de usuários em determinados locais da bacia indica que pode haver usos irregulares na região. Apesar da intensificação das fiscalizações entre os anos de 2021 e 2023 por parte do DAEE, com o intuito de coibir usos clandestinos dos recursos hídricos na bacia, a demanda na bacia pode ser maior do que a registrada nos bancos de dados (Allonso, 2023).

5.5 Validação do Método Regionalização com Dados Atualizados

O método de regionalização atualizado foi validado utilizando dados medidos na estação fluviométrica nº 62490000, localizada no Rio Pirapora Figura 19. A análise abrangeu uma série histórica de 30 anos, de 1990 a 2019, durante a qual foram calculadas a vazão $Q_{7,10}$ e a vazão média plurianual com base nos dados observados.

Figura 19 - Bacia de Drenagem da Estação Fluviométrica nº 62490000



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em seguida, essas mesmas vazões foram estimadas para o local usando duas metodologias: o método de regionalização proposto por Liazi *et al.* (1986) e o método de regionalização atualizado, desenvolvido neste estudo. Os resultados obtidos por ambos os métodos foram comparados com os valores reais medidos na estação fluviométrica nº 62490000, permitindo avaliar a precisão e a eficácia da metodologia atualizada, conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Vazão média plurianual e a vazão $Q_{7,10}$ foram calculadas utilizando diferentes métodos no ponto correspondente à localização da estação fluviométrica nº 62490000.

Método	Vazão média plurianual (L/s)	$Q_{7,10}$ (L/s)
Dados Medidos	4289,50	94,46
Método de Regionalização de 1988	4633,54	970,98
Método de Regionalização Atualizado	6605,49	658,14

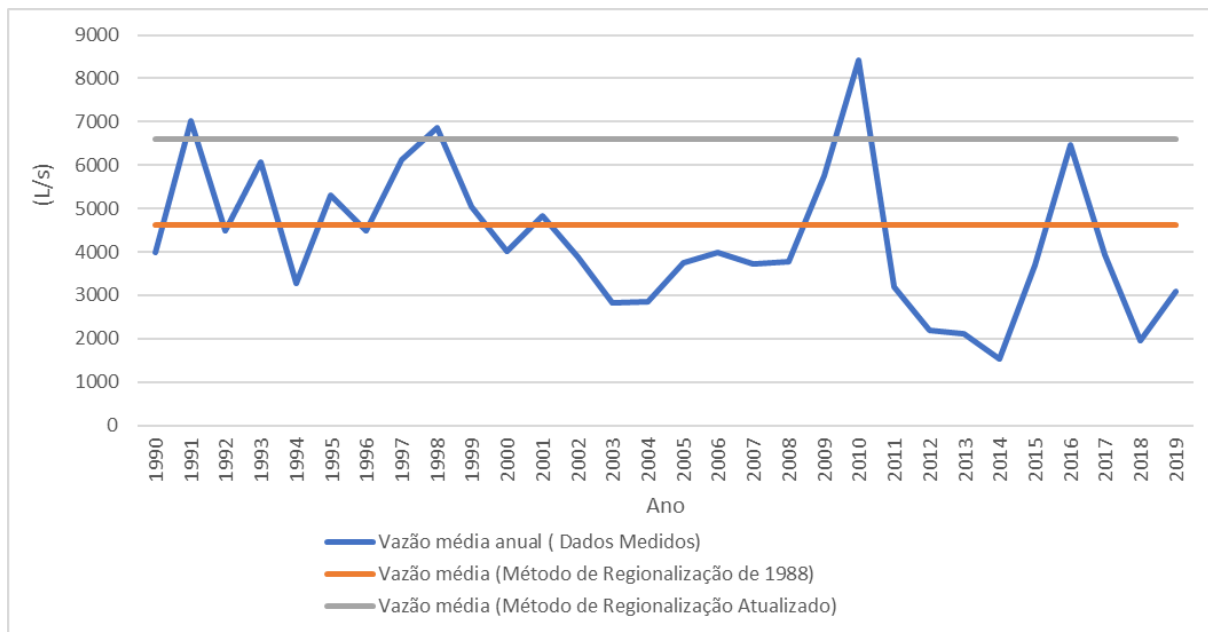
Fonte: Elaborado pelo Autor.

As vazões médias plurianuais calculadas pelos diferentes métodos apresentaram uma disparidade significativa. O Método de Regionalização de 1988 mostrou-se mais conservador, com uma vazão estimada 8,02% maior em relação aos dados medidos, apresentando valores mais próximos da média observada na estação fluviométrica. Por outro lado, o método de regionalização atualizado resultou em uma vazão média 54,02% superior aos dados medidos. No entanto, em relação à $Q_{7,10}$, ambos os métodos apresentaram valores substancialmente maiores quando comparados aos calculados com base nos dados medidos na estação fluviométrica para a série histórica de 30 anos.

Em relação à vazão média de 4289,50 L/s, ao analisar a vazão média plurianual dos dados medidos na série histórica de 30 anos (1990 a 2019), observa-se que esse valor sofreu influência de períodos específicos de estiagem, especialmente entre 2012 e 2014, quando a região sudoeste do Brasil enfrentou uma seca severa. Esse período contribuiu significativamente para a redução da vazão média medida.

Na Figura 20, percebe-se que a vazão média anual, na maior parte da série histórica, esteve acima da estimativa gerada pelo Método de Regionalização de 1988 e próxima à vazão estimada pelo método de regionalização atualizado. Contudo, durante os anos de estiagem, os valores medidos apresentaram uma queda expressiva, refletindo as condições hídricas excepcionais desse período. Além disso, o possível uso clandestino de água na bacia hidrográfica do Rio Pirapora é um fator que pode influenciar a análise, uma vez que sua ocorrência pode impactar a redução da vazão média medida.

Figura 20 - Comparação das vazões médias estimadas pelos métodos de regionalização de 1988 e atualizado com a vazão média anual medida na Estação Fluviométrica nº 62490000.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em relação à vazão $Q_{7,10}$, o valor calculado a partir dos dados medidos foi significativamente baixo, o que se torna ainda mais evidente quando comparado aos valores estimados pelos métodos de regionalização. O Método de Regionalização de 1988 indicou um aumento de 928,05% em relação à vazão $Q_{7,10}$, medida, enquanto o Método de Regionalização Atualizado resultou em um aumento de 596,87%. Além disso, ao comparar com a Tabela 12, observa-se que, durante toda a série histórica, não foi registrada nenhuma vazão mínima média de 7 dias anual com um valor tão baixo.

Uma das principais razões para essas divergências pode ser atribuída a falhas nos dados da série temporal, especialmente entre os anos de 2009 e 2010, quando ocorreram inconsistências registradas na estação fluviométrica. Além disso, eventos extremos a partir de 2010 podem ter influenciado diretamente os valores da média e o desvio padrão, o que pode ter contribuído para o valor baixo observado para vazão $Q_{7,10}$.

Tabela 12 - Vazão mínima média de 7 dias consecutivos anual (M^3/s) média anual, medida na estação fluviométrica nº 62490000.

Ano	Q_7 (M^3/s)	Ano	Q_7 (M^3/s)	Ano	Q_7 (M^3/s)
1990	1,83	2000	0,73	2010	0,97

Ano	Q ₇ (M ³ /s)	Ano	Q ₇ (M ³ /s)	Ano	Q ₇ (M ³ /s)
1991	2,11	2001	1,16	2011	0,49
1992	2,56	2002	0,67	2012	0,20
1993	2,61	2003	0,67	2013	0,43
1994	0,38	2004	0,51	2014	0,19
1995	1,09	2005	1,10	2015	0,48
1996	1,02	2006	1,05	2016	1,69
1997	1,16	2007	0,53	2017	0,26
1998	2,28	2008	0,83	2018	0,33
1999	1,44	2009	1,22	2019	0,26

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Ao comparar os valores médios da série histórica para diferentes períodos, apresentados na Tabela 13, observa-se uma redução tanto na vazão média plurianual quanto na vazão Q_{7,10} ao longo das séries históricas avaliadas.

Tabela 13 - Vazão média plurianual e a vazão Q_{7,10} para diferentes séries históricas no ponto correspondente à localização da estação fluviométrica nº 62490000.

Série Temporal	Vazão média plurianual (L/s)	Q _{7,10} (L/s)
1990 - 2000	5.267,90	676,67
2000-2010	4.603,72	358,09
1990-2019	4.289,50	94,46

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Essa tendência indica uma redução acentuada das vazões do Rio Pirapora nos últimos anos, comprometendo a representatividade da série histórica entre 1990-2010 e 1990-2019. Comparando com a série de 1990-2000, foram encontrados uma vazão média plurianual de 5.267,90 L/s e uma Q_{7,10} de 676,67 L/s. Esses valores são semelhantes aos obtidos pelo método de regionalização atualizado, sugerindo que este método é mais adequado para representar a realidade das Vazões observada.

6 CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos ao longo deste estudo, foi possível verificar o cumprimento dos objetivos propostos, com desenvolvimento de um roteiro metodológico eficaz para a quantificação da disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do Rio Pirapora para diversas áreas e trechos do rio, permitindo uma compreensão detalhada das condições hídricas locais. Paralelamente, foi avaliado o índice de comprometimento hídrico, o que possibilitou uma discussão aprofundada sobre os resultados, embasada na literatura.

Entre os resultados alcançados, pode destacar-se o desenvolvimento de uma base de dados vetoriais com excelente precisão, elaborada para a área de estudo. Essa base de dados é composta pela rede hidrográfica, diferenciando o curso d'água perene do curso d'água intermitente, com representação bifilar para o Rio Pirapora, além de um mapa de precipitação média que cobre toda a área da bacia. Esses dados podem servir de base para o desenvolvimento de outros estudos e para o aprimoramento da gestão dos recursos hídricos na bacia.

É importante mencionar que os bancos de dados utilizados no desenvolvimento deste estudo apresentaram períodos com falhas de dados, o que é comum nos bancos de dados brasileiros, pois muitas estações pluviométricas apresentam falhas nos registros de dados, seja por problemas técnicos, manutenção, acesso limitado, áreas remotas ou eventos extremos que impossibilitem a medição. Diante disso, para o preenchimento das falhas, aplicou-se o método de regressão linear simples, sendo este um método estatístico que correlaciona os dados da estação com falhas a outra estação vizinha sem falhas. Esse procedimento pode ocasionar uma pequena variação no resultado.

Por fim, os resultados deste estudo permitiram uma visão abrangente e detalhada do cenário atual da bacia do Rio Pirapora, para diversos trechos do rio, pois foram apresentadas informações essenciais e identificadas áreas críticas em relação à oferta e demanda de água, além da quantificação da disponibilidade hídrica em diversos trechos do Rio Pirapora.

Por fim, esses dados poderão subsidiar a tomada de decisões na gestão dos recursos hídricos, como a liberação de novas outorgas, a redução de volume de outorgas ou até mesmo a revogação, podendo servir de base para a tomada de decisões para a autorização da implantação de novos empreendimentos que exigem

um uso significativo de água. Além disso, esse estudo possibilita a implementação de ações mais eficientes que proporcionarão melhores resultados, com foco especialmente nas regiões críticas.

REFERÊNCIAS

- ABATZOGLOU, John T.; DOBROWSKI, Solomon Z.; PARKS, Sean A.; HEGEWISCH, Katherine C. **Terra Climate**, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958–2015. *Scientific Data*, v. 5, n. 170191, P. 1-12, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.191>. Acesso em: 12 mar. 2023.
- ABREU, M. C.; TONELLO, K. C. Avaliação dos parâmetros hidrometeorológicos na bacia do Rio Sorocaba/SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 1, p. 99-109, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0102778632120150164>. Acesso em: 12 mar. 2023.
- ABREU, Marcel Carvalho; FRAGA, Micael de Souza; ALMEIDA, Laura Thebit; SILVA, Felipe Bernardes; CECÍLIO, Roberto Avelino; LYRA, Gustavo Bastos; DELGADO, Rafael Coll. Streamflow in the Sapucaí River watershed, Brazil: probabilistic modeling, reference streamflow, and regionalization. **Physics and Chemistry of the Earth**, Parts A/B/C, v. 126, n. 103133, p. 1-13, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103133>. Acesso em: 12 mar. 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Balanco hídrico quantitativo**. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, Brasília, 22 mar. 2016. Disponível em: <https://dadosabertos.ana.gov.br/search?groupIds=c90eb9ea4d904aa8b3b036ebb5eb759f>. Acesso em: 30 set. 2024. Acesso em: 10 fevereiro 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021**: informe anual, 118p. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 12 de março de 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas Agência Brasileira de Águas, 2023. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 10 janeiro de 2024.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Brasília: SAG, 2011. 50 p. il. (Cadernos de capacitação em recursos hídricos; v. 1, vol. 6). ISBN 978-85-89629-78-2. Disponível em: https://www.aguas.sc.gov.br/jsmaffib_top/Estudos%20e%20Documentos/ApostilaANA_Volume_6_outorga.pdf. Acesso em: 11 maio 2024.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos**. Brasília, 2011. (, v. 6). Disponível em: https://www.aguas.sc.gov.br/jsmaffib_top/Estudos%20e%20Documentos/ApostilaANA_Volume_6_outorga.pdf. Acesso em: 11 mai.o 2024.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020**. Brasília, 2020. p. 29-50. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 16 jul. 2024.
- AHMED, Ashraf A.; SAYED, Sakina; ABDOLHALIK, Antoifi; MOUTARI, Salissou; OYEDELE, Lukumon. Applications of machine learning to water resources management: A review of present status and future opportunities. **Journal of Cleaner Production**, v. 441, n.

140715, p. 1-18, 15 fev. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.iclepro.2024.140715>. Acesso em: 16 jul. 2024.

ALBUQUERQUE, Amanda Menezes de; FERREIRA, Yrving Brandão; SILVA, Suiane Braz; SALES, Marta Celina Linhares. Balanço hídrico como ferramenta de gerenciamento de recursos hídricos: aplicação na área de influência direta do açude Castanhão - CE. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v. 21, n. 2, p. 454-466, Set. 2019. <https://doi.org/10.35701/rcgs.v21n2.601>. Acesso em: 12 de mar. 2023.

