



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Análise de Métodos de Preenchimento de Falhas em Dados Pluviométricos para a Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso, Brasil

Adilson Ribeiro de Araújo¹, Rodrigo Marciel Soares Dutra², Uhenia Caetano Pereira³, Fabrizia Gioppo Nunes⁴, Manuel Eduardo Ferreira⁵

¹Doutorando em Geografia pela Universidade Federal de Goiás, CEP 78250-000, Pontes e Lacerda, Mato Grosso. (65) 99673-6828. adilsonaraujo@discente.ufg.br (autor correspondente). ²Doutorando em Geografia pela Universidade Federal de Goiás, CEP 75250-000, Senador Canedo, Goiás. (62) 99176-5252 rodrigo_dutra@discente.ufg.br. ³Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal de Goiás, CEP 76450-000, Minaçu, Goiás. (62) 98538-1353 uhenea@gmail.com. ⁴Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás, Campus Samambaia-IESA, CEP 74690-900, Goiânia, Goiás. (62) 3521-1184 fabrizia@ufg.br. ⁵Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás, Campus Samambaia-IESA, CEP 74690-900, Goiânia, Goiás. (62) 3521-1184. manuel@ufg.br.

Artigo recebido em 09/02/2023 e aceito em 25/07/2023

RESUMO

Ao trabalhar com séries históricas de informações pluviométricas que apresentem ausência de dados, seja por erro de registro ou defeito nas estações, pode-se utilizar técnicas estatísticas para a correção e análise das falhas. Neste estudo, objetivou-se analisar e preencher eventuais falhas de dados das estações pluviométricas localizadas no sudoeste do Estado de Mato Grosso, Brasil, a partir de três métodos estatísticos: Ponderação Regional (PR), Regressão Simples (RS) e Regressão Múltipla (RM). Para tanto, foram utilizados os dados de chuvas mensais de 23 estações hidrometeorológicas automáticas, com suporte da plataforma online HidroWeb e do *software* Hidro 1.4 da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), no período de 1991 a 2020, acompanha com o mapa hipsométrico da Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso (RPSMT). O conjunto de dados foi representado por 8.280 registros de precipitações (i.e., 30 anos x 23 estações). A técnica de Dupla Massa (DM) foi utilizada para avaliar a consistência dos dados, após o preenchimento de 308 falhas identificadas. Os resultados indicaram que todas as 23 estações apresentaram homogeneidade nos dados, com $R^2 > 0,97$ (forte). Os menores desvios médios foram observados no período seco, pelos métodos de Ponderação Regional e Regressão Simples, enquanto os maiores desvios foram observados pelo método da Regressão Múltipla. Conclui-se que o método PR apresentou o melhor desempenho para estimar os dados ausentes, à medida que o método RS não obteve resultados satisfatórios para a região sudoeste.

Palavras-chave: Falhas de dados; estações pluviométricas; ponderação regional; regressões simples e múltipla.

Analysis of Gap-Filling Methods in Rainfall Data for the Southwestern Planning Region of Mato Grosso, Brazil

ABSTRACT

When working with historical series of rainfall information that present lack data, either due to recording errors or faulty stations, statistical techniques can be used to correct and analyze failures. In this study, our objective was to analyze and fill gaps in data from rainfall stations located in the southwest of the State of Mato Grosso, Brazil, based on three statistical methods: Regional Weighting (PR), Simple Regression (RS) and Multiple Regression (RM). For this purpose, monthly rainfall data from 23 automatic hydrometeorological stations were used, supported by the HidroWeb online platform and Hidro 1.4 software from the National Water Agency (ANA), from 1991 to 2020, comes with the hypsometric map of the Southwest Planning Region of Mato Grosso (RPSMT). The dataset was represented by 8,280 rainfall records (i.e., 30 years x 23 stations). The Double Mass (DM) technique was used to assess data consistency, after completing 308 identified gaps. The results indicated that all 23 stations showed homogeneity in the data, with $R^2 > 0.97$ (strong). The smallest mean deviations were observed in the dry period, using the Regional Weighting and Simple Regression methods, while the largest deviations were observed using the Multiple Regression method. It is concluded that the PR method presented the best performance to estimate the missing data, as the RS method did not obtain satisfactory results for the southwest region.

Keywords: Data gaps; rainfall stations; regional weighting; simple and multiple regressions.

