

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

DESAGREGAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DIÁRIA PARA ESCALA HORÁRIA A PARTIR DO MÉTODO DOS FRAGMENTOS

Pyetra Aparecida Stroparo¹ ; Daniel Henrique Marco Detzel² & Júlio Gomes³

Abstract: Hourly precipitation series are essential for high-resolution hydrological applications, yet their availability remains limited in Brazil. This study evaluates the performance of the Method of Fragments (MOF) for disaggregating daily rainfall into hourly scale, using data from station A880 – Vacaria/RS. A total of 100 hourly series were generated based on the years 2014, 2017, and 2018, and the results were compared with the observed series from 2019. The analysis included hourly variance, proportion of dry hours, lag-1 autocorrelation, timing of daily peaks, and daily maximum hourly values. The results indicate that MOF satisfactorily reproduces the intermittency of precipitation, but presents limitations in representing subdaily variability, with a tendency to overestimate variance relative to the observed values. A moderate underestimation of autocorrelation is also observed, suggesting reduced temporal persistence between successive records. The model also adequately preserved the hourly pattern of daily peak occurrences. Regarding maximum hourly values, the upper quantiles (Q90%, Q95%, and Q99%) showed good agreement with observations, indicating the method's capability to represent the frequency of intense events. However, the simulated maximum precipitation exceeded the observed value, pointing to a limitation of the model in preserving the magnitude of the highest recorded event.

Resumo: Séries de precipitação horária são essenciais para aplicações hidrológicas de alta resolução, mas sua disponibilidade ainda é limitada no Brasil. Este estudo avalia o desempenho do Método dos Fragmentos (MOF) na desagregação de chuvas diárias em escala horária, utilizando dados da estação A880 – Vacaria/RS. Foram geradas 100 séries horárias com base nos anos de 2014, 2017 e 2018, e os resultados foram comparados à série observada de 2019. A análise contemplou variância horária, proporção de horas secas, autocorrelação de lag-1, horário do pico diário e máximas horárias por dia. Os resultados indicam que o MOF reproduz de forma satisfatória a intermitência da precipitação, mas apresenta limitações na representação da variabilidade subdiária, com tendência à superestimação da variância em relação aos valores observados. Observa-se ainda uma subestimação moderada da autocorrelação, o que indica menor persistência temporal entre registros sucessivos. O modelo também preservou adequadamente o padrão horário de ocorrência dos picos diários. Em relação às máximas horárias, os quantis superiores (Q90%, Q95% e Q99%) apresentaram boa concordância com os valores observados, evidenciando que o método foi capaz de representar a frequência dos eventos intensos. No entanto, a precipitação máxima simulada foi superior à observada, indicando limitação do modelo em preservar a magnitude do maior evento registrado.

Palavras-Chave – Desagregação Temporal; Método dos Fragmentos; Precipitação.

1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, UFPR, pyetrastroparo@gmail.com

2) Departamento de Hidráulica e Saneamento, UFPR, detzel@ufpr.br

3) Departamento de Hidráulica e Saneamento, UFPR, jgomes.dhs@ufpr.br

INTRODUÇÃO

A obtenção de dados de precipitação em escalas temporais subdiárias é essencial para uma ampla gama de aplicações hidrológicas e de planejamento de recursos hídricos, incluindo modelagem de escoamento superficial, dimensionamento de sistemas de drenagem urbana, operação de reservatórios e até estudos de impacto de mudanças climáticas. No entanto, a disponibilidade de séries históricas com alta resolução temporal ainda é limitada em várias regiões do mundo, inclusive no território brasileiro. Essa escassez está associada a diversos fatores como o alto custo de instalação e manutenção de equipamentos automáticos, a heterogeneidade espacial da rede de monitoramento e a presença de falhas nos registros (Depiné et al., 2014; Meira et al., 2022).