ALLONSO, J, J. Apoio do CBH do Rio Sorocaba e Médio Tietê ao DAEE para as Atividades de Gestão e Fiscalização dos usos de Recursos Hídricos. In: **ANAIIS DO ENCONTRO NACIONAL DE COMITÊS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS (ENCOB XXV): ÁGUAS DO BRASIL - GOVERNANÇA ADAPTAÇÃO E DESENVOLVIMENTO**. Natal, Anais Natal (RN) Centro de Convenções Natal, 2023. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/encob2023/661016-apoio-do-cbh-do-rio-sorocaba-e-medio-tiete-ao-dae-e-para-as-atividades-de-gestao-e-fiscalizacao-dos-usos-de-recurs>> Acesso em: 21 ago. 2024.

ALVES, Wellmo dos Santos; MARTINS, Alécio Perini; PÔSSA, Évelyn Márcia; MOURA, Derick Martins Borges de; MORAIS, Wilker Alves; FERREIRA, Raina Santos; SANTOS, Leonardo Nazário Silva dos. Geotechnologies applied in the analysis of land use and land cover (LULC) transition in a hydrographic basin in the Brazilian Cerrado. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 22, n. 100495, p. 1-10, abr. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100495>. Acesso em: 16 jul. 2024.

ANA. **A Distribuição Desproporcional de Água no Brasil**, 14 de jul. de. 2017. Facebook: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. Disponível em: https://www.facebook.com/anagovbr/photos/o-brasil-possui-12-de-toda-a-%C3%A1gua-doce-do-mundo-pode-parecer-muito-mas-a-distrib/1075462189221358/?_rdr. Acesso em: 10 fevereiro 2023.

ANDERSEN, C. B.; WRIGHT, D. B.; THORND AHL, S. CON-SST-RAIN: Continuous Stochastic Space–Time Rainfall generation based on Markov chains and transposition of weather radar data. **Journal of Hydrology**, v. 637, 131385, jun. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131385>. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

ANDRADE, Erik de Lima; PRESTES, Josiana Aparecida; VENCEL, Lidiane de Souza; ARANTES, Leticia Tondato; SILVA, Darllan Collins da Cunha e. Conflitos de uso do solo em áreas de preservação permanente na bacia do Rio Pirapora, Salto de Pirapora/SP: influência na qualidade das águas. **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 19, n. 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5016/estgeo.v19i3.16201>. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

APBIOMAS. **MapBiomias Cobertura 10M**. Coleção BETA de mapas anuais de cobertura e uso da terra para o período de 2016 a 2022, utilizando imagens do satélite Sentinel-2 com resolução espacial de 10 metros. 2023. 1 mapa. Disponível em: https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/brasil/sentinel/lcluc/coverage/brasil_sentinel_coverage_2022.tif. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

ARRIAGADA, P.; KARELOVIC, B.; LINK, O. Automatic gap-filling of daily streamflow time series in data-scarce regions using a machine learning algorithm. **Journal of Hydrology**, v. 598, jul. 2021, 126454. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126454>. Acesso em: 8 set. 2024.

ARROIO JUNIOR, Paulo Ponce; MAUAD, Frederico Fabio. Simulação dos impactos das mudanças climáticas na vazão da bacia do Ribeirão do Feijão – SP. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 741-751, jul./set. 2015. Disponível em: <https://biblat.unam.mx/hevila/RBRHRevistabrasileiraderecursoshidricos/2015/vol20/no3/19.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2024.

BALTAR, Alexandre M.; AZEVEDO, Luiz Gabriel T.; REGO, Manuel; LA LAINA PORTO, Rubem. Sistemas de suporte à decisão para a outorga de direitos de uso da água no Brasil. Brasília: Banco Mundial, 2003. **Série Água Brasil**, No. 2. ISBN 85-88192-02-0. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/16088>. Acesso em: 29 jul. 2024.

BARBOSA, Carolina Cerqueira; CALIJURI, Maria do Carmo; SANTOS, André Cordeiro Alves dos; LADWIG, Robert; OLIVEIRA, Lais Ferrer Amorim de; BUARQUE, Ana Carolina Sarmiento. Future projections of water level and thermal regime changes of a multipurpose subtropical reservoir (Sao Paulo, Brazil). **Science of The Total Environment**, v. 770, 20 May 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144741>. Acesso em: 12 Out. 2024.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2000. cap. 5, p. 177-200.

BOLDRIN, Mirtes Tatiane Neisse; BENÍCIO, Sarah Haysa Mota; RODRIGUES, Andriane de Melo; OLIVEIRA, Luciano; FORMIGA, Klebber Teodomiro Martins. Calibração e validação de modelos hidrológicos para uma bacia hidrográfica do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 4, p. 1827-1842, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbqf.v15.4.p1827-1842>. Acesso em: 12 de mar. de 2023.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. A política de recursos hídricos no Brasil. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, p. 143-165, dez. 1997. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/11774>. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei n. 8.001, de 13 de março de 1990. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 470, 9 jan. 1997.

BRASIL. Lei n. 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 18 jul. 2000.

BRAZ, Adalto Moreira; BRAZ, Amanda Moreira; BONI, Paola Vicentini; GARCIA, Patricia Helena Mirandola; PINTO, André Luiz; OLIVEIRA, Ivanilton José de. Uso, cobertura e manejo da terra: contribuições teórico-metodológicas e subsídios à conservação ambiental na bacia hidrográfica do Córrego Ribeirãozinho, Selvíria/MS. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 64, p. 310–327, dez. 2017. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/>. Acesso em: 16 jul. de 2024.

CALGARO, H. **Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI**, 2023. Região Metropolitana de São Paulo, grande produtora de alimentos. Disponível em: <https://www.cati.sp.gov.br/portal/imprensa/noticia/regiao-metropolitana-de-sao-paulo--grande-produtora-de-alimentos>. Acesso em: 05 set. 2024.

CHEMURA, Abel; RWASOKA, Donald; MUTANGA, Onisimo; DUBE, Timothy; MUSHORE, Terence. The impact of land-use/land cover changes on water balance of the heterogeneous

Buzi sub-catchment, Zimbabwe. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 164, n. 100292, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100292>. Acesso em: 12 de mar. de 2023.

CHEN, Hsin-Yu; YEH, Hsin-Fu; KE, Chien-Chung; YANG, Ya-Sin; HUANG, Chia-Chi. Deciphering inter-catchment groundwater flow: A water balance perspective in the Choshui River Basin, Taiwan. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 53, n. 101742, jun. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.101742>. Acesso em: 16 jul. de 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SOROCABA E MÉDIO TIETÊ - CBH-SMT. **Relatório de Situação 2023 Ano Base 2022**. Disponível em: <https://www.agenciasmt.com.br/paginas.aspx?pag=PlanoBacias>. Acesso em: 18 jul. 2024.

CONCEIÇÃO, Fabiano Tomazini da; SARDINHA, Diego de Souza; NAVARRO, Guillermo Rafael Beltran; ANTUNES, Maria Lúcia Pereira; ANGELUCCI, Vivian Andréa. Composição química das águas pluviais e deposição atmosférica anual na bacia do Alto Sorocaba (SP). **Química Nova**, v. 34, n. 4, p. 610-616, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/25221>. Acesso em: 12 out. 2024.

COORDENADORIA DE RECURSOS HÍDRICOS - CRHi. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) 2020-2023**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/relatoriosituacaodosrecursoshidricos>. Acesso em: 17 julho de 2024.

CORREIO, R. C. M.; BARP, A. R. B. Inovações metodológicas para construção de cenários estratégicos em bacias hidrográficas. RAI - **Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v. 11, n. 3, p. 200-226, jul./set. 2014. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=97332524010>. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

COSTA, Emiliano Silva; SALLA, Márcio Ricardo; PEREIRA, Carlos Eugenio; ALAMY FILHO, José Eduardo; LIMA, Guilherme de. Otimização do aproveitamento de águas superficiais no curso superior do Rio Uberaba, região do Triângulo Mineiro. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, MG, v. 31, n. 41033, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/SN-v31-2019-41033>. Acesso em: 05 mai. de 2024.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Levantamento da geodiversidade: projeto atlas pluviométrico do Brasil**: isoietas anuais médias: período 1977 a 2006. Set. 2011. Brasília: CPRM. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/22220>. Acesso em: 12 out. 2024.

DEMBÉLÉ, Moctar; ORIANI, Fabio; TUMBULTO, Jacob; MARIÉTHOZ, Grégoire; SCHAEFLI, Bettina. Gap-filling of daily streamflow time series using Direct Sampling in various hydroclimatic settings. **Journal of Hydrology**, v. 569, p. 573-586, fev. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.11.076>. Acesso em: 8 set. 2024

EMPINOTTI, V. L.; BUDDS, J.; AVERSA, M. Governança e segurança hídrica: o papel do arcabouço institucional da água na crise hídrica de 2013-15 em São Paulo, Brasil. **Fórum Geo**, v. 98, p. 46-54, jan. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.09.022>. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO - EMPLASA. **Ortofotos do Estado de São Paulo - 2010/2011**. São Paulo: Emplasa, 2010. Imagem ortoretificada com resolução espacial aproximada de 1 metro, abrangendo todo o território do Estado de São Paulo. Disponível em: <https://emplasa.sp.gov.br/FaleConosco>. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

FABDEM (Forest And Buildings removed Copernicus 30m DEM). [s.l.]: **GEE Community Catalog**, [2023]. Disponível em: <https://gee-community-catalog.org/projects/fabdem/>. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

FERREIRA, M. L. Extreme rain event highlights the lack of governance to face climate change in the Southeastern coast of Brazil. **Geography and Sustainability, Amsterdam**, v. 5, n. 1, p. 29-32, Mar. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2023.11.001>. Acesso em: 2 dez. 2024.

FERREIRA, Renan Gon; SILVA, Demetrius David da; ELESBON, Abrahão Alexandre Alden; SANTOS, Gérson Rodrigues dos; VELOSO, Gustavo Vieira; FRAGA, Micael de Souza; FERNANDES-FILHO, Elpídio Inácio. Geostatistical modeling and traditional approaches for streamflow regionalization in a Brazilian Southeast watershed. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 108, 103355, jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103355>. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

FILL, Heinz Dieter; SANTOS, Irani dos; FERNANDES, Cristovão; TOCZECK, André; OLIVEIRA, Mariana Fiorin de. Balanço hídrico de uma bacia hidrográfica localizada no oeste do estado do Paraná. **Eng. Sanit Ambient.**, v. 26, n. 5, set.-out. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020374>. Acesso em: 29 jul. de 2024.

FINCK, Luiz Felipe; LEITE, Izabel Rodrigues; ALMEIDA, Aleska Kaufmann; ALMEIDA, Isabel Kaufmann de. A streamflow regionalization method using hydrological data and geoprocessing tools—a Brazilian midwest analysis. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 133, 104695, jan. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104695>. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

GESUALDO, Gabriela Chiquito; OLIVEIRA, Paulo Tarso; RODRIGUES, Dulce Buchala Bicca; GUPTA, Hoshin Vijai. Assessing water security in the São Paulo metropolitan region under projected climate change, v. 23, n. 12, p. 4955-4968, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/hess-23-4955-2019>. Acesso em: 16 jul. de 2024.

GONZÁLEZ-MORADAS, Maria del Rosario; VIVEEN, Willem; VIDAL-VILLALOBOS, Raúl Andrés; VILLEGAS-LANZA, Juan Carlos. A performance comparison of SRTM v. 3.0, AW3D30, ASTER GDEM3, Copernicus and TanDEM-X for tectonogeomorphic analysis in the South American Andes. **Catena**, v. 228, 107160, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107160>. Acesso em: 12 de mar. de 2023.

GRANEMANN, A. R. B.; MINE, M. R. M. Distribuições de probabilidade para vazões mínimas: uma revisão bibliográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21., 2015, Brasília. **Anais. ABRHidro**, 2015. ISSN 2318-0358. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/4/PAP019238.pdf>. Acesso em: 10 out. 2024.

HE, G.; CHEN, Y.; LI, Z.; FANG, G.; ZHU, J.; LIANG, W. Exploring denoising diffusion probabilistic model for daily streamflow gap filling in Central Asia typical watersheds. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 52, abr. 2024, 101701. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.101701>. Acesso em: 8 set. 2024.

HOBBS, I.; ANDA, M.; BAHRI, P. A. Estimating peak water demand: Literature review of current standing and research challenges. **Results in Engineering**, v. 4, n. 100055, dec. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2019.100055>. Acesso em: 11 jul. de 2024.

HORIKOSHI, A. S.; FISCH, G. Balanço hídrico atual e simulações para cenários climáticos futuros no Município de Taubaté, SP, Brasil. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal**

of Applied Science, v. 2, n. 2, p. 33-46, ago. 2007. Universidade de Taubaté, Taubaté, Brasil. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92820206>. Acesso em: 29 jul. 2024.

HOSSEINY, S. H.; BOZORG-HADDAD, O.; BOCCHIOLA, Daniele. Water, culture, civilization, and history. In: **Economical, Political, and Social Issues in Water Resources**. 2021. p. 189-216. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90567-1.00010-3>. Acesso em: 11 de jul. de 2024.

HOUSOLI, Sahand; ELVINS, Jonathon; SEARLE, Justin; BOUDJABEUR, Samir; BOWYER, Jordan; JEWELL, Eifion. A Multi-Criteria decision making (MCDM) methodology for high temperature thermochemical storage material selection using graph theory and matrix approach. **Materials & Design**, v. 227, 111685, mar. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2023.111685>. Acesso em: 12 de mar. de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Geologia 1:250.000. **Cartas temáticas sobre a Geologia na escala 1:250.000**, disponibilizadas de acordo com o recorte geográfico do Mapeamento Topográfico Sistemático Terrestre do Brasil. [2023]. 1 mapa. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geologia/15822-geologia-1-250-000.html>. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Geomorfologia 1:250.000. **Cartas sobre a Geomorfologia na escala 1:250.000**, disponibilizadas de acordo com o recorte geográfico do Mapeamento Topográfico Sistemático Terrestre do Brasil. [2023]. 1 mapa. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geomorfologia/10870-geomorfologia.html>. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - IGC - **Cartas Topográficas 1:10.000. São Paulo: IGC, 1970**. Mosaico de cartas topográficas na escala 1:10.000, elaboradas entre 1978 e 2006, integrando o Mapeamento Sistemático do Estado de São Paulo. Disponível em: www.igc.sp.gov.br/geoport. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

JACOBI, P. R.; BUCKERIDGE, M.; RIBEIRO, W. C. Governança da água na Região Metropolitana de São Paulo - desafios à luz das mudanças climáticas. **Híbridos do Conhecimento**, v. 35, n. 102, p. 87-104, maio-agosto. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35102.013>. Acesso em: 15 jul. 2024.