Introdução

A análise pluviométrica é essencial para o estudo do clima e sua variabilidade ao longo do tempo, pois proporciona informações importantes para diversas áreas, como gestão de recursos hídricos, planejamento urbano e agrícola, avaliação de riscos ambientais, além de diagnóstico e previsão do tempo (Abreu et al., 2021; Santos et al., 2021). No entanto, com grande frequência os dados pluviométricos apresentam falhas e/ou lacunas, podendo comprometer a análise e a interpretação de resultados. Por outro lado, para analisar a pluviosidade de um determinado local de forma precisa, é essencial contar com uma base amostral representativa. Segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM), é considerado um excelente padrão representativo meteorológico regional quando a distância entre as estações de monitoramento é de até 150 quilômetros (Mello et al., 2017). Nessa base, os valores obtidos devem ser medidos e observados com rigor, para adequadamente representar o objeto de estudo (Ely et al., 2021). Por isso, o preenchimento de falhas numa série temporal representa uma etapa fundamental para garantir a qualidade e a confiabilidade dos dados utilizados em análises numéricas do tempo e de ordem climáticas (Nannawo et al., 2021).

Ao buscar por séries históricas de dados hidrometeorológicos no estado de Mato Grosso ou em todo o território brasileiro, é comum encontrar lacunas significativas nos registros, devido aos erros ou às falhas existentes nas estações de monitoramento. Além disso, a quantidade de estações disponíveis ainda é insuficiente para cobrir todo o território. Diante desse desafio, é necessário aproveitar ao máximo os dados existentes e corrigir as falhas por meio de procedimentos estatísticos. Ademais, as séries são frequentemente curtas, com menos de cem anos, exigindo o uso de técnicas de preenchimento para estimar os valores das lacunas (Silva e Jardim, 2017; Brubacher, Oliveira e Guasselli, 2020).

Convém ressaltar, entretanto, as precauções para utilizar os diferentes métodos de preenchimento de lacunas, pois podem afetar as análises da variabilidade temporal e espacial dos dados meteorológicos. Esses métodos variam desde técnicas simples, como a média aritmética, até abordagens mais complexas, como a interpolação espacial usando ferramentas de geoprocessamento. Essas técnicas compreendem o uso de fórmulas estatísticas e algoritmos para tratar e estimar os dados faltantes (Brubacher; Oliveira; Guasselli, 2020; Ruezzene, 2020).

Existem várias abordagens para preencher as falhas em séries de dados pluviométricos, cada qual com as suas vantagens e desvantagens, como destacado por Vieira et al. (2018), que incluem a Ponderação Regional, a Regressão Linear, a Regressão Múltipla e a Potencial, bem como o uso de Redes Neurais e Técnicas Geoestatísticas, como a Krigagem. O assunto tem sido apresentado por diversos autores, como Abreu et al. (2021), que empregaram a Regressão Polinomial de primeiro grau, cuja técnica mostrou ser a mais adequada para representar a precipitação média mensal e anual de 32 estações pluviométricas no estado de Mato Grosso do Sul. Outro estudo, realizado na região da Catalunha, na Espanha, ao longo de 19 anos, revelou uma forte correlação entre os dados de temperatura da superfície terrestre (LST) diurnos e noturnos obtidos pelo sensor orbital MODIS e os registros de temperatura do ar das estações meteorológicas em 47 locais selecionados (Galdón-Ruiz et al., 2023). Portanto, os resultados obtidos por meio de equações de regressão geograficamente ponderadas demonstram confiabilidade para o tratamento estatístico dos dados.

No mesmo tema, Ventura et al. (2016) usaram diferentes métodos, como Regressão Linear Simples e Múltipla, Média Aritmética e Média Móvel, para tratar e preencher lacunas de dados climáticos. Os resultados indicaram que, para a maioria das variáveis testadas, como temperatura, umidade e ponto de orvalho, a Média Simples apresentou os resultados mais precisos; por outro lado, a Regressão Linear Múltipla mostrou um desempenho melhor na estimativa da pressão atmosférica. No entanto, nenhum dos métodos testados por estes autores demonstrou eficácia na estimativa da radiação solar. O estudo de Pedreira-Júnior et al. (2021) comparou estimativas regionais de precipitação em Mato Grosso utilizando diferentes fontes de dados globais, tais como Assimilação Global de Dados Terrestres (GLDAS), Análise Retrospectiva da Era Moderna para Pesquisa e Aplicações (em inglês, Merra), Missão de Medição de Precipitação Tropical (em inglês, TRMM), Medição Global de Precipitação (em inglês, GPM) e Projeto Global de Climatologia de Precipitação (em inglês, GPCP), em relação às medições terrestres. A comparação foi feita entre 2000 e 2018 em onze estações meteorológicas terrestres que abrangem diferentes zonas climáticas em Mato Grosso, incluindo a área deste estudo. Os resultados mostraram que todos os produtos estimaram satisfatoriamente a precipitação mensal e a maioria deles estimou satisfatoriamente a precipitação anual. No entanto,

houve baixa precisão na estimativa da precipitação diária.