Diante dessa limitação, os métodos de desagregação temporal de precipitação têm se consolidado como uma alternativa viável para gerar séries sintéticas subdiárias a partir de dados diários amplamente disponíveis. Dentre os modelos existentes, destacam-se os modelos estocásticos baseados em processos pontuais (como o modelo de Bartlett-Lewis), os modelos multifractais, os modelos baseados em padrões adimensionais e as abordagens não paramétricas. Entre essas últimas, o Método dos Fragmentos (*Method of Fragments* – MOF) tem ganhado destaque por sua simplicidade conceitual, ausência de necessidade de calibração de parâmetros e capacidade de preservar as características estatísticas observadas nos dados históricos (Lall & Sharma, 1996; Li et al., 2018). Estudos comparativos, como o de Pui et al. (2012), têm explorado o desempenho relativo desses diferentes modelos em contextos variados, evidenciando as vantagens e limitações associadas a cada abordagem, a depender das características climáticas regionais e dos objetivos da aplicação.

O MOF consiste na seleção de vetores horários de precipitação (fragmentos), provenientes de uma base histórica classificada, que são aplicados a dias chuvosos de uma série diária conforme critérios de similaridade, como a magnitude da precipitação e na configuração dos dias secos e chuvosos adjacentes. Esse procedimento tem se mostrado promissor na manutenção de estatísticas da precipitação, bem como na representação da intermitência temporal dos eventos, aspectos fundamentais para o realismo hidrológico da série gerada (Pui et al., 2012; Li et al., 2018).

Neste estudo, avaliou-se o desempenho do Método dos Fragmentos na desagregação de precipitação diária em escala horária, utilizando dados da Estação A880 – Vacaria (RS), pertencente à rede automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram utilizados os anos de 2014, 2017 e 2018 como base histórica, e o ano de 2019 para validação, por meio da comparação entre a série horária observada e as séries simuladas a partir dos totais diários desagregados pelo MOF. A avaliação baseou-se em métricas que caracterizam a variabilidade e a estrutura temporal da chuva em escala subdiária.

METODOLOGIA

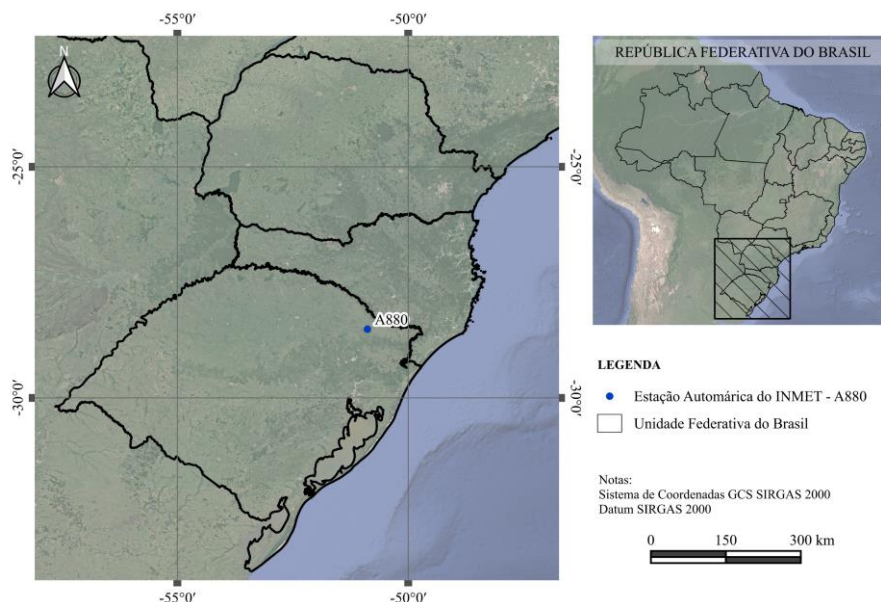
Área de Estudo e Dados

A área de estudo corresponde à Estação Meteorológica Automática A880 – Vacaria, localizada no município de Vacaria, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. A estação situa-se na latitude -28,5136, longitude -50,8828 e altitude de 969,89 metros, e opera sob a responsabilidade do INMET, com periodicidade de medição horária desde 25 de abril de 2008. A escolha da estação A880 justifica-se pela disponibilidade de dados horários contínuos e sem falhas em anos do período recente.

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o município de Vacaria enquadra-se no grupo Cfb, caracterizado por clima subtropical úmido, com verões amenos e distribuição regular de precipitação ao longo do ano. A precipitação média anual na região varia entre 1600 e 1700 mm,

enquanto a temperatura média anual situa-se entre 15,1 °C e 16 °C, conforme apresentado por Wrege et al. (2012). A Figura 1 apresenta a localização da estação Vacaria em relação aos estados da região Sul do Brasil.