JUNQUEIRA, M. A. D. R.; SAIANI, C. C. S.; PASSADOR, C. S. Apontamentos sobre a Lei Brasileira das Águas: a experiência do Estado de São Paulo. REGE - **Revista de Gestão**, v. 18, n. 2, abr.-jun. 2011, p. 159-175. Disponível em: <https://doi.org/10.5700/rege420>. Acesso em: 29 jul. 2024.

LIAZI, A.; CONEJO, J. L.; PALOS, J. C. F.; CINTRA, P. S. Regionalização Hidrológica no Estado de São Paulo. São Paulo: **Revista Águas e Energia Elétrica – DAEE**, ano 5, n.14. p.4-10. 1988.

LIMA, G. N.; LOMBARDO, M. A.; MAGAÑA, V. Urban water supply and the changes in the precipitation patterns in the metropolitan area of São Paulo – Brazil. **Applied Geography**, v. 94, p. 223-229, may 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.03.010>. Acesso em: 16 jul. 2024.

LIU, Shu-feng; WANG, Zhi-hua; GUAN, Shuai; HE, Yan-hu. An improved hydraulic method for calculating ecological flow considering the changes of rainfall and temperature within a year. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 167, p. 112677, Oct. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112677>. Acesso em: 3 dez. 2024.

MARENGO, José A.; NOBRE, Carlos Afonso; SELUCHI, Marcelo Enrique; CUARTAS, Adriana; ALVES, Lincoln Muniz; MENDIONDO, Eduardo Mario; OBREGÓN, Guillermo; SAMPAIO, Gilvan. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, São Paulo, n. 106, p. 31-44, jul-set. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i106p31-44>. Acesso em: 12 de mar. de 2023.

MARQUES, Amanda Carneiro; VERAS, Carlos Eduardo; RODRÍGUEZ, Daniel Andrés. Avaliação das contribuições das políticas hídricas para a gestão sustentável dos recursos hídricos em cenários de mudanças climáticas. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 127, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127690>. Acesso em: 3 dez. 2024.

MARTINHAGO, Denise; MARCOLIN, Janaína Fernanda; RAMALLO, Priscila; ARAÚJO, Everton Coimbra de; SANDMANN, André; TONIN, Paulo Cesar; SCHUTZ, Fabiana Costa de Araújo. Balanço hídrico de uma bacia hidrográfica localizada no oeste do estado do Paraná. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 05, set.-out. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020374>. Acesso em: 16 jul. 2024.

MARTINS, Maria Eugénia Graça. Coeficiente de correlação amostral. **Revista de Ciência Elementar**, Porto, v. 2, n. 2, p. 042, 28 maio 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.24927/rce2014.042>. Acesso em: 3 dez. 2024.

MEDEIROS, I. C. de; COSTA SILVA, J. F. C. B. da; SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G. Run-of-erosion modelling and water balance in the Epitácio Pessoa Dam river basin, Paraíba State in Brazil. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 16, p. 3035–3048, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1940-3>. Acesso em: 12 de mar. de 2023.

MENGISTIE, Getahun Kebede; HAILE, Alemseged Tamiru; O'DONNELL, Greg; NEGASH, Ephrem Derso; BEKELE, Tilaye Worku; TEDLA, Hailay Zeray. Citizen science data to improve rainfall-runoff model performance in urbanizing Akaki catchment, Awash Basin, Ethiopia. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 53, 101822, jun. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.101822>. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

MOHEBZADEH, H.; FALLAH, M. Quantitative analysis of water balance components in Lake Urmia, Iran using remote sensing technology. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 13, p. 389-400, Jan. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.12.009>. Acesso em: 12 de março de 2023.

KOLLING NETO, Arthur; RIBEIRO, Rayssa Balieiro; FRAGA, Micael de Souza; PRUSKI, Fernando Falco. Estimating water balance in a Brazilian semiarid watershed using different spatial data. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 140, n. 104930, 15 jul. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2024.104930>. Acesso em: 16 jul. de 2024.

NGENE, Ben U.; NWAFOR, Christiana O.; BAMIGBOYE, Gideon O.; OGBIYE, Adebajji S.; OGUNDARE, Jacob O.; AKPAN, Victor E. Assessment of water resources development and exploitation in Nigeria: A review of integrated water resources management approach. **Heliyon**, v. 7, n. 05955, jan. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05955>. Acesso em: 29 jul. 2024.

NICOLLIER, V.; KIPERSTOK, A.; BERNARDES, M. E. C. A governança das águas no Brasil: qual o papel dos municípios? Estudos Avançados, v. 37, n. 109, **Cidades e Tecnologias**, set.-dez. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2023.37109.017>. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

NING, Tingting; FENG, Qi; LI, Zhi; LI, Zongxing; XI, Haiyang; YANG, Linshan; CHANG, Xiaoge. Precipitation changes and its interaction with terrestrial water storage determine water yield variability in the world's water towers. **Science of The Total Environment**, v. 880, 1 jul. 2023, 163285. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163285>. Acesso em: 12 de mar. de 2023.

NUNES, F. T.; VASCONCELOS JÚNIOR, F. C.V.; SILVEIRA, C. S. Avaliação interanual das anomalias de chuvas da bacia hidrográfica do Rio Mundaú – Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 12, n. 1, p. 22-38, jan. 2019. Disponível em: <file:///C:/Users/Admin/Downloads/josicleda,+236605-132524-1-ED.pdf>. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

PADRÓN, Ryan S.; GUDMUNDSSON, Lukas; GREVE, Peter; SENEVIRATNE, Sonia I. Large-scale controls of the surface water balance over land: Insights from a systematic review and meta-analysis. **Water Resources Research**, v. 53, n. 10, p. 9659–9678, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/2017WR021215>. Acesso em: 12 de mar. de 2023.

PALA, Mehmet; YÜCE, Mehmet Ishak. Análise comparativa de precipitação e escoamento da bacia do alto rio Murat na Turquia no contexto de variáveis hidrometeorológicas. **Revista de Engenharia de Alexandria**, Alexandria, v. 75, p. 479-493, 15 jul. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.06.013>. Acesso em: 3 dez. 2024.

PEIXOTO, F. da S.; SOARES, J. A.; RIBEIRO, V. S. Conflicts over water in Brazil. **Sociedade & Natureza**, v. 34, n. 1, fev. 2021. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/59410>. Acesso em: 12 de mar. 2023.

PEREIRA, D. S. P.; JOHNSON, R. M. F. Descentralização da gestão dos recursos hídricos em bacias nacionais no Brasil. REGA - **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 53-72, jan./jun. 2005. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=2&ID=65&SUMARIO=815&ST=descentralizacao+da+gestao+dos+recursos+hidricos+em+bacias+nacionais+no+brasil>. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

RIBEIRO, Thiago Barboza; ALBUQUERQUE, Carlosandro Carvalho de; LISBOA, Luana; BATISTA, Ieda Hortêncio; ULIANA, Eduardo Morgan. Estimativa das vazões mínimas de referência ($Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90}) anuais e semestrais para a bacia do Rio Branco. In: **Trabalhos técnicos** do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (SBRH), 2017, Florianópolis. Disponível em: <http://evolvedoc.com.br/xxiisbrh/detalhes-408-estimativa-das-vazoes-minimas-de-referencia-q710-q95-e-q90-anuais-e-semestrais-para-a-bacia-do-rio-branco>. Acesso em: 05 mai. 2024.

RODRIGUES, Alisson Lopes; VILLA, Pedro Manuel; RODRIGUES, Alice Cristina; MATA, Raffles Anselmo; MARTORANO, Lucieta Guerreiro. Balanço hídrico de uma microbacia hidrográfica na mata atlântica: implicações para o manejo de recursos hídricos. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 16, v. 26, p. 614-628, jan./jun. 2020. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1154383>. Acesso em: 15 julho 2024.

SANTOS, Humberto Goncalves dos; CARVALHO JUNIOR, Waldir de; DART, Ricardo de Oliveira; AGLIO, Mario Luiz Diamante; SOUZA, Jose Silva de; PARES, Jerônimo Guedes; FONTANA, Ademir; MARTINS, Alba Leonor da Silva; OLIVEIRA, Aline Pacobahyba de. **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 1 mapa, color. Escala 1:5.000.000. (Embrapa Solos. Documentos, 130).

SÃO PAULO (Estado). Lei n. 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, São Paulo, 1991.

SÃO PAULO (Estado). Lei n. 9.034, de 27 de dezembro de 1994. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH, a ser implantado no período 1994 e 1995, em conformidade com a Lei n. 7.663, de 30 de dezembro de 1991, que instituiu normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos. Revogada pela Lei n. 16.337, de 14 de dezembro de 2016.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 16.337, de 14 de dezembro de 2016. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, 14 dez. 2016.

SÃO PAULO (Estado). Portaria 172/22d. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**: Poder Executivo, Seção I. São Paulo, v. 132, n. 9, p. 60-187, 14 jan. 2022.d.

SÃO PAULO (Estado). Portaria 229/22c. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**: Poder Executivo, Seção I. São Paulo, v. 12, n. 12, p. 44-187, 19 jan. 2022.

SÃO PAULO (Estado). Portaria 6303/22a. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**: Poder Executivo, Seção I. São Paulo, v. 132, n. 184, p. 66-263, 30 set. 2022.

SÃO PAULO (Estado). Portaria 6304/22b. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**: Poder Executivo, Seção I. São Paulo, v. 132, n. 184, p. 66-263, 30 set. 2022.

SILVA, Antônio M. da; OLIVEIRA, Polyanna M. de; MELLO, Carlos R. de; PIERANGELI, Cyntia. Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 10, n. 2, p. 374-380, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000200019>. Acesso em: 05 de mai. 2024.

SIQUEIRA, Paula Prado; OLIVEIRA, Paulo Tarso S.; BRESSIANI, Danielle; MEIRA NETO, Antonio A.; RODRIGUES, Dulce B.B. Effects of climate and land cover changes on water availability in a Brazilian Cerrado basin. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 37, Oct. 2021, p. 100931. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100931>. Acesso em: 15 jul. 2024.

SISTEMA DE OUTORGA ELETRÔNICA - SOE-DAEE. Atos de Outorgas e Cadastros, [2023]. Disponível em: <https://cth.daee.sp.gov.br/soe/#7/-22.524/-46.524>. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

SOLDI, Karen Costa; LONDERO, James Eduardo Lago; SCHAVINSKI, Cassiano Ricardo; SCHUCH, André Passaglia. Genotoxicity of surface waters in Brazil. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 888, jun. 2023, p. 503638. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2023.503638>. Acesso em: 15 jul. 2024.

SOUZA, Gabriela Rezende de; MERWADE, Venkatesh; OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho de; VIOLA, Marcelo Ribeiro; FARIAS, Matheus de Sá. Regional flood frequency analysis and uncertainties: Maximum streamflow estimates in ungauged basins in the region of Lavras, MG, Brazil. **Catena**, v. 197, n. 104970, fev. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104970>. Acesso em: 12 de mar. de 2023.

SUN, Pengcheng; WU, Yiping; WEI, Xiaohua; SIVAKUMAR, Bellie; QIU, Linjing; MU, Xingmin; CHEN, Ji; GAO, Jianen. Quantifying the contributions of climate variation, land use change, and engineering measures for dramatic reduction in streamflow and sediment in a typical loess watershed, China. **Ecological Engineering**, v. 142, p. 105611, jan. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.105611>. Acesso em: 16 jul. 2024.

TARGA, M. S.; BATISTA, G. T. Benefits and legacy of the water crisis in Brazil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, SP, v. 10, n. 2, jun. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1629>. Acesso em: 16 jul. 2024.

TUCCI, C. E. M. (2000). Regionalização de vazões. In: Tucci, C (Org.): **Hidrologia Ciência e Aplicação**. ARBH, Porto Alegre, 2ªed., p.573-620.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION - UNESCO. **The United Nations world water development report 2021: valuing water**. Paris: UNESCO, 2021. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375724>. Acesso em: 3 maio 2023.

VOLKEN, Nicole John; MINOTI, Ricardo Tezini; ALVES, Conceição Maria de Albuquerque; VERGARA, Fernán Enrique. Analyzing the impact of agricultural water-demand management on water availability in the Urubu River basin – Tocantins, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, SP, v. 17, n. 4, jun. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2847>. Acesso em: 03 mai. 2023.

WOLFF, W.; DUARTE, S. N.; MINGOTI, R. Nova metodologia de regionalização de vazões, estudo de caso para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Brasília, v. 19, n. 4, p. 21-33, out./dez. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v19n4.p21-33>. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Calculation of monthly and annual 30-year standard normals**. WCDP No. 10. Geneva: WMO, 1989. 13 p. Disponível em: <https://library.wmo.int/idurl/4/43912>. Acesso em: Sep. 7, 2024.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). Methods of observation. In: **Guide to Hydrological Practices**: hydrology from measurement to hydrological information. 6th ed. Geneva: WMO, 2008. v. 1, cap. 2, p. 24-27. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/monitoramento-hidrologico/orientacoes-manuais/entidades/hydrology-2013-from-measurement-to_2020.pdf. Acesso em: 10 out. 2024.

XAVIER, Alexandre C.; SCANLON, Bridget R.; KING, Carey W.; ALVES, Aline I. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). **International Journal of Climatology**, v. 42, n. 16, p. 8390-8404, 30 dec. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/joc.7731>. Acesso em: 06 de mai. de 2024.