É oportuno mencionar, ainda, que a eficácia desses métodos está relacionada a vários fatores, como as condições altimétricas, as distâncias entre as estações e o uso e cobertura da terra. A conservação da dimensão dos dados é uma das principais vantagens desses procedimentos, o que fortalece o processamento estatístico (Aieb et al., 2019). No entanto, não existe uma técnica universalmente eficaz para todas as variáveis analisadas, e cada estudo demanda a aplicação de métodos específicos. Em outras palavras, não há um método que se destaque em todos os parâmetros (Ferreira-Filho et al., 2019).

Assim, o objetivo deste estudo foi analisar os dados de 23 estações pluviométricas localizadas na Região de Planejamento Sudoeste do estado de Mato Grosso (RPSMT) e áreas adjacentes, considerando suas particularidades, consistência e presença de falhas. Desta forma, foram aplicadas técnicas estatísticas de preenchimento e correção de lacunas utilizando os métodos de Ponderação Regional, Regressão Simples e Múltipla. Além disso, foi selecionado o método que demonstrou o melhor desempenho para preencher as lacunas identificadas nos dados das estações analisadas, tanto nas escalas mensais quanto anuais.

Material e métodos

Área de Estudo e Materiais

As áreas de planejamento do estado de Mato Grosso e a RPSMT, localizadas em Cáceres na Zona VII, foram estabelecidas de acordo com a proposta do Zoneamento Socioeconômico e Ecológico (ZSEE/MT). Segundo Camargo (2011), o processo de criação das áreas de planejamento considera que cada região possui uma lógica administrativa própria, com diferentes paisagens, integradas por aspectos socioeconômicos e ecológicos, formando uma rede de relações de planejamento influenciada por seu centro urbano.

A área de estudo abrange 22 municípios, totalizando cerca de 117.082 mil km², o que corresponde a 12,6% do território total do estado de Mato Grosso. É a terceira maior população no planejamento estadual, com cerca de 333.933 habitantes e uma densidade demográfica de 2,85 hab./km² (IBGE, 2022).

No contexto deste artigo, foram utilizados dados de 23 estações pluviométricas extraídos da plataforma online HidroWeb, analisados por meio do *software* Hidro 1.4 (SGH/ANA/2018), pertencente à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Ao se fazer o

download dos dados, estes encontravam-se no formato de texto (*csv*) e vetor (*mdb*) para o Hidro 1.4. Em seguida, os dados foram convertidos para o formato de tabela (*xlsx*), resultando em séries históricas de precipitação mensal e anual de 30 anos, abrangendo o intervalo de 1991 a 2020.

Ao analisar os dados mensais das precipitações, observou-se que havia uma quantidade significativa de lacunas produzidas pelas estações que recobrem a área de estudo. Para corrigir essas falhas, foram aplicadas técnicas geoestatísticas de preenchimento. Os *softwares* Excel 2021 e Plataforma de Linguagem R foram utilizados para organizar os dados, criar gráficos e tabelas, empregando planilhas individuais para identificar e destacar as lacunas presentes nos dados coletados. Dessa forma, foi possível estimar valores de precipitação ausentes e obter um total de 8.280 registros de chuvas, resultantes da série temporal de 30 anos para 23 estações meteorológicas.

A Tabela 1 apresenta os dados mensais de precipitação da área de estudo e áreas circunvizinhas da região RPSMT, os quais determinam a média das 23 estações que compõem o estudo. Como mencionado, esses dados foram coletados a partir de fontes da ANA, abrangendo o período de janeiro a dezembro, representando, assim, a média mensal das precipitações do período de 30 anos.