Figura 1 – Localização da Estação A880 – Vacaria/RS



Com dados disponíveis desde 2008, após a realização da verificação da integralidade e consistência da série, foram selecionados os anos de 2014, 2017, 2018 e 2019, por apresentarem cobertura horária integral e ausência de falhas nos dados.

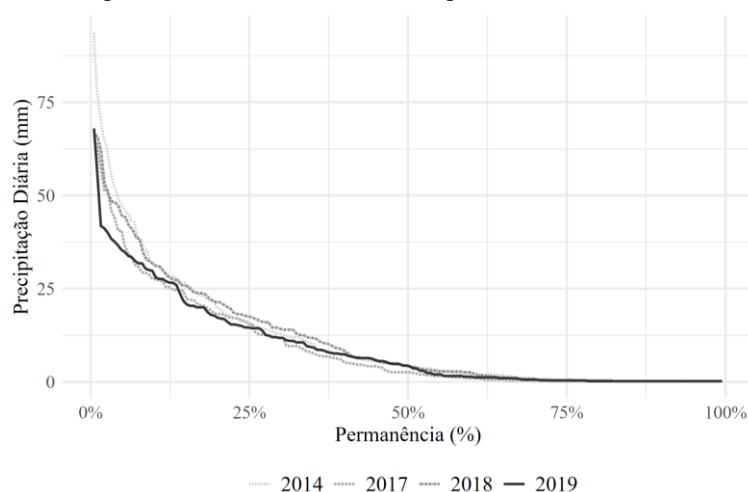
Para caracterizar a variabilidade anual da precipitação na estação A880, foram calculadas estatísticas básicas para os anos selecionados, incluindo o total anual acumulado e a quantidade de dias com chuva (precipitação diária > 0 mm), conforme indicado na Tabela 1. Como complemento, analisaram-se as curvas de permanência das chuvas diárias, as quais são apresentadas na Figura 2. Observa-se que o ano de 2014 concentrou os maiores volumes nas faixas superiores de precipitação, enquanto os demais anos apresentaram comportamentos semelhantes para toda a faixa.

Os dados horários foram então utilizados de duas formas: (i) para compor a base histórica de fragmentos do método, formada pelos anos de 2014, 2017 e 2018; e (ii) como referência para validação, por meio da comparação entre a série horária original de 2019 e as 100 séries simuladas a partir da desagregação de sua respectiva série diária.

Tabela 1 – Total anual e número de dias com chuva para os anos adotados

Ano	Total Anual	Dias com Chuva (> 0 mm)
2014	2283,0	201
2017	1714,8	184
2018	2015,0	181
2019	1721,8	184

Figura 2 – Curva de permanência das chuvas diárias para os anos de 2014, 2017, 2018 e 2019



Descrição do Método

O Método dos Fragmentos é uma abordagem não paramétrica utilizada para a desagregação de precipitação diária em escalas temporais menores, como a escala horária. O método baseia-se na premissa de que os padrões horários observados em dias passados podem ser reutilizados para representar a distribuição subdiária de um dia com valor conhecido.

A desagregação é feita por meio da reamostragem de fragmentos, que representam a proporção da precipitação diária distribuída ao longo dos intervalos subdiários. Esses fragmentos são obtidos a partir de registros históricos e organizados em uma base de padrões horários observados, sendo posteriormente utilizados para gerar novas séries temporais que preservam as características estatísticas e a estrutura temporal dos dados originais.

Para desagregar um determinado dia de interesse t , parte-se do seu valor diário de precipitação R_t , o qual se deseja redistribuir em valores horários. A seguir, define-se uma janela temporal móvel centrada nesse dia, com largura l , para que se possa considerar o contexto sazonal local (como mês ou estação do ano).

Em seguida, os dias da base histórica j são classificados de acordo com o padrão de ocorrência de chuva nos dias adjacentes, conforme as seguintes classes:

- Classe 1: O dia j apresenta precipitação, entretanto, os dias anterior e posterior não apresentam;
- Classe 2: O dia j apresenta precipitação e o dia anterior também, entretanto, o posterior não apresenta;
- Classe 3: O dia j apresenta precipitação e o dia posterior também, entretanto, o anterior não apresenta;
- Classe 4: O dia j apresenta precipitação, e os dias anterior e posterior também apresentam.