APÊNDICE A - DADOS DE PRECIPITAÇÃO ANUAL (MM) DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

Mês/Ano	Estação pluviométrica																
	2347025	2347027	2347029	2347038	2347042	2347043	2347046	2347048	2347049	2347051	2347053	2347058	2347059	2347060	2347061	2347062	2347146
jan/90	334,30	306,70	238,50	281,90	226,60	228,50	218,10	305,20	456,80	710,50	292,20	299,30	244,00	260,90	219,80	247,24	247,60
fev/90	104,50	87,80	128,50	146,60	73,50	102,80	124,30	107,40	276,40	97,45	121,20	110,21	74,20	79,30	100,30	85,80	77,80
mar/90	112,20	177,40	104,40	174,90	140,00	142,00	144,90	111,70	170,10	179,10	241,50	129,10	77,70	157,70	73,40	38,20	159,30
abr/90	32,80	66,10	29,80	22,60	43,70	52,60	53,50	50,20	48,20	0,00	132,00	27,90	21,20	35,20	22,90	93,50	48,00
mai/90	42,40	36,00	56,80	47,30	40,60	24,00	46,50	78,10	70,20	80,79	71,80	20,20	39,20	60,50	58,60	82,08	57,00
jun/90	28,40	31,50	44,60	51,35	27,60	41,80	47,20	75,00	50,90	42,20	65,40	0,80	29,20	43,30	41,10	46,41	52,90
jul/90	126,70	94,40	129,60	118,04	106,30	120,50	120,10	122,40	142,70	179,14	189,00	76,80	157,50	137,10	113,50	162,16	144,30
ago/90	60,90	55,10	49,50	63,80	47,70	56,70	49,40	50,10	57,60	60,61	80,50	42,70	52,70	49,40	42,10	161,90	52,00
set/90	45,90	62,80	58,40	64,50	52,90	56,00	74,60	62,80	87,70	86,15	165,20	50,00	66,40	54,40	59,20	23,70	78,80
out/90	59,00	63,30	103,70	111,30	91,50	76,70	93,70	79,30	57,00	87,95	124,67	72,10	60,00	91,60	200,10	95,50	96,80
nov/90	128,10	82,70	61,30	174,85	89,90	131,90	173,50	103,20	98,10	142,06	121,70	59,70	60,30	118,80	35,40	65,60	147,20
dez/90	69,90	91,20	145,90	159,38	100,60	106,00	111,40	106,00	93,10	144,70	169,50	49,10	123,80	92,40	123,60	80,30	117,20
jan/91	309,60	186,80	242,20	233,24	243,10	193,20	234,50	270,00	171,10	299,16	336,10	261,90	209,30	211,30	215,00	95,70	202,00
fev/91	248,90	207,10	266,60	298,66	324,10	302,30	254,80	367,30	397,90	225,40	325,30	206,50	177,20	352,90	407,20	261,33	282,60
mar/91	341,90	261,90	312,40	0,00	236,00	342,10	259,90	266,80	238,20	386,60	367,36	388,70	188,50	273,10	270,20	246,28	283,30
abr/91	115,50	75,10	143,40	107,42	102,10	100,60	138,20	109,60	120,70	127,90	123,80	71,40	29,00	116,60	87,90	174,55	140,90
mai/91	63,50	33,90	65,50	57,60	42,10	59,30	74,30	40,10	33,50	38,10	63,87	52,60	10,00	33,90	34,40	29,30	57,30
jun/91	87,80	76,50	80,80	72,30	71,70	75,90	81,40	92,50	105,40	128,00	139,10	74,20	76,20	75,00	73,20	129,30	101,10
jul/91	31,60	31,30	20,80	30,10	22,20	23,90	24,00	19,20	7,50	25,50	50,14	45,20	19,30	34,40	22,80	17,30	27,80
ago/91	42,70	34,20	26,40	39,00	42,40	42,60	43,60	50,60	48,00	46,30	84,59	26,20	30,60	75,80	40,40	45,10	49,80
set/91	66,70	44,70	91,10	167,00	68,50	102,20	100,00	78,60	66,10	87,60	95,10	54,50	75,20	86,40	73,80	68,40	67,60
out/91	216,10	183,30	231,20	196,50	174,40	190,10	188,70	189,70	139,40	201,00	208,50	270,10	151,60	176,00	140,40	190,50	220,30
nov/91	89,80	48,70	82,00	95,00	32,10	63,40	66,10	58,80	69,70	44,70	96,70	34,60	17,40	46,80	31,10	48,50	88,00
dez/91	254,40	227,40	243,20	273,50	215,00	304,60	224,10	297,80	358,60	258,30	333,10	195,81	224,40	255,70	265,30	167,10	253,50
jan/92	102,30	102,00	113,00	106,00	41,20	74,30	118,30	87,00	70,40	206,90	140,80	192,82	88,80	61,70	112,80	216,70	90,10
fev/92	86,40	58,40	80,50	224,00	111,90	124,00	141,30	130,00	115,00	193,60	252,80	122,09	93,20	127,10	129,30	193,30	133,70
mar/92	253,60	218,40	204,10	395,00	329,70	318,80	203,00	270,50	240,30	197,12	281,80	266,72	96,40	273,50	327,30	326,20	283,10
abr/92	83,60	76,30	56,90	79,05	66,90	80,10	60,30	99,50	75,60	42,00	102,40	46,28	72,73	107,70	0,00	32,20	65,50
mai/92	95,00	66,50	70,40	94,20	51,30	81,50	88,00	77,40	72,70	78,40	104,70	51,42	32,10	78,70	0,00	75,10	82,70
jun/92	2,80	0,00	0,00	3,00	3,00	1,40	2,70	1,40	7,40	7,10	6,20	14,14	0,00	4,50	0,00	7,50	6,90
jul/92	48,20	32,50	32,00	35,50	15,80	27,70	29,50	34,30	31,90	64,30	104,90	19,83	23,10	25,00	0,00	65,70	32,60
ago/92	24,30	30,00	28,00	39,50	15,80	30,20	35,70	28,30	22,30	48,61	75,40	30,02	2,80	18,30	28,80	45,40	40,00
set/92	110,50	147,90	130,20	176,70	91,20	111,80	108,80	111,30	137,00	123,20	185,90	111,80	99,60	117,80	97,90	115,80	112,50
out/92	150,60	102,30	79,10	170,00	122,70	164,60	184,20	190,60	165,10	141,90	143,40	119,20	64,02	139,30	117,40	143,00	184,40

Mês/Ano	Estação pluviométrica																
	2347025	2347027	2347029	2347038	2347042	2347043	2347046	2347048	2347049	2347051	2347053	2347058	2347059	2347060	2347061	2347062	2347146
nov/92	133,20	92,30	171,70	240,40	120,60	165,40	176,40	171,30	135,30	217,30	225,10	87,40	123,99	141,30	124,00	195,10	199,10
dez/92	142,70	161,10	164,50	191,00	104,80	220,60	137,80	245,50	196,20	147,50	204,80	100,10	126,50	120,50	161,10	137,40	187,10
jan/93	310,80	265,10	341,10	310,30	239,00	293,90	229,30	367,00	302,00	337,40	270,40	240,30	250,35	276,00	185,70	331,80	203,90
fev/93	206,30	244,20	222,00	222,00	268,60	233,40	166,40	305,20	314,90	244,30	376,90	199,30	97,80	286,30	234,40	272,70	219,70
mar/93	95,60	122,00	51,70	75,00	75,20	54,20	92,30	110,60	89,00	186,50	184,69	150,00	63,32	83,50	95,10	193,50	60,40
abr/93	30,60	29,80	84,00	67,70	53,70	60,10	86,20	75,50	57,50	92,30	98,40	52,70	45,26	54,40	32,00	83,90	71,80
mai/93	122,40	86,80	126,70	120,20	99,00	111,30	100,30	88,70	98,00	79,60	95,80	117,20	101,60	113,80	112,90	80,10	85,80
jun/93	66,70	78,90	75,10	90,30	44,00	97,90	75,20	66,80	67,30	48,40	100,70	84,50	37,70	46,50	49,80	48,90	93,50
jul/93	8,40	13,10	17,10	23,70	36,30	18,40	18,50	49,60	38,30	42,60	53,00	6,60	6,70	30,20	21,50	46,10	15,40
ago/93	59,90	43,10	84,70	101,50	66,00	74,50	73,70	80,20	45,80	69,50	82,33	52,20	45,00	71,20	50,90	73,00	82,30
set/93	157,00	145,80	166,60	256,60	157,70	190,90	182,60	184,70	205,60	203,80	218,50	175,20	197,70	152,50	151,50	185,10	193,40
out/93	91,60	97,00	69,70	103,10	116,80	145,80	133,60	156,20	120,20	107,00	133,90	100,90	132,90	147,20	96,80	125,10	123,80
nov/93	73,50	87,20	75,30	74,30	116,70	76,30	69,60	81,30	132,40	93,89	146,00	55,90	57,40	105,70	90,70	56,90	80,00
dez/93	112,50	78,70	142,70	179,30	101,50	153,80	106,80	103,80	110,30	96,60	149,90	88,70	135,10	105,90	122,30	127,90	105,50
jan/94	247,90	144,80	244,90	252,80	134,20	248,30	234,50	169,70	250,20	194,30	285,10	77,20	147,60	122,40	150,80	181,00	191,00
fev/94	57,20	87,30	116,30	192,20	210,00	166,60	171,00	119,70	111,90	235,80	161,90	147,00	127,10	206,10	88,80	346,30	152,50
mar/94	109,90	129,70	139,10	193,70	76,40	139,70	147,60	122,40	109,00	121,10	192,70	105,90	124,40	98,00	37,00	134,10	126,30
abr/94	63,60	63,70	91,70	103,20	62,60	67,14	156,80	61,20	45,20	115,40	180,20	46,00	63,40	91,60	83,30	108,90	67,30
mai/94	51,40	9,00	73,90	70,60	39,50	60,00	48,70	95,40	60,10	50,40	73,60	20,20	34,90	53,80	51,70	40,60	62,50
jun/94	45,50	36,70	53,60	57,00	28,40	50,20	52,00	34,30	43,80	55,10	81,10	83,90	37,80	37,30	35,20	25,20	53,90
jul/94	19,10	17,30	28,40	55,70	43,60	42,80	31,10	58,10	65,10	33,30	95,80	15,70	20,20	53,60	30,00	7,20	48,10
ago/94	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	1,10	5,10	0,00	0,50	6,40	41,30	0,50	0,00	0,60	0,00	7,80	6,90
set/94	3,10	5,10	0,30	2,40	4,90	5,80	7,90	12,10	4,20	12,50	86,00	0,80	0,60	7,00	6,10	13,69	12,90
out/94	97,30	78,10	80,80	91,10	94,80	102,90	97,60	83,20	133,30	83,70	186,32	119,20	64,47	70,00	106,70	48,10	106,80
nov/94	100,30	131,60	84,20	125,80	58,10	112,20	137,10	110,40	108,00	108,20	190,20	104,60	43,60	60,70	97,80	15,70	110,80
dez/94	157,60	103,80	245,80	338,20	283,90	299,30	317,00	257,30	175,10	183,20	257,40	81,77	257,30	114,34	0,00	36,60	329,20
jan/95	316,00	285,90	256,20	280,40	526,90	195,70	220,40	256,90	301,90	261,10	285,30	253,10	428,10	409,30	278,40	302,10	238,50
fev/95	354,30	281,70	384,90	331,70	272,90	336,30	343,10	255,60	171,90	245,90	296,20	291,90	272,62	294,10	240,70	332,10	272,10
mar/95	88,50	228,70	123,80	177,40	193,90	233,80	202,80	134,40	143,20	290,80	276,50	99,10	112,47	205,60	93,40	110,20	210,70
abr/95	39,10	86,40	128,90	138,40	105,80	225,90	109,20	147,10	77,10	63,60	101,00	56,80	66,19	95,00	79,60	188,30	96,00
mai/95	64,70	73,00	46,40	76,20	65,10	80,10	67,20	83,80	109,20	95,60	132,70	92,50	70,04	75,10	57,70	125,20	88,90
jun/95	45,60	51,90	36,50	67,10	57,20	45,40	37,50	45,10	68,20	41,20	79,90	38,40	43,90	66,70	47,50	34,20	53,00
jul/95	78,30	83,40	71,40	65,50	61,00	66,30	51,60	61,70	73,40	65,10	103,50	77,60	32,90	58,80	34,20	12,20	64,20
ago/95	4,10	1,00	6,30	10,10	11,20	15,00	20,70	17,70	12,90	35,50	85,90	10,50	3,50	15,40	9,60	16,10	26,90
set/95	71,60	101,50	54,90	86,50	75,50	66,60	81,50	78,00	79,30	92,80	210,70	81,80	59,30	68,60	70,00	95,60	92,10
out/95	150,50	162,90	184,20	194,30	151,10	193,80	195,40	212,60	134,30	167,60	217,00	153,30	133,50	180,00	161,30	157,40	204,90

Mês/Ano	Estação pluviométrica																
	2347025	2347027	2347029	2347038	2347042	2347043	2347046	2347048	2347049	2347051	2347053	2347058	2347059	2347060	2347061	2347062	2347146
nov/95	50,20	55,60	60,70	97,70	37,30	117,70	115,10	50,80	19,90	125,36	111,40	75,30	89,50	39,10	29,60	96,90	123,90
dez/95	178,20	177,50	178,60	154,90	147,90	208,80	132,80	145,70	172,10	171,88	270,10	118,10	185,60	133,10	143,00	178,50	149,60
jan/96	317,30	244,80	227,10	217,10	226,30	229,70	196,60	307,50	146,00	328,19	193,60	364,00	267,10	179,00	272,70	271,80	220,40
fev/96	233,20	239,50	216,10	196,60	224,60	84,10	150,00	116,30	163,50	122,22	316,30	208,10	181,60	126,30	282,10	412,40	123,60
mar/96	214,50	181,70	159,30	193,90	264,80	172,70	226,20	208,10	222,40	273,71	416,20	182,80	175,90	216,10	256,60	227,00	169,60
abr/96	15,20	47,70	20,20	16,80	19,50	9,40	50,10	42,70	66,40	55,61	116,80	33,00	23,50	25,70	19,50	79,20	24,00
mai/96	4,50	9,10	2,30	39,70	0,20	16,80	30,10	14,30	7,80	57,25	85,90	12,40	38,50	4,00	1,10	55,90	30,90
jun/96	32,30	35,40	64,60	66,20	28,80	50,60	53,40	58,90	54,80	50,01	58,60	20,60	40,50	37,00	33,00	25,80	36,30
jul/96	8,30	6,10	8,80	37,90	8,40	15,20	17,40	20,30	25,20	16,89	65,20	12,00	20,10	16,80	6,10	18,00	11,30
ago/96	32,60	45,20	23,50	27,80	20,00	25,50	26,90	27,90	45,80	35,81	64,10	28,50	29,10	22,80	26,80	50,60	27,20
set/96	133,80	138,30	118,80	154,80	106,30	147,20	153,20	131,40	145,90	149,81	234,90	128,20	116,20	124,00	102,00	153,10	141,50
out/96	173,50	140,00	175,50	150,00	108,40	133,90	142,60	109,00	139,90	130,93	204,20	162,10	144,20	118,50	93,00	190,40	136,60
nov/96	68,50	51,80	81,70	93,90	55,60	74,80	89,20	68,90	45,50	70,20	128,54	83,80	55,20	60,90	108,50	33,40	60,80
dez/96	231,70	178,10	233,40	251,50	215,00	206,20	245,20	332,20	304,20	145,70	294,50	169,00	191,60	173,90	192,50	98,00	227,70
jan/97	333,00	340,00	337,20	417,80	384,50	276,50	285,50	414,00	326,50	443,20	381,80	292,30	357,40	376,30	432,90	475,90	288,60
fev/97	114,90	46,80	222,00	242,70	104,10	143,70	167,75	102,80	122,40	122,60	167,60	39,80	109,70	113,30	125,30	81,30	153,80
mar/97	32,70	42,50	57,00	127,90	51,50	145,40	0,00	39,30	102,90	165,03	132,00	44,30	63,10	60,50	76,30	62,00	83,00
abr/97	69,70	77,10	42,80	73,00	73,10	53,20	65,44	48,40	24,60	81,82	66,20	87,20	42,10	68,60	76,10	26,60	36,40
mai/97	116,10	94,20	89,50	87,70	63,30	94,30	70,01	73,60	61,00	50,51	82,50	49,80	98,70	66,10	37,00	48,40	77,20
jun/97	124,00	92,10	120,00	143,90	100,20	140,00	86,79	158,60	133,20	106,23	205,90	160,20	105,80	95,10	92,20	90,80	120,30
jul/97	3,40	16,40	11,70	16,70	24,50	18,20	24,18	18,00	16,10	26,77	30,60	18,30	36,60	13,90	16,00	32,30	19,40
ago/97	21,00	33,70	27,20	43,50	47,70	42,10	76,39	76,00	71,70	68,61	131,00	24,70	51,40	51,40	54,10	35,40	60,00
set/97	74,10	81,50	113,20	114,40	94,01	191,10	124,27	142,00	134,20	182,60	191,30	64,60	91,40	93,00	86,40	120,50	207,70
out/97	90,00	58,00	132,20	132,80	39,20	135,30	124,98	99,60	115,10	126,40	241,10	88,10	82,20	93,40	86,60	104,50	122,60
nov/97	252,40	251,90	277,40	218,70	173,60	262,50	135,15	208,80	176,20	227,20	292,40	228,80	284,00	221,60	302,50	155,60	244,50
dez/97	84,00	159,10	160,20	183,80	270,70	212,30	231,48	299,80	280,00	214,60	273,60	79,10	151,30	234,30	157,20	193,90	179,80
jan/98	148,70	56,00	267,30	202,60	187,10	172,80	165,90	182,80	226,40	246,20	306,50	42,40	232,70	167,20	142,10	201,06	157,30
fev/98	182,30	205,40	211,90	233,30	231,00	335,30	287,40	224,70	219,80	204,25	421,90	211,10	163,20	181,50	149,70	184,60	275,30
mar/98	196,20	293,60	210,10	189,10	234,60	252,90	241,40	309,00	281,60	252,23	356,20	176,90	153,60	231,80	303,40	248,40	208,20
abr/98	65,00	63,00	152,60	143,20	62,60	102,40	80,50	77,20	68,00	129,59	94,00	49,60	76,00	74,00	105,10	131,20	77,20
mai/98	99,60	130,20	97,90	106,70	94,90	102,20	84,50	97,80	59,80	134,74	115,70	81,50	105,60	81,40	73,30	142,10	97,70
jun/98	22,90	21,80	19,70	39,10	0,00	31,50	25,20	41,04	39,10	46,60	60,70	18,00	9,10	27,20	21,80	35,10	31,20
jul/98	10,00	12,70	9,30	24,30	5,90	18,90	18,50	18,80	27,70	37,39	82,30	8,90	7,80	17,20	13,90	79,60	28,10
ago/98	35,80	38,30	54,50	86,90	69,50	113,20	98,30	83,70	54,80	74,81	122,10	29,60	33,40	63,60	36,60	60,70	66,20
set/98	109,10	120,00	68,40	102,30	153,70	114,70	92,00	150,00	126,80	112,04	221,30	72,60	67,00	143,00	112,80	129,00	104,30
out/98	162,20	159,10	207,10	240,70	250,30	229,10	175,10	276,90	233,80	159,50	285,30	193,60	157,10	236,70	147,60	168,60	210,90

Mês/Ano	Estação pluviométrica																
	2347025	2347027	2347029	2347038	2347042	2347043	2347046	2347048	2347049	2347051	2347053	2347058	2347059	2347060	2347061	2347062	2347146
nov/98	42,70	52,60	49,40	56,30	31,40	116,50	55,20	13,70	30,10	86,43	112,00	43,80	79,90	38,90	36,10	88,10	69,60
dez/98	247,20	209,80	228,80	228,60	357,55	185,90	172,70	278,30	187,80	215,58	133,90	313,60	241,40	257,30	291,62	194,80	201,70
jan/99	183,80	326,10	317,20	325,80	251,65	285,80	324,10	256,90	227,60	381,04	295,48	255,30	260,80	262,90	249,40	262,00	253,90
fev/99	275,20	191,20	256,00	303,50	355,10	409,00	298,70	218,70	302,50	203,87	292,20	244,80	324,50	190,20	168,80	261,30	274,60
mar/99	149,10	114,30	67,80	141,90	148,40	141,40	94,40	107,90	72,00	176,50	256,90	156,70	75,00	111,30	112,70	51,50	87,60
abr/99	34,00	15,50	49,00	33,80	57,90	57,20	65,40	46,20	39,30	96,34	144,70	24,50	52,40	55,30	23,90	68,20	80,10
mai/99	28,00	30,20	46,90	42,80	20,80	13,20	39,20	38,40	28,00	35,32	67,50	40,30	110,20	30,60	27,40	31,50	30,60
jun/99	86,70	80,20	81,30	98,50	121,70	6,70	72,00	63,50	55,00	74,51	84,20	91,90	75,00	61,30	66,90	67,70	72,90
jul/99	31,40	57,80	20,90	37,20	116,00	45,00	67,40	124,80	82,80	109,61	150,10	39,20	36,30	77,00	59,00	124,70	87,30
ago/99	0,00	0,00	0,00	4,00	63,70	0,00	4,20	0,50	0,90	22,01	36,10	0,00	0,00	0,00	0,00	28,30	13,40
set/99	68,30	80,50	84,70	131,50	96,01	15,70	92,10	89,70	124,80	110,52	184,50	79,70	83,70	94,90	71,10	98,94	102,80
out/99	50,40	44,40	48,10	37,30	0,00	18,70	52,30	61,80	48,10	51,57	151,00	62,00	29,20	44,40	30,90	121,20	59,20
nov/99	35,10	33,90	30,30	99,50	61,08	13,60	78,40	61,50	39,10	86,15	150,40	36,10	63,40	50,30	25,90	75,50	69,20
dez/99	66,50	136,60	88,30	108,10	161,74	24,40	75,10	65,20	93,80	124,15	141,40	109,20	102,90	115,30	65,40	71,00	92,70
jan/00	227,00	199,00	340,00	194,60	282,98	205,30	181,40	289,80	193,10	306,11	296,50	182,10	88,70	299,80	230,00	220,00	206,40
fev/00	142,00	212,40	250,70	264,10	237,00	342,20	318,00	297,60	218,90	203,98	244,40	110,80	412,80	225,90	126,80	248,20	274,80
mar/00	103,00	218,40	93,80	168,30	135,50	123,50	52,40	91,60	26,90	162,92	199,40	90,60	60,90	85,60	39,00	126,80	100,10
abr/00	0,00	0,00	1,00	14,30	7,80	10,20	3,80	10,60	1,80	36,45	21,40	8,60	9,90	19,90	10,50	24,60	27,70
mai/00	7,90	11,80	15,10	20,70	4,70	4,10	6,50	20,00	14,60	17,34	27,80	6,90	6,10	10,60	5,40	11,50	9,50
jun/00	9,70	5,90	13,40	37,90	9,30	14,40	14,50	26,70	7,60	39,97	23,00	24,20	4,80	6,40	6,10	19,00	21,30
jul/00	62,90	38,00	89,30	104,50	91,00	88,20	56,90	64,00	50,20	73,38	58,60	61,00	37,80	40,70	47,70	39,50	57,60
ago/00	72,90	133,20	68,70	110,80	100,30	130,40	97,50	103,90	69,50	112,41	96,30	90,00	56,30	75,10	68,20	136,50	103,80
set/00	130,60	96,80	125,10	178,20	210,20	77,70	124,00	143,70	132,40	130,41	215,00	96,50	58,10	107,90	121,20	71,20	122,40
out/00	37,50	40,20	74,80	123,80	142,70	118,10	66,00	106,60	22,50	63,61	60,10	70,20	45,90	51,60	29,60	97,25	70,50
nov/00	149,20	162,30	145,30	148,70	302,40	92,40	141,70	150,50	131,10	114,25	159,30	93,00	64,80	98,60	150,10	132,90	108,40
dez/00	246,80	245,20	200,60	270,00	300,20	224,80	218,90	205,90	140,60	259,12	256,30	177,30	108,60	236,30	310,20	141,70	253,60
jan/01	126,50	107,20	214,90	162,50	163,85	229,50	69,20	164,70	233,70	145,03	232,65	89,40	171,13	169,40	68,20	121,90	104,30
fev/01	258,10	131,40	208,60	280,80	264,16	188,50	176,50	201,10	207,80	165,80	266,08	157,40	196,92	218,40	264,30	157,30	204,20
mar/01	73,20	152,30	45,60	160,10	113,80	48,00	84,20	240,10	126,40	188,74	253,29	40,40	87,70	154,70	87,20	92,80	100,70
abr/01	60,90	7,00	7,10	32,50	54,00	66,40	31,70	26,50	9,60	97,89	59,50	28,50	53,50	32,60	28,60	137,70	66,50
mai/01	91,40	102,10	54,90	97,80	107,00	101,20	81,70	115,80	80,60	93,57	155,60	87,80	53,20	96,90	94,50	96,30	101,90
jun/01	38,00	57,00	40,00	70,00	57,40	74,30	47,40	90,10	45,00	66,74	110,10	17,20	28,60	77,70	51,70	1,30	61,30
jul/01	49,60	63,60	49,20	84,80	21,30	90,20	72,90	53,30	38,50	107,53	95,10	23,30	40,70	59,20	42,20	98,89	85,60
ago/01	39,50	52,70	29,00	34,10	39,70	40,50	31,80	50,90	23,70	47,31	30,60	40,20	27,80	56,10	30,40	52,18	38,70
set/01	69,30	114,70	81,90	86,60	10,20	84,00	68,10	49,00	33,40	86,76	214,40	42,40	65,80	54,80	65,90	91,50	79,40
out/01	137,50	126,20	163,70	207,80	106,50	242,00	168,20	230,20	165,20	153,43	212,10	106,10	125,70	246,70	118,50	212,70	251,50