Com o intuito de avaliar a representatividade das classes utilizadas no processo de desagregação, foi realizada a contagem do número de dias associados a cada classe (de 1 a 4) nos anos estudados (Tabela 2). Observou-se predominância da Classe 4, correspondente a eventos com precipitação nos dias anterior e posterior, o que indica maior persistência dos eventos chuvosos na base de dados. Por outro lado, a Classe 1 — que representa dias com precipitação isolada, sem chuva

nos dias adjacentes — foi a menos frequente. Essa distribuição evidencia o caráter mais contínuo dos eventos registrados nos anos a serem utilizados como referência para o MOF.

Tabela 2 – Quantidade de dias classificados em cada classe nos anos adotados para o estudo

Ano	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Dias sem precipitação
2014	16	46	47	92	164
2017	18	48	48	70	181
2018	12	42	41	86	184
2019	16	41	41	86	181

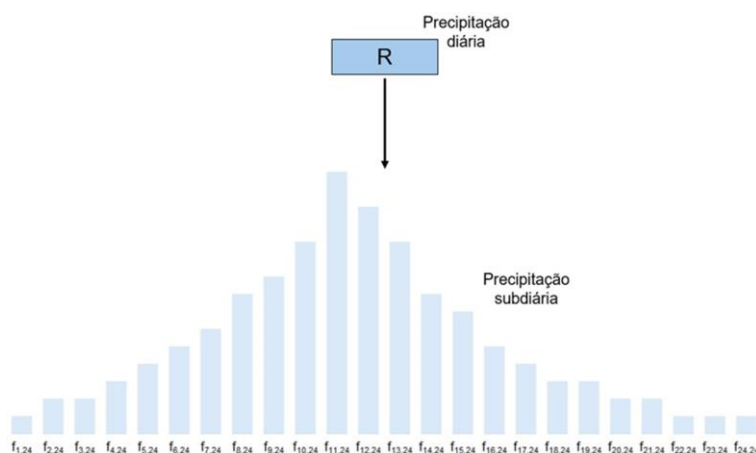
Após a identificação da classe correspondente ao dia t , busca-se no conjunto histórico os dias j que pertencem à mesma classe. Dentre eles, selecionam-se os k dias com valores diários R_j mais próximos de R_t , para os quais $|R_j - R_t|$ é mínimo. A seleção do vizinho j entre os k candidatos é feita de maneira probabilística, por meio da distribuição ponderada indicada na Equação (1):

$$p_j = \frac{\frac{1}{j}}{\sum_{i=1}^k \frac{1}{i}} \quad (1)$$

onde $j = 1$ representa o vizinho com menor distância absoluta.

Uma vez escolhido o dia j , utiliza-se seu fragmento horário observado – ou seja, a distribuição proporcional da chuva ao longo do dia – para redistribuir o valor R_t . Isso é possível multiplicando-se cada fração horária do fragmento por R_t , gerando assim os valores horários simulados para o dia t . A Figura 3 ilustra esquematicamente o MOF, no qual o valor diário da precipitação R é redistribuído em intervalos subdiários com base em fragmentos extraídos de dias historicamente semelhantes. Esse processo é repetido para cada dia da série diária a ser desagregada, até que todos os valores tenham sido convertidos em séries horárias consistentes com os padrões observados no histórico.

Figura 3 – Esquema do Método dos Fragmentos



No presente estudo, adotou-se uma janela móvel l de 15 dias, conforme proposto por Westra et al. (2012), que concluíram que esse intervalo é adequado para garantir que os fragmentos utilizados pertençam a um mesmo período sazonal, preservando assim a variabilidade intra-anual das séries de precipitação. Além disso, o número de vizinhos mais próximos foi fixado em $k = 5$.

Devido à natureza probabilística do método, que seleciona os fragmentos históricos com base em critérios de similaridade e sorteio aleatório, foram realizadas 100 simulações para cada dia. Assim, cada execução pode resultar em uma distribuição distinta da chuva horária, sendo necessário um conjunto de múltiplas realizações para captar a variabilidade intrínseca do processo e permitir uma avaliação estatística robusta do desempenho do modelo.