Mês/Ano	Estação pluviométrica																
	2347025	2347027	2347029	2347038	2347042	2347043	2347046	2347048	2347049	2347051	2347053	2347058	2347059	2347060	2347061	2347062	2347146
nov/01	72,10	135,30	149,20	202,90	31,50	174,80	146,70	115,60	62,00	155,97	139,89	106,90	101,20	128,20	89,60	121,10	166,60
dez/01	248,30	294,20	318,50	341,90	514,20	275,70	175,40	284,50	241,40	230,01	286,34	272,10	307,30	216,70	269,30	201,20	218,90
jan/02	225,20	333,20	268,10	298,60	241,27	267,90	217,30	246,00	287,80	299,32	225,90	255,20	382,40	179,70	202,50	226,50	202,10
fev/02	136,30	149,60	279,40	198,30	684,00	231,50	191,30	149,70	129,10	140,65	261,90	157,80	203,90	169,60	214,20	128,10	157,70
mar/02	110,70	137,20	201,80	150,30	119,80	201,70	230,20	118,90	137,80	205,89	161,40	73,70	105,50	115,60	107,70	67,20	226,90
abr/02	41,70	135,90	42,50	75,50	28,59	6,00	16,60	22,20	8,90	90,84	75,30	44,20	48,50	35,10	20,30	16,90	29,90
mai/02	80,00	102,20	68,20	89,30	44,73	119,20	89,60	88,50	77,50	83,59	151,10	55,10	42,70	95,80	115,40	85,20	91,80
jun/02	3,80	16,10	0,00	17,10	0,00	0,00	3,30	0,00	1,10	30,40	27,50	0,00	0,00	0,00	4,60	11,70	7,00
jul/02	19,20	81,10	19,10	66,00	36,50	45,70	45,30	46,60	31,20	51,17	61,30	0,60	6,90	30,20	23,90	39,80	39,40
ago/02	65,10	19,70	47,20	48,20	0,20	41,40	40,50	97,60	36,50	51,51	72,78	54,80	12,90	49,90	56,70	47,60	42,90
set/02	63,40	56,00	73,80	74,10	1,80	93,30	65,80	74,60	75,00	64,63	94,60	36,60	8,40	50,70	48,90	70,90	57,60
out/02	64,30	33,90	112,50	128,80	3,20	109,30	114,70	57,60	70,60	106,41	114,50	35,10	16,10	46,00	42,30	85,30	77,60
nov/02	242,50	139,40	130,50	257,00	171,61	153,30	131,30	142,10	252,20	128,30	270,77	254,40	78,60	185,30	165,00	195,70	128,00
dez/02	157,70	200,30	134,70	213,60	522,40	107,40	63,70	64,30	137,60	112,74	241,40	75,00	36,40	191,30	132,60	96,50	79,10
jan/03	358,00	281,50	407,90	460,40	348,88	419,30	298,60	359,00	316,50	529,66	251,30	313,40	240,80	219,40	315,60	292,40	348,10
fev/03	179,80	179,70	78,90	177,60	202,04	125,60	125,60	156,40	144,30	109,24	195,40	186,90	68,30	143,60	95,90	147,70	99,60
mar/03	101,00	121,00	159,60	100,30	134,20	123,20	180,90	166,10	135,70	155,79	217,83	47,40	53,50	117,90	117,60	214,90	98,40
abr/03	74,90	71,40	78,50	81,50	60,80	69,30	126,60	110,20	141,50	80,69	108,22	57,80	41,30	63,40	82,30	33,30	63,00
mai/03	40,20	36,00	53,30	56,50	44,80	49,90	34,20	40,50	34,50	56,09	79,80	66,30	26,90	44,50	46,70	54,60	34,80
jun/03	10,20	13,40	1,20	24,70	15,40	18,20	24,60	29,90	31,10	43,72	53,67	0,80	13,10	12,70	17,90	26,50	26,90
jul/03	27,30	27,00	21,70	38,00	19,00	28,40	23,90	29,10	40,60	30,31	83,30	47,30	15,40	18,00	18,40	41,80	22,30
ago/03	32,20	32,00	24,90	53,50	3,90	36,10	31,70	48,60	16,50	39,11	24,30	43,10	9,40	34,70	33,10	43,30	30,50
set/03	37,10	31,10	33,80	51,20	24,30	42,40	36,50	56,20	42,00	51,53	78,90	43,80	32,20	27,10	33,50	49,40	44,70
out/03	70,40	64,30	76,30	156,00	118,60	108,90	85,10	120,30	87,80	80,40	216,10	65,10	54,80	143,90	67,10	107,20	123,30
nov/03	122,20	139,50	108,90	108,90	90,70	100,70	92,50	73,50	100,40	123,42	174,50	143,60	164,20	87,30	127,60	124,00	121,20
dez/03	96,10	72,00	159,40	154,90	284,30	194,10	189,70	165,30	106,10	155,52	269,70	89,70	109,20	132,50	83,90	175,10	130,10
jan/04	259,60	290,00	352,20	375,10	529,50	225,30	221,80	419,50	348,30	479,02	372,10	261,40	295,40	274,40	324,60	219,40	316,00
fev/04	118,40	37,80	200,40	269,80	316,50	274,10	188,70	246,30	95,50	171,26	214,20	103,04	108,02	129,50	82,80	217,80	214,30
mar/04	68,10	71,50	115,40	92,10	62,20	99,30	141,40	53,80	73,90	173,12	100,70	99,70	71,49	103,80	89,20	90,70	107,40
abr/04	50,60	51,60	81,60	71,10	65,80	68,20	75,40	75,20	113,50	108,71	140,00	44,13	61,19	85,30	47,30	83,50	60,10
mai/04	70,70	83,40	84,10	114,10	75,40	99,60	73,30	77,60	63,60	49,52	129,80	35,81	54,38	55,90	80,90	47,30	83,80
jun/04	39,60	35,00	48,30	94,60	65,90	82,10	91,10	71,00	56,70	74,31	46,30	37,90	37,52	232,20	35,20	62,60	72,60
jul/04	74,40	89,30	85,80	108,10	95,20	113,30	87,60	62,80	62,50	112,05	145,60	39,74	58,62	90,90	89,00	82,00	89,30
ago/04	3,40	6,40	10,20	24,00	15,80	2,50	4,40	2,30	0,60	14,61	26,00	13,66	11,27	10,10	0,00	9,40	6,00
set/04	9,50	5,00	3,00	17,60	38,40	1,50	8,80	3,50	2,60	22,29	50,40	33,28	0,00	1,80	0,00	16,10	15,90
out/04	91,70	74,00	102,60	143,70	87,20	160,20	180,00	137,50	129,50	163,81	180,40	91,13	70,25	156,50	128,70	111,40	132,10

Mês/Ano	Estação pluviométrica																
	2347025	2347027	2347029	2347038	2347042	2347043	2347046	2347048	2347049	2347051	2347053	2347058	2347059	2347060	2347061	2347062	2347146
nov/04	197,60	79,20	300,10	298,60	89,60	188,40	167,70	183,50	178,50	174,68	245,70	145,00	176,40	125,00	206,00	194,70	192,70
dez/04	92,40	138,00	194,00	236,60	208,35	311,50	192,10	261,00	205,90	250,39	468,40	107,70	340,10	149,10	152,50	239,70	243,20
jan/05	261,40	223,50	335,40	403,70	306,02	252,80	256,80	314,00	304,90	556,48	452,70	234,40	128,30	201,90	329,40	329,40	365,10
fev/05	16,10	22,40	138,80	84,00	146,55	64,90	97,90	86,00	88,90	99,50	215,20	13,70	71,00	76,80	88,00	120,60	81,60
mar/05	126,20	194,60	163,00	316,00	216,65	252,80	207,60	204,60	130,00	169,08	261,70	122,10	67,30	210,00	168,90	181,70	191,40
abr/05	28,00	52,10	54,10	108,50	37,81	28,20	71,20	38,30	55,10	55,25	101,60	26,90	23,25	11,70	56,90	21,80	73,00
mai/05	143,90	144,50	142,40	173,40	71,85	118,90	118,50	137,70	170,50	134,92	169,50	144,60	95,16	105,90	138,90	142,30	140,90
jun/05	33,30	56,10	26,50	47,50	21,63	16,30	16,30	16,80	6,90	43,52	49,80	23,80	22,12	17,50	44,50	17,60	26,60
jul/05	33,50	30,10	22,30	76,70	49,62	41,00	36,90	43,00	60,40	65,08	88,00	33,60	17,49	47,10	41,40	52,30	50,80
ago/05	10,40	1,20	15,50	17,40	20,56	21,00	37,90	25,70	24,20	41,01	44,50	1,40	14,83	17,10	12,00	32,00	32,40
set/05	79,40	84,10	72,80	107,70	85,17	79,00	85,40	100,00	130,80	144,73	184,90	78,60	51,25	84,60	155,20	145,30	136,50
out/05	190,20	232,80	192,60	223,30	141,10	166,30	154,80	180,00	216,20	141,66	226,80	240,80	94,12	177,80	232,00	141,40	219,70
nov/05	59,00	44,00	55,80	172,25	35,13	56,10	89,20	39,70	22,20	140,27	96,60	18,20	76,69	18,60	64,80	67,80	144,70
dez/05	212,30	200,20	172,70	247,60	225,31	105,10	150,50	215,20	230,80	202,75	292,90	158,00	132,19	161,40	236,70	170,80	186,40
jan/06	199,40	191,80	253,40	325,10	289,17	275,80	219,60	296,30	320,50	438,00	300,70	102,90	181,09	182,80	172,20	158,20	290,00
fev/06	133,50	166,20	209,30	216,66	275,62	142,50	119,70	169,60	152,10	153,52	343,60	58,90	210,72	232,20	233,60	135,20	181,50
mar/06	258,70	260,40	288,00	160,95	227,28	266,90	284,80	289,30	161,30	189,95	331,20	302,20	88,96	147,20	163,10	300,30	269,60
abr/06	16,10	22,00	2,50	55,64	37,85	28,30	94,10	35,80	38,20	71,89	100,60	14,40	35,05	34,60	23,40	38,60	46,40
mai/06	6,50	0,90	8,60	2,50	29,10	4,60	8,10	20,00	17,40	27,77	45,80	0,00	12,45	4,50	6,30	23,10	15,30
jun/06	22,20	26,20	30,60	33,60	27,33	22,74	23,30	38,10	31,20	42,58	36,30	18,00	25,02	25,50	24,00	24,10	25,20
jul/06	94,60	76,10	75,40	93,60	144,41	113,00	94,10	133,30	159,30	173,17	142,00	67,30	71,00	119,20	89,50	110,50	139,40
ago/06	6,70	1,30	9,60	6,90	15,20	7,40	10,90	25,50	14,80	26,21	33,80	0,00	6,80	9,40	12,00	14,00	17,60
set/06	57,30	87,90	98,50	50,50	123,00	107,60	112,80	106,40	114,30	131,94	150,50	58,20	48,20	120,90	99,40	123,00	123,90
out/06	53,00	52,00	162,00	134,80	88,00	136,30	140,60	107,80	108,10	129,18	140,00	20,70	85,40	70,90	77,80	92,00	99,60
nov/06	150,60	139,70	172,10	176,82	165,90	111,00	168,90	137,50	290,20	143,43	281,10	129,00	93,80	159,00	249,40	177,70	149,10
dez/06	200,50	207,80	237,40	265,30	212,00	168,50	129,20	130,90	136,80	190,25	176,40	175,70	105,20	180,80	199,00	200,60	171,50
jan/07	388,90	497,30	345,70	341,78	351,64	290,80	191,30	361,90	385,70	357,70	229,10	479,40	156,20	343,80	472,40	123,90	239,10
fev/07	135,20	131,80	101,30	183,30	100,30	181,00	150,40	103,50	54,70	139,57	417,60	66,80	87,62	109,10	162,00	155,30	155,70
mar/07	77,50	95,40	177,60	147,57	124,10	107,90	84,50	71,90	86,70	104,24	101,70	47,90	0,00	124,10	112,10	170,70	77,90
abr/07	50,80	19,60	31,40	40,20	15,70	85,40	93,40	110,60	69,00	68,98	74,00	23,30	32,99	30,60	36,00	61,40	89,70
mai/07	50,70	52,20	49,00	65,05	54,40	58,40	55,70	52,60	73,20	91,14	118,20	11,50	46,63	46,40	37,40	93,60	64,60
jun/07	30,10	21,80	37,90	39,60	23,50	26,40	25,90	27,40	29,70	45,12	27,10	0,00	30,17	29,60	24,20	19,70	29,00
jul/07	155,00	132,10	192,80	144,13	272,20	138,00	150,20	183,50	186,10	201,96	181,00	82,20	127,93	149,40	126,40	170,00	163,00
ago/07	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40	10,00	10,50	11,51	50,00	0,00	4,41	0,00	2,80	12,20	2,90
set/07	5,40	8,60	3,90	23,82	1,70	31,00	5,90	1,30	3,20	15,39	24,80	0,00	0,00	4,60	12,50	17,70	9,10
out/07	95,30	109,50	74,30	118,71	80,20	75,10	89,60	75,10	67,50	84,35	130,60	145,50	30,00	80,10	78,70	131,80	113,40

Mês/Ano	Estação pluviométrica																
	2347025	2347027	2347029	2347038	2347042	2347043	2347046	2347048	2347049	2347051	2347053	2347058	2347059	2347060	2347061	2347062	2347146
nov/07	131,70	101,60	147,70	122,30	239,30	145,20	107,60	183,90	180,10	138,62	249,70	101,70	50,70	182,60	168,20	188,40	142,40
dez/07	236,90	187,40	280,80	274,80	285,80	252,60	255,80	237,20	226,00	264,99	253,40	151,00	57,20	228,80	239,60	219,50	260,60
jan/08	207,10	253,90	259,70	326,60	254,20	340,50	265,10	288,00	225,70	359,75	362,20	159,60	71,30	288,10	234,40	228,50	240,40
fev/08	134,30	95,20	112,60	165,48	133,60	120,80	193,30	117,50	113,60	119,40	115,00	125,20	39,80	135,10	104,00	148,80	118,40
mar/08	119,20	89,30	177,50	124,00	54,60	80,90	150,60	105,20	93,40	150,10	182,40	140,20	47,60	83,40	88,50	159,90	114,40
abr/08	114,70	136,00	108,70	83,60	27,90	66,40	86,90	136,40	119,20	173,13	131,10	78,60	106,90	107,80	123,30	78,10	64,40
mai/08	88,80	77,80	74,70	96,00	61,00	110,90	79,50	94,50	74,00	101,75	125,20	37,40	70,50	98,80	91,10	105,40	83,00
jun/08	52,20	43,40	51,80	49,30	2,60	27,20	64,80	61,80	73,60	84,61	138,90	51,60	46,40	32,40	28,60	62,50	88,00
jul/08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	5,20	1,50	2,40	8,48	3,20	9,40	0,00	0,30	1,40	2,20	4,40
ago/08	65,80	89,30	70,90	62,33	62,30	79,60	73,50	73,40	68,40	71,61	106,10	83,10	55,00	75,60	94,30	106,40	63,00
set/08	50,20	46,10	53,60	42,10	58,63	89,00	46,20	66,50	69,60	69,70	93,30	36,50	0,00	59,40	41,50	59,20	62,60
out/08	129,70	139,40	192,80	145,31	102,65	125,60	128,20	97,50	118,30	118,28	173,70	112,90	94,17	115,20	141,30	128,76	145,00
nov/08	76,50	49,00	101,10	161,14	101,36	70,90	118,40	85,50	61,90	132,60	133,90	18,30	141,80	99,50	94,30	133,78	134,00
dez/08	93,20	91,90	145,30	151,26	188,08	137,40	98,60	99,60	135,10	136,82	192,00	48,30	291,00	134,40	134,17	136,26	107,80
jan/09	233,70	152,90	313,90	157,50	258,89	125,10	211,10	264,50	202,80	355,49	186,20	112,20	204,00	218,40	160,18	219,60	237,70
fev/09	155,80	172,20	299,70	225,90	282,85	166,20	188,10	141,60	302,30	179,80	207,80	131,00	212,00	240,90	184,94	226,10	230,10
mar/09	95,50	111,90	137,10	176,60	105,14	104,90	141,80	134,30	73,30	204,44	136,20	9,40	104,00	157,80	105,82	123,61	83,30
abr/09	68,70	63,60	77,30	12,50	53,92	67,00	47,80	31,30	65,30	90,70	101,70	31,20	48,40	39,20	78,97	117,40	29,00
mai/09	44,60	56,50	59,50	64,50	28,86	60,80	64,90	91,90	53,90	55,28	90,70	0,00	12,00	48,50	81,18	53,70	76,30
jun/09	25,20	42,60	53,90	52,00	46,84	67,40	57,20	40,00	39,60	62,73	65,20	62,50	41,48	52,87	71,65	48,60	55,30
jul/09	167,40	197,80	221,70	222,50	287,58	225,80	235,10	263,50	249,20	309,30	332,70	69,17	146,65	228,10	220,53	307,70	237,30
ago/09	24,60	45,10	62,20	53,00	53,88	39,40	33,60	76,70	64,70	73,20	96,30	40,49	46,21	59,80	91,44	73,20	53,50
set/09	153,90	188,10	195,40	211,50	169,19	177,00	200,10	198,80	189,10	236,90	271,90	90,20	89,00	164,40	133,20	236,90	193,60
out/09	75,90	98,00	105,60	145,20	148,16	120,10	177,90	182,10	143,10	164,10	203,10	30,90	43,00	189,30	123,30	166,30	166,20
nov/09	234,00	217,10	320,10	284,50	172,43	199,80	182,00	268,90	249,80	175,70	230,60	94,10	132,00	186,30	100,70	173,20	241,50
dez/09	319,30	322,20	444,10	270,00	283,09	237,90	277,50	254,50	225,00	261,70	260,50	424,00	326,00	203,30	363,40	258,70	192,40
jan/10	271,80	316,40	461,20	530,00	421,82	387,70	363,30	435,60	231,30	587,60	469,50	352,40	509,60	331,60	298,70	597,60	384,70
fev/10	89,90	97,70	144,70	101,50	213,58	75,10	135,80	102,10	122,20	175,60	274,20	21,30	153,00	157,50	67,10	177,70	98,10
mar/10	101,20	90,10	172,60	178,00	155,66	171,90	155,00	148,80	142,90	265,60	186,50	33,70	183,50	150,60	298,80	265,30	168,40
abr/10	84,10	90,40	92,80	73,44	59,95	81,50	81,80	99,40	126,90	168,50	259,60	8,90	99,00	90,50	271,50	137,80	89,70
mai/10	28,30	27,90	27,10	47,50	37,03	38,00	47,10	32,50	35,90	44,90	90,40	3,80	27,80	33,50	25,80	43,90	53,40
jun/10	18,10	12,80	25,40	37,58	32,71	19,60	27,40	26,20	28,50	27,50	48,90	39,53	21,34	33,04	37,62	27,50	28,70
jul/10	44,50	54,40	60,80	92,47	84,63	83,30	90,60	82,60	81,00	44,46	139,70	32,65	42,42	73,73	57,30	78,00	33,90
ago/10	0,00	0,00	2,20	3,53	9,87	0,00	7,20	3,00	20,30	27,40	70,30	9,22	5,89	3,40	25,87	28,30	4,20
set/10	68,10	38,60	65,90	93,49	54,84	97,80	174,20	65,10	50,70	103,00	87,70	84,60	16,00	55,80	26,60	101,00	85,20
out/10	79,50	80,80	97,80	116,94	83,42	87,50	66,80	118,40	99,80	116,10	135,20	106,00	68,98	83,90	99,10	117,00	111,30

Mês/Ano	Estação pluviométrica																
	2347025	2347027	2347029	2347038	2347042	2347043	2347046	2347048	2347049	2347051	2347053	2347058	2347059	2347060	2347061	2347062	2347146
nov/10	99,90	79,40	127,50	137,15	110,21	73,70	74,50	113,80	123,50	98,50	170,20	68,60	108,00	110,30	120,20	98,50	110,90
dez/10	187,30	188,00	216,50	254,43	351,21	250,90	426,60	288,50	175,00	391,30	453,80	274,20	175,40	252,70	230,00	394,00	227,30
jan/11	300,20	343,80	274,70	314,50	193,37	233,50	280,10	195,70	390,60	249,10	372,30	299,10	329,35	382,30	340,40	248,90	222,30
fev/11	130,30	106,90	68,40	113,90	167,48	81,30	125,90	109,00	92,30	34,00	224,30	97,50	210,60	102,00	139,40	34,00	117,20
mar/11	111,10	176,50	103,90	86,90	90,60	69,90	59,70	35,10	66,50	180,90	311,30	82,39	59,00	80,40	122,60	181,00	89,20
abr/11	98,20	85,70	84,60	96,40	90,00	83,40	134,90	85,00	54,10	88,90	133,10	63,08	77,00	72,20	66,40	86,80	107,70
mai/11	11,70	9,90	19,50	16,50	8,70	6,80	28,10	8,80	17,50	46,20	1,80	0,00	10,00	8,70	9,70	36,88	14,80
jun/11	47,00	60,60	48,80	39,00	79,50	64,60	60,40	60,50	79,50	86,00	109,50	17,00	6,00	62,20	49,80	86,10	51,70
jul/11	12,80	19,70	8,70	30,49	21,30	7,20	19,10	7,00	26,70	35,10	62,30	7,60	11,20	20,60	16,30	35,00	17,50
ago/11	50,10	29,20	54,00	70,00	67,10	94,50	85,00	96,00	99,10	125,50	126,20	69,90	51,00	73,70	29,00	125,50	84,20
set/11	6,40	28,40	10,00	3,00	2,00	3,20	8,60	13,60	3,00	17,70	29,80	0,00	0,00	5,70	37,49	17,70	4,80
out/11	195,40	272,90	199,20	179,00	194,90	168,70	163,60	158,40	162,60	94,00	179,30	105,60	133,00	181,60	168,50	93,20	163,80
nov/11	85,00	73,30	132,30	123,00	105,60	100,60	119,10	170,60	69,90	77,00	110,70	166,30	110,00	74,40	64,90	70,00	50,00
dez/11	92,30	95,70	84,70	63,50	108,10	66,20	144,00	116,40	47,90	148,40	160,00	127,80	45,00	140,50	79,20	148,50	117,80
jan/12	276,10	261,50	354,10	358,90	240,60	316,90	329,60	285,80	195,90	251,00	351,50	334,50	242,00	236,30	125,80	253,00	188,50
fev/12	59,30	41,40	83,40	205,00	83,80	109,90	207,50	122,10	123,60	156,40	135,30	85,00	48,00	92,80	79,00	156,40	152,60
mar/12	77,90	58,70	91,13	39,00	38,90	67,00	171,90	74,60	34,20	213,00	82,50	147,70	53,25	58,50	67,20	213,00	111,60
abr/12	133,70	141,70	106,00	113,00	130,90	157,10	168,30	109,90	143,00	249,20	207,60	105,10	127,00	123,70	129,21	249,20	166,90
mai/12	54,10	37,10	52,11	65,00	25,90	21,90	87,90	26,90	19,20	75,90	65,50	108,10	41,00	28,80	189,28	75,90	52,10
jun/12	169,10	214,60	165,01	180,00	250,80	231,00	180,80	195,90	207,70	150,80	247,50	249,60	73,00	193,50	236,48	150,80	204,80
jul/12	54,40	42,40	135,02	143,00	11,20	73,90	101,60	23,20	79,30	39,70	110,40	35,78	64,00	33,70	71,30	97,70	91,60
ago/12	0,10	0,00	1,11	0,00	0,00	0,00	5,70	4,00	1,60	4,70	0,40	0,00	0,00	0,30	0,00	4,70	2,10
set/12	27,80	22,50	38,06	37,50	23,00	22,50	28,20	25,70	19,00	40,70	77,57	0,00	25,00	16,60	22,10	40,70	22,00
out/12	69,20	93,30	91,87	109,00	112,90	120,70	99,90	129,90	106,80	103,80	164,91	37,40	101,00	85,50	92,40	104,00	153,00
nov/12	192,90	93,70	62,41	78,00	87,00	69,30	110,70	85,10	106,30	105,60	170,38	68,40	271,00	69,10	34,60	105,60	57,00
dez/12	240,30	305,50	263,93	293,50	238,30	300,90	247,90	263,50	209,80	411,90	264,48	145,60	182,00	209,00	175,50	342,10	262,50
jan/13	229,60	358,10	247,85	241,47	196,30	200,60	152,90	187,40	175,60	314,50	320,06	327,71	85,60	178,60	241,30	316,80	162,20
fev/13	77,80	84,80	110,07	242,45	139,91	186,20	188,60	126,70	126,60	216,50	272,23	133,30	18,00	68,80	129,40	216,50	213,30
mar/13	115,40	113,10	108,70	154,87	195,39	224,60	258,30	182,30	173,50	238,80	308,80	46,30	84,00	136,70	156,30	238,80	174,00
abr/13	67,40	74,80	107,90	79,87	67,92	100,70	83,90	126,40	89,30	135,50	99,30	27,30	34,00	134,80	85,40	135,40	111,40
mai/13	36,50	66,00	47,50	42,34	44,37	32,00	34,60	36,00	36,40	54,70	53,40	30,50	42,00	43,90	41,90	55,20	26,10
jun/13	143,60	108,40	154,90	121,94	117,85	155,60	161,80	158,50	139,40	140,80	185,30	253,10	119,00	152,50	144,60	147,20	141,60
jul/13	39,90	79,50	60,50	83,89	91,69	71,00	80,70	105,00	109,40	129,70	200,60	0,00	12,00	79,10	23,70	130,10	69,80
ago/13	0,00	0,00	4,70	13,33	8,08	0,00	13,50	2,50	5,40	32,20	47,80	11,80	2,00	1,10	0,00	30,20	14,00
set/13	59,30	83,40	64,50	83,23	84,43	61,70	86,00	95,00	69,80	86,80	139,90	33,28	65,00	83,90	0,00	71,63	74,00
out/13	98,70	105,80	108,50	134,79	90,61	120,20	110,10	91,50	90,00	105,20	155,20	6,40	17,00	95,60	69,10	103,30	132,50

Mês/Ano	Estação pluviométrica																
	2347025	2347027	2347029	2347038	2347042	2347043	2347046	2347048	2347049	2347051	2347053	2347058	2347059	2347060	2347061	2347062	2347146
nov/13	91,00	121,50	80,80	171,21	78,44	113,00	128,40	88,40	94,30	178,10	273,70	18,20	81,00	71,50	78,80	86,80	143,70
dez/13	43,60	62,90	98,90	134,52	166,71	116,40	99,30	263,30	124,90	87,00	139,30	7,60	56,00	118,90	49,50	87,20	88,40
jan/14	53,70	31,60	197,70	188,53	139,40	153,00	86,90	103,90	111,70	133,40	119,50	55,30	27,00	97,00	36,40	145,40	134,90
fev/14	103,90	107,90	159,30	207,33	107,30	196,50	179,20	169,50	149,80	66,30	372,50	74,90	34,00	64,90	25,20	261,10	170,00
mar/14	79,90	125,50	130,60	95,91	129,90	97,40	136,10	128,00	98,60	112,40	184,90	8,60	45,00	34,90	72,30	111,50	158,40
abr/14	64,40	68,80	82,40	76,45	63,68	90,50	63,10	59,70	54,50	89,10	101,10	0,00	45,00	18,50	68,18	89,10	99,20
mai/14	33,00	46,20	42,60	68,41	39,20	62,30	65,20	75,00	96,80	52,10	137,30	9,60	32,00	18,70	90,78	52,80	71,80
jun/14	12,60	15,60	13,00	37,52	46,51	19,50	37,30	56,00	56,50	79,70	91,00	6,40	20,00	52,40	121,65	79,60	34,00
jul/14	26,40	25,40	36,00	45,84	0,00	38,80	36,80	28,10	22,70	50,60	79,20	9,70	21,00	8,40	44,79	60,40	39,00
ago/14	38,00	41,30	33,10	35,13	14,63	26,00	30,60	32,00	31,40	58,60	69,50	27,50	52,00	9,50	64,20	58,60	35,80
set/14	92,30	97,60	78,40	104,93	39,99	86,90	120,70	123,90	126,20	121,50	155,00	0,00	12,00	41,70	71,63	121,50	97,70
out/14	15,30	51,30	0,00	56,93	51,54	18,00	17,20	24,50	25,30	40,30	68,10	0,00	35,50	32,00	74,43	40,90	40,00
nov/14	143,38	128,30	157,50	142,72	75,08	111,10	110,30	240,30	186,40	124,70	198,00	103,20	174,00	67,40	179,00	122,70	116,26
dez/14	154,28	158,00	175,76	195,69	219,54	178,82	144,10	278,70	225,53	147,00	275,37	96,00	33,00	157,21	187,30	146,10	159,27
jan/15	232,72	220,39	267,33	272,84	243,12	228,81	204,56	247,95	237,23	303,75	263,77	186,50	51,00	203,71	105,50	191,30	204,90
fev/15	164,57	152,50	165,78	227,15	371,53	206,42	201,92	169,31	169,37	160,52	259,48	177,00	118,00	347,67	235,00	244,90	194,43
mar/15	174,30	210,79	173,64	197,37	183,02	208,20	191,73	215,64	177,56	177,46	306,65	243,80	76,00	210,09	366,00	281,80	194,00
abr/15	65,69	74,43	64,49	66,92	51,85	62,01	77,12	63,91	62,49	33,77	107,34	0,00	8,00	53,53	88,20	62,70	61,78
mai/15	370,79	379,84	71,40	54,77	57,81	46,46	49,79	50,75	63,32	86,22	100,91	59,20	68,00	37,20	736,40	88,12	50,27
jun/15	40,25	41,92	44,73	55,71	13,01	48,82	48,25	27,13	26,58	59,51	50,57	1,40	3,00	5,40	94,80	46,20	50,50
jul/15	176,05	193,66	79,88	91,50	140,60	80,67	89,48	101,90	101,24	114,55	144,04	14,90	47,00	116,30	236,00	124,60	91,35
ago/15	17,23	17,75	20,49	25,58	20,01	25,98	25,67	22,68	20,98	34,86	56,84	3,90	11,00	16,40	211,70	27,50	26,26
set/15	105,50	220,52	136,75	184,25	205,63	140,83	194,06	216,73	222,16	193,30	280,45	158,90	178,00	199,00	412,10	204,30	184,34
out/15	180,66	199,45	102,22	120,21	78,82	114,09	100,25	87,59	82,98	93,71	145,66	49,70	102,00	76,40	213,90	130,20	115,19
nov/15	241,93	240,97	139,83	166,14	162,36	123,27	133,56	181,93	170,34	136,05	214,44	292,20	114,10	174,00	396,00	365,30	138,81
dez/15	209,48	220,41	199,67	222,21	309,42	194,89	195,92	253,48	207,74	205,75	263,06	93,10	66,00	222,40	423,70	165,68	189,98
jan/16	244,52	240,44	280,34	293,77	264,78	247,63	224,50	270,69	252,33	348,94	296,29	235,86	205,00	237,10	469,80	263,80	233,55
fev/16	254,86	254,27	224,28	275,07	220,47	265,97	251,62	184,05	181,65	192,46	299,40	299,58	223,00	165,80	562,48	202,50	253,51
mar/16	171,71	207,33	128,16	133,21	124,34	130,36	145,45	115,01	118,09	149,52	199,91	213,90	47,00	99,30	354,05	105,10	123,50
abr/16	64,01	71,63	58,79	60,59	44,00	43,09	48,03	25,27	55,14	36,59	92,56	67,50	10,00	6,30	81,40	6,70	41,42
mai/16	102,76	102,69	91,41	110,21	72,28	110,87	98,98	113,47	111,63	187,96	172,17	108,60	96,00	107,50	159,00	201,30	108,44
jun/16	84,96	90,81	78,55	90,66	131,25	105,17	102,72	133,01	124,70	96,09	168,98	230,00	81,00	171,30	179,09	109,24	105,15
jul/16	40,48	43,65	23,62	38,95	0,00	34,96	28,86	18,34	22,20	40,59	64,86	6,30	0,00	6,10	40,90	17,90	30,73
ago/16	77,49	75,22	35,71	45,67	42,48	45,26	45,75	52,64	41,07	54,95	77,47	38,60	77,00	45,20	243,10	69,90	46,34
set/16	101,25	206,74	72,13	88,17	58,74	79,13	76,74	73,53	74,30	86,75	132,80	35,00	40,00	59,50	379,80	54,50	79,39
out/16	176,09	193,86	127,81	147,92	122,55	133,06	135,27	149,45	128,45	124,49	182,40	145,10	16,00	147,60	207,50	164,80	148,10