Métricas de Avaliação

Para avaliar a qualidade das séries horárias geradas pelo Método dos Fragmentos (MOF), foram adotadas diferentes métricas que representam aspectos fundamentais da estrutura estatística e dinâmica da precipitação em escala subdiária. As análises foram aplicadas tanto à série observada de 2019 quanto às 100 séries simuladas com base nos anos de 2014, 2017 e 2018.

As métricas utilizadas incluíram estatísticas de validação padrão — variância horária, proporção de horas secas e autocorrelação de lag-1 — além do horário de ocorrência do pico diário e das chuvas máximas horárias por dia. Em conjunto, essas métricas permitem verificar se o modelo é capaz de preservar não apenas a variabilidade e a intermitência das séries, mas também aspectos de persistência, temporalidade e ocorrência de eventos extremos. Cabe destacar que, por se tratar de um modelo condicionado à precipitação diária observada, as avaliações realizadas neste estudo concentram-se exclusivamente na estrutura temporal subdiária gerada pelo MOF, dispensando-se análises relacionadas ao total precipitado em cada dia.

A variância horária expressa a oscilação dos volumes de chuva em relação à média, sendo essencial para avaliar a variabilidade intradiária. Valores baixos indicam distribuição uniforme, enquanto valores altos refletem alternância entre períodos secos e chuvosos. Sua comparação entre a série observada e as simulações permite verificar se o MOF preserva a complexidade do regime horário de precipitação.

A proporção de horas secas representa a frequência relativa de registros horários com precipitação inferior a um determinado limiar – sendo determinada no presente estudo como 0,1 mm. Essa métrica é amplamente utilizada para avaliar a intermitência da chuva, ou seja, a alternância entre períodos secos e úmidos ao longo do dia. Um modelo de desagregação eficiente deve ser capaz de reproduzir esse padrão, sobretudo em contextos em que a precipitação ocorre de forma descontínua.

A autocorrelação de lag-1 mede a relação entre a precipitação registrada em uma hora e aquela observada na hora imediatamente seguinte, sendo uma importante métrica de persistência temporal. Valores elevados indicam maior continuidade nos eventos de chuva, enquanto valores baixos sugerem ocorrência de precipitações mais breves ou isoladas. A avaliação dessa métrica é essencial para verificar se os modelos de desagregação são capazes de preservar a estrutura de dependência temporal da série original, especialmente em aplicações sensíveis à sequência dos eventos, como a modelagem de escoamento superficial.

A identificação do horário de ocorrência do pico diário de precipitação permite avaliar a capacidade do modelo de desagregação de reproduzir padrões intradiários característicos da climatologia local. Em diversas regiões, aspectos sazonais e topográficos influenciam a concentração de chuvas em determinados períodos do dia — como eventos convectivos no período da tarde ou chuvas frontais à noite. Capturar adequadamente esses padrões é especialmente relevante para modelos hidrológicos e de drenagem, que dependem da temporalidade dos eventos intensos para a simulação de escoamentos em áreas urbanas. Nesta análise, os horários de maior intensidade diária foram agrupados em blocos de 6 horas, permitindo a comparação da frequência relativa entre a série observada e as séries simuladas.

Por fim, a análise das chuvas máximas horárias diárias tem como objetivo avaliar a capacidade do modelo de desagregação de representar os picos de precipitação que ocorrem ao longo do dia. Essa métrica é particularmente relevante em estudos hidrológicos voltados à gestão de riscos e ao dimensionamento de sistemas de drenagem, uma vez que os picos diários costumam determinar os volumes críticos de escoamento superficial. A comparação entre os valores máximos observados e aqueles simulados, por meio de estatísticas descritivas e da curva de permanência, fornece subsídios para avaliar a capacidade do modelo de representar eventos extremos de forma consistente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este item apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação do MOF para a desagregação temporal de precipitação diária em escala horária, com foco na avaliação da capacidade do modelo de preservar as principais características estatísticas e dinâmicas da série original. A análise foi conduzida com base na comparação entre a série horária observada de 2019 e as 100 séries geradas a partir dos dados históricos de 2014, 2017 e 2018, considerados como base de fragmentos.

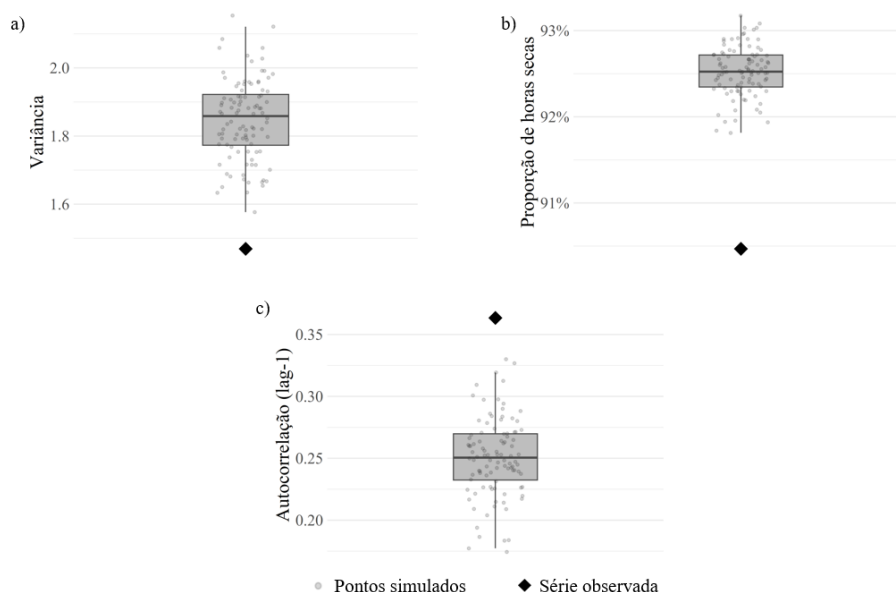
Estatísticas de Validação Padrão

A variância horária total das 100 séries geradas pelo MOF apresentou valores ligeiramente superiores à variância observada em 2019 (Figura 4a). A mediana das execuções foi de aproximadamente $1,86 \text{ mm}^2$, enquanto a variância da série observada foi de $1,47 \text{ mm}^2$, valor que se posiciona abaixo do limite inferior das simulações. Essa diferença sugere que o modelo tende a gerar séries com dispersão intradiária mais acentuada. Como medida quantitativa de aderência, foi calculado o erro médio absoluto (MAE) entre a variância observada e as geradas, resultando em $0,38 \text{ mm}^2$. Esse valor representa uma diferença relativa de aproximadamente 26% em relação à média das simulações, evidenciando que o MOF tendeu a superestimar a variabilidade horária, especialmente em eventos com menor dispersão.

No presente estudo, a comparação entre a série observada e as séries simuladas pelo MOF revelou uma leve tendência de superestimação da frequência de horas secas. A mediana das execuções foi de aproximadamente 92,5%, enquanto a série observada apresentou 90,5% (Figura 4b). Apesar de o valor observado situar-se ligeiramente abaixo do intervalo interquartil das simulações, o erro médio absoluto (MAE) entre os valores simulados e o observado foi de 0,02, o que representa uma diferença inferior a 2%. Esse resultado reforça a boa capacidade do modelo de reproduzir a intermitência da precipitação horária, com desempenho consistente na representação da proporção de horas secas.

Determinou-se que o valor da autocorrelação lag-1 para a série observada de 2019 foi de aproximadamente 0,36, ao passo que a mediana das 100 simulações geradas foi de 0,25. Conforme apresentado na Figura 4c, o valor observado posiciona-se ligeiramente acima do limite superior das simulações, evidenciando uma tendência do modelo a subestimar a persistência horária da precipitação. Esse comportamento já foi reportado na literatura (Poschlod et al., 2018; Li et al., 2018), sendo possivelmente atribuído a uma incapacidade do modelo de preservar a conectividade entre dois eventos de precipitação. O erro médio absoluto (MAE) foi de 0,11, correspondente a uma diferença percentual de 30% em relação ao valor observado. Esses resultados indicam uma subestimação moderada da autocorrelação lag-1, com impacto mensurável sobre a representação da dependência temporal, embora dentro de uma faixa ainda compatível com a variabilidade esperada em métodos não paramétricos.