Mês/Ano	Estação pluviométrica																
	2347025	2347027	2347029	2347038	2347042	2347043	2347046	2347048	2347049	2347051	2347053	2347058	2347059	2347060	2347061	2347062	2347146
nov/16	135,71	119,53	121,28	145,02	74,92	113,00	112,59	91,93	93,28	121,48	161,42	61,90	122,00	67,20	144,60	171,80	118,48
dez/16	154,18	157,89	190,38	211,90	219,38	188,65	175,78	195,49	166,83	195,74	234,76	206,10	22,00	157,10	191,30	278,40	178,04
jan/17	249,73	249,29	286,07	303,01	220,35	255,94	233,30	224,04	258,99	368,89	310,64	422,60	258,00	168,60	530,60	295,80	246,19
fev/17	130,03	113,56	155,75	185,94	146,88	155,21	159,19	156,65	158,82	133,05	225,15	71,60	100,00	77,20	109,70	189,20	143,63
mar/17	124,51	144,26	134,67	130,84	132,74	141,50	143,74	111,28	115,88	197,70	195,96	206,10	97,00	95,20	136,30	130,40	133,60
abr/17	65,59	74,27	72,92	76,27	63,46	89,95	106,96	103,56	73,34	114,09	129,16	113,30	65,00	102,00	87,80	145,40	91,85
mai/17	750,74	772,72	159,99	117,93	121,90	119,85	105,84	122,22	78,12	117,39	122,74	201,00	192,00	117,30	1554,90	122,80	116,55
jun/17	78,55	83,80	73,70	85,64	81,01	97,09	94,91	88,01	83,00	90,85	118,66	504,00	134,00	100,80	791,40	100,20	97,31
jul/17	12,06	12,20	20,67	36,19	0,00	32,57	25,67	13,96	18,05	36,71	60,71	0,00	0,00	0,00	0,00	12,30	27,55
ago/17	33,66	33,42	38,03	48,74	45,92	48,21	48,82	57,21	44,13	58,02	80,62	80,90	29,00	49,60	602,70	101,70	49,41
set/17	72,39	113,11	50,68	56,27	9,98	58,65	37,80	26,00	25,23	51,38	83,79	3,60	0,00	13,20	160,30	0,40	44,55
out/17	747,23	891,58	312,37	347,74	438,03	269,95	387,87	595,71	456,43	346,51	447,42	37,70	10,00	661,21	1006,60	144,30	385,49
nov/17	521,07	560,11	130,05	155,01	116,26	117,86	122,50	134,49	129,72	128,37	186,49	51,50	92,00	117,70	1056,70	209,80	128,09
dez/17	106,68	104,18	182,40	203,05	142,02	183,28	158,48	145,67	131,68	187,14	210,44	98,60	52,00	101,00	1226,30	100,40	167,79
jan/18	189,26	146,60	176,50	258,60	152,61	250,75	196,00	152,90	215,60	213,10	288,60	242,80	172,00	151,90	2375,10	243,10	238,30
fev/18	48,10	18,10	75,30	137,90	133,35	95,50	107,90	61,90	7,50	101,70	0,00	185,50	16,00	60,90	384,30	117,30	84,40
mar/18	138,10	116,50	168,60	140,16	175,88	198,73	178,10	212,20	242,70	198,66	275,20	403,10	98,00	111,30	348,70	260,30	185,42
abr/18	20,80	7,80	29,40	62,60	46,50	33,78	41,20	28,50	15,40	82,70	73,90	93,80	12,00	19,30	56,80	203,70	31,40
mai/18	9,60	14,30	7,90	7,50	22,66	8,40	16,20	22,50	22,40	27,80	23,50	42,20	0,00	10,90	20,60	29,40	15,90
jun/18	13,90	24,70	25,30	16,30	24,06	97,00	48,10	24,10	24,00	64,80	97,80	0,00	3,00	20,90	97,70	64,80	19,10
jul/18	14,60	11,50	10,30	11,70	15,00	24,14	20,60	35,40	29,50	28,10	60,50	18,10	39,00	21,40	20,10	29,00	20,40
ago/18	80,70	44,30	56,30	55,30	95,80	81,40	55,00	22,50	39,60	47,10	101,90	49,30	26,00	58,70	220,60	47,10	64,30
set/18	127,70	104,10	116,20	79,90	57,00	121,21	77,70	77,90	82,70	23,10	89,70	195,10	74,00	54,50	327,10	22,10	54,90
out/18	155,90	144,80	111,10	158,30	102,80	120,67	127,40	118,30	92,80	286,70	227,40	121,60	72,50	201,20	111,40	296,30	167,70
nov/18	156,60	120,60	131,40	130,70	85,07	118,61	109,60	106,80	82,30	114,20	144,10	65,50	107,54	79,60	127,80	115,10	94,50
dez/18	95,00	146,20	106,60	178,46	171,26	132,33	162,70	175,00	53,40	181,60	147,00	102,40	86,29	122,20	120,40	196,40	139,30
jan/19	124,10	131,80	107,50	247,55	160,81	206,07	180,47	161,51	108,80	182,30	197,70	238,30	102,31	76,80	187,90	182,30	170,30
fev/19	183,80	162,70	174,37	275,00	175,50	265,88	245,55	182,25	180,15	188,56	294,53	230,10	133,42	154,90	141,60	369,50	246,30
mar/19	114,20	50,90	171,70	225,80	141,32	152,88	165,31	91,50	188,80	258,40	245,70	168,80	75,80	114,50	92,00	251,50	143,90
abr/19	142,40	167,30	125,50	89,80	44,50	148,73	184,30	112,30	85,70	158,30	204,80	155,30	72,99	108,20	148,00	154,30	155,10
mai/19	23,50	26,20	31,50	15,00	45,12	70,41	76,10	88,40	54,80	193,10	119,30	35,00	43,45	42,50	36,80	193,00	71,90
jun/19	26,80	38,10	36,60	62,60	49,07	75,60	69,50	69,30	65,66	59,40	128,90	32,70	29,26	56,00	43,90	100,20	33,30
jul/19	22,40	35,00	28,80	36,20	43,40	90,70	113,30	38,30	25,20	116,50	177,40	111,90	21,70	79,40	99,80	116,50	76,10
ago/19	6,20	0,90	6,70	6,60	8,10	9,50	19,80	1,50	0,30	10,20	64,20	0,30	8,91	0,00	2,40	10,20	9,30
set/19	61,32	77,20	90,90	93,80	34,10	75,92	68,90	64,50	82,20	72,90	164,80	31,10	66,50	43,20	60,90	72,90	80,80
out/19	8,30	25,70	18,70	8,30	0,00	15,10	16,80	9,70	12,20	34,10	67,30	0,00	48,00	4,20	17,60	34,10	29,50

Mês/Ano	Estação pluviométrica																
	2347025	2347027	2347029	2347038	2347042	2347043	2347046	2347048	2347049	2347051	2347053	2347058	2347059	2347060	2347061	2347062	2347146
nov/19	144,40	124,30	143,70	112,01	86,80	129,70	133,00	172,30	162,09	98,69	226,40	100,20	112,56	142,40	192,50	164,30	86,70
dez/19	127,70	79,50	166,00	208,15	53,30	172,26	97,80	79,60	78,30	192,10	115,30	59,36	127,54	70,40	93,10	94,10	173,70

Obs: As células em verde representam valores estimados utilizando o método de correlação linear.

APÊNDICE B - DADOS DE VAZÃO MENSAL (M³/S) DA ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICA Nº 62496001

Estação Fluviométrica nº 62496001												
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1990	61,49	21,57	20,17	14,11	11,86	10,59	15,55	10,95	11,66	16,79	10,25	9,08
1991	13,46	87,21	63,27	33,49	22,88	18,36	15,25	13,27	8,61	45,13	10,5	30,56
1992	18,12	18,67	26,81	21,56	19,7	9,88	9,32	7,73	9,92	12,76	16,99	20,97
1993	33,49	58,42	29,48	17,65	12,38	16,68	9,78	10,26	19,81	23,57	12,37	9,29
1994	11,79	23,25	13,31	10,02	7,37	7,09	7,29	5,08	3,81	4,54	6,47	9,12
1995	35,42	72,73	20,84	24,49	15,54	10,2	11,48	6,48	5,76	15,59	7,21	9,45
1996	35,38	24,45	52,85	15,96	10	9,74	7,91	6,45	10,56	11,2	8,92	21,1
1997	67,52	57,23	22,88	14,13	11,31	19,46	12,01	9,49	11,18	13,95	33,18	49,98
1998	34,98	36,35	64,42	33,33	24,08	17,4	13,2	14,63	15,41	50,96	16,33	35,91
1999	56,55	75,97	45,67	18,22	16,33	15,22	21,02	7,77	12,46	7,88	6,56	7,58
2000	30,6	33,63	17,24	12,59	5,04	4,63	5,05	8,17	13,52	5,78	6,96	30,59
2001	31,48	47,21	24,04	13,87	10,08	10,61	13,05	7,97	10,43	23,63	11,03	28,51
2002	46,83	44,21	18,73	15,89	10,09	6,06	5,23	5,01	7,59	4,15	14,14	22,36
2003	40,37	56,19	31,71	22,99	10,94	8,37	7,27	6,11	4,55	4,5	10,95	10,22
2004	39,43	39,97	19,71	11,65	10,03	12,62	18,31	7,3	3,54	17,07	17,06	24,73
2005	44,66	24,96	37,32	14,18	17,47	14,95	9,88	4,11	8,32	19,65	11,53	19,19
2006	32,14	36,4	29,05	26,06	9,23	7,25	13,94	6,65	9,39	9,32	10,3	25,46
2007	69,81	35,23	16,29	8,68	8,15	6,72	14,74	6,75	3,75	3,52	12,36	22,22
2008	29,82	36,39	19,85	15,59	26,49	12,85	7	9,57	5,67	9,24	9,02	7,21
2009	19,54	36,98	30,74	9,65	8	6,56	26,9	21,4	36,33	31,93	27,91	69,68
2010	84,19	58,84	33,12	31,09	16,86	12,52	14,74	7,97	5,05	9,43	9,93	25,97
2011	65,82	24,14	20,54	12,15	6,88	10,79	6,49	6	5,16	15,24	6,58	9,29
2012	30,45	18,82	9,5	6,63	8,07	26,08	12,65	5,43	3,7	6,06	5,51	12,61
2013	34,57	15,39	24,74	24,16	8,06	17,64	26,58	8,49	8,3	12,06	10,69	11,64
2014	10,44	5,66	9,76	5,84	6,49	5,58	3,46	3,45	4,65	4,44	13,88	18,3
2015	7,82	26,61	31,89	9,69	8,1	4,62	14,03	3,37	23,05	8,6	37,17	23,07

Estação Fluviométrica nº 62496001												
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2016	76,37	40,23	48,22	12,5	19,08	44,62	11,91	10,52	9,53	17,33	11,8	13,24
2017	49,55	32,49	25,08	13,62	26,47	41,56	11,11	11,12	4,85	6,94	10,02	7,79
2018	30,78	10,79	14,86	14,23	4,04	4,19	2,37	4,83	4,92	7,56	6,27	9,75
2019	12,4	8,42	26,88	16,42	7,96	13,76	12,09	4,19	4,49	1,57	4,71	6,8