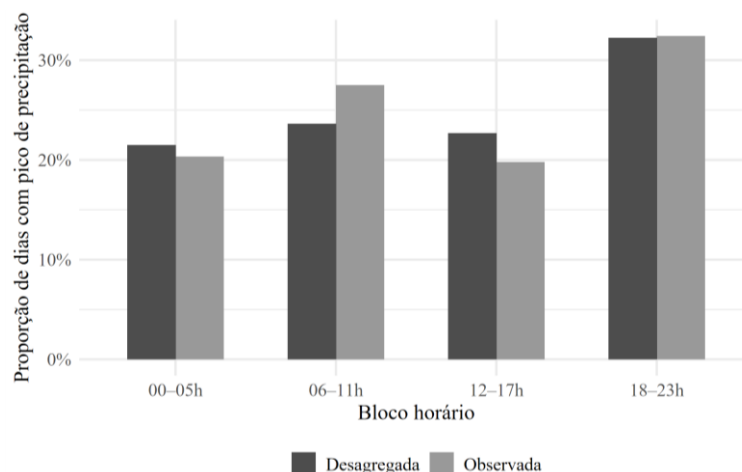
Figura 4 – Estatísticas de validação padrão das séries horárias.



Horário de Pico Diário

A Figura 5 apresenta a distribuição proporcional dos horários de pico diário, evidenciando que tanto a série observada quanto as simulações geradas pelo Método dos Fragmentos apresentaram maior concentração de pico no intervalo do final da tarde até meados da noite (18–23h), que corresponde a aproximadamente 32% dos casos. A similaridade entre os perfis, de modo geral, indica que o modelo conseguiu preservar o padrão horário predominante de pico, inclusive quanto à frequência relativa dos demais períodos do dia. Este resultado reforça a adequação do método em capturar não apenas a magnitude, mas também a dinâmica temporal intradiária da precipitação.

Figura 5 – Padrão horário de ocorrência do pico diário de precipitação



Chuvras máximas horárias diárias

A comparação entre a série observada e os resultados obtidos com o Método dos Fragmentos (MOF), representados pela mediana das estatísticas calculadas a partir de 100 séries desagregadas (Tabela 3), indica que o modelo apresentou desempenho satisfatório na reprodução da média das máximas horárias diárias.

No entanto, o desvio padrão foi ligeiramente superior nas simulações em comparação à série observada, o que sugere que o modelo tende a gerar maior variabilidade entre os picos diários. Essa superestimação pode indicar uma dispersão mais acentuada dos valores extremos ao longo das simulações, mesmo que a média tenha sido bem representada. Além disso, observou-se uma diferença mais expressiva na mediana das máximas horárias, que foi de 0,09 mm nas séries simuladas, frente a 0,2 mm na observada. Esse resultado indica que o modelo tende a subestimar a ocorrência de picos intermediários, resultando em uma maior proporção de eventos de baixa intensidade.

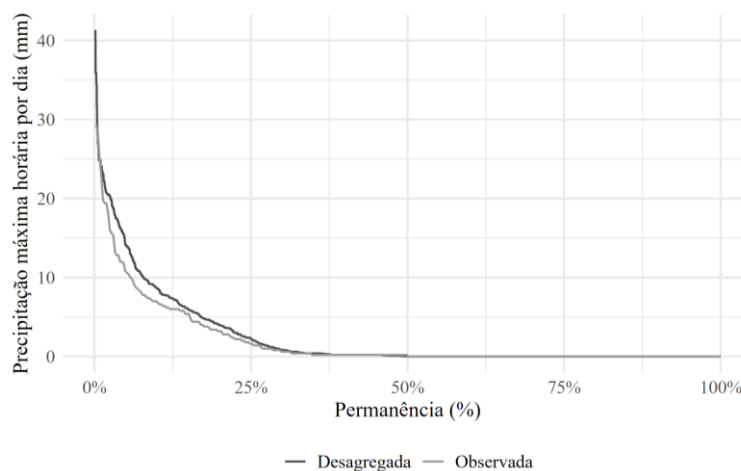
Quanto aos quantis superiores (Q90%, Q95% e Q99%), os valores simulados foram razoavelmente próximos dos observados, evidenciando que o MOF foi eficaz em representar a frequência dos eventos intensos. No entanto, a precipitação máxima absoluta entre as séries simuladas superou a observada em 11 mm, o que sugere que o modelo não foi capaz de preservar com precisão a magnitude do maior evento registrado.

A curva de permanência (Figura 6), construída a partir dos dados simulados apresentou aderência com a curva observada. No entanto, nota-se uma leve superestimação dos valores nas menores permanências, indicando que o modelo tende a gerar picos mais intensos do que os registrados nos eventos mais extremos.

Tabela 3 – Estatísticas referentes às chuvas máximas diárias

Variável	Observado	Simulado MOF
Média	2,18	2,50
Desvio Padrão	4,66	5,38
Mediana	0,2	0,02
Quartil 90%	7,12	8,56
Quartil 95%	10,76	13,98
Quartil 99%	23,66	23,80
Máximo	30,20	41,20

Figura 6 – Curva de Permanência das Chuvas Máximas Horárias



CONCLUSÃO

A limitação na disponibilidade de dados pluviométricos em alta resolução temporal ainda representa um desafio para diversas aplicações hidrológicas, especialmente em regiões onde as séries horárias são escassas ou descontínuas. Nesse contexto, os métodos de desagregação temporal têm se mostrado ferramentas valiosas para a geração de séries sintéticas subdiárias a partir de registros diários amplamente disponíveis, viabilizando análises mais detalhadas em escalas temporais menores.

Este estudo avaliou o desempenho do Método dos Fragmentos na geração de séries horárias de precipitação a partir de dados diários, por meio da comparação entre diferentes métricas estatísticas e temporais aplicadas às séries simuladas e observada. As análises foram conduzidas com base em uma série horária de referência e em uma base histórica composta por três anos, utilizada como fonte de fragmentos para a desagregação. Os resultados permitiram caracterizar a aderência do modelo a diferentes aspectos da estrutura intradiária da precipitação, evidenciando um desempenho satisfatório para aplicações que demandam séries horárias consistentes, como a modelagem de drenagem urbana, a operação de reservatórios e a avaliação de impactos climáticos em escalas subdiárias.

Observou-se, entretanto, que o MOF apresenta desempenho reduzido na simulação de eventos com longa duração e elevada persistência, um padrão típico de regiões como o Sul do Brasil. Essa limitação sugere que o modelo pode ser mais adequado para representar eventos intensos e de curta duração, comuns em regiões tropicais ou subtropicais próximas à linha do Equador. Além disso, destaca-se que a extensão limitada da base histórica utilizada constitui uma restrição metodológica. A ampliação desse conjunto de dados, por meio da incorporação de anos adicionais, do uso de estações vizinhas ou de técnicas de preenchimento de falhas, poderá contribuir para avaliações mais robustas e representativas da variabilidade climática local.

REFERÊNCIAS

- DEPINÉ, H. et al. (2014). “*Preenchimento de falhas de dados horários de precipitação utilizando redes neurais artificiais*” Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 19, pp. 51 – 63.
- LALL, U.; SHARMA, A. (1996). “*A nearest neighbor bootstrap for resampling hydrological time series*”. Water Resources Research 32, pp. 679 – 693.
- LI, X. et al. (2018). “*Three resampling approaches based on method of fragments for daily-to-subdaily precipitation disaggregation*”. International Journal of Climatology 38, pp. e111 – e1138.
- MEIRA, M. A. et al. (2022). “*Quality control procedures for sub-hourly rainfall data: An investigation in different spatio-temporal scales in Brazil*”. Journal of Hydrology 613, 128358.
- POSCHLOD, B. et al. (2018). “*Comparison and evaluation of statistical rainfall disaggregation and high-resolution dynamical downscaling over complex terrain*”. Journal of Hydrometeorology 19, pp. 1973 – 1982.
- PUI, A. et al. (2012). “*A comparison of alternatives for daily to sub-daily rainfall disaggregation*”. Journal of Hydrology 470-471, pp. 138 – 157.
- WESTRA, S. et al. (2012). “*Continuous rainfall simulation: 1. A regionalized subdaily disaggregation approach*”. Water Resources Research 48, W01535.
- WREGE, M. S. et al. (2012). *Atlas climático da região Sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul*. 2. ed. Brasília – DF: Embrapa, 335 p.