Para uma melhor visualização da localização das estações, foi elaborado um mapa de altimetria, usando os dados de um Modelo Digital de Elevação (MDE) da região, obtidos por meio do portal Earthdata/NASA. O MDE foi processado através de um sistema de informações geográficas (SIG) para representar as altitudes no espaço geográfico. Para esse processamento, foram utilizadas imagens do Programa SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), com resolução espacial de 30 metros. No *software* QGIS, versão 3.22, determinou-se as altimetrias e as cores indicativas da topografia de cada unidade, considerando 11 classes temáticas. Para a espacialização das estações pluviométricas, adotou-se o *datum* SIRGAS 2000. Isto possibilitou o cruzamento das informações hipsométricas com as estações pluviométricas da área de estudo e visualização das estações circunvizinhas. De acordo com Araújo et al. (2020), a região em questão possui um clima tropical com um inverno seco, com variação altimétrica de 80 a 1100 metros, a qual abrange áreas de vegetação composta pelos biomas Amazônia, Pantanal e Cerrado. A fisionomia savânica (Cerrado típico) domina a paisagem, em contato com a Floresta Estacional ao nordeste da região (fronteira com a Amazônia).

A região de Planejamento Sudoeste Mato-grossense teve a sua paisagem alterada no decorrer dos tempos, na medida em que o espaço foi ocupado por atividades agropecuárias, expandidas neste período com o pretexto de progresso econômico da região, porém com intenso dano ambiental. No caso da área de estudo, destacam-se

as atividades de pecuária e agricultura, além da pressão advinda do crescimento populacional e avanço da infraestrutura urbana. A Figura 1 traz a média mensal de chuvas localizadas nas 23 estações meteorológicas e na sequência o mapa de hipsometria da área de estudo.

Tabela 1 – Precipitação mensal na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso, entre 1991 e 2020.

Nome da Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Cáceres (DNPVN)	224,43	196,12	178,03	72,60	38,84	12,36	11,70	10,32	38,27	87,01	140,32	199,08
Cáceres	206,73	203,97	173,52	94,43	40,11	13,52	11,02	13,53	44,16	90,86	143,00	187,09
Flechas	199,91	200,04	186,59	83,52	60,10	22,84	11,86	6,26	40,49	115,41	154,56	183,43
Destacamento da Corixa	197,18	184,61	151,38	78,22	43,00	21,18	6,15	15,27	37,16	81,60	115,94	152,05
São José do Sepotuba	259,73	243,23	232,01	93,79	47,35	18,37	10,57	15,43	56,36	124,89	180,54	217,79
Colônia Rio Branco	200,19	235,39	196,58	114,44	49,38	21,13	7,26	23,98	61,48	100,49	195,81	190,53
Ponte Cabaçal MT-125	212,68	245,14	186,10	96,10	49,58	13,13	9,34	24,30	51,96	91,74	150,40	196,70
Porto Esperidião	191,14	199,59	160,09	71,07	37,94	14,37	9,72	17,39	39,81	92,90	132,15	158,04
Alto Jauru	200,81	234,95	194,95	117,19	65,29	16,83	12,12	18,05	43,30	116,93	187,03	193,30
Pontes e Lacerda	231,14	225,48	195,17	127,55	46,66	17,75	8,26	19,34	40,37	82,40	150,04	177,57
Mato Grosso	252,36	256,69	174,61	96,14	53,52	22,49	14,15	10,94	40,00	101,61	147,37	203,62
Fazenda Arreião	190,91	202,19	156,71	104,95	46,80	13,80	10,34	13,96	29,28	92,25	135,47	177,02
Nova Lacerda	254,47	257,00	201,72	129,27	59,04	8,51	9,67	6,76	44,60	110,94	137,50	194,94
Porto Azeite	278,11	273,28	229,72	165,08	57,65	12,04	17,97	13,34	34,48	98,99	188,78	209,06
Padronal	371,97	337,76	331,56	176,23	66,41	19,02	5,59	15,62	75,90	172,73	273,38	327,76
Vila Alegre	280,91	312,86	328,60	186,63	72,22	18,05	6,60	20,42	65,49	162,25	240,30	251,97
Fazenda Tucunaré	374,38	385,81	340,09	196,36	95,67	18,72	6,40	23,38	78,97	155,67	223,40	298,31
Speráfico	382,72	375,83	295,75	142,65	55,56	6,74	14,23	21,16	60,24	131,73	194,39	281,69
Bacaval	308,69	301,65	278,07	146,74	40,04	10,78	7,02	20,00	53,20	129,53	215,17	257,12
Brasfor	265,56	237,75	290,00	151,72	48,04	9,46	5,10	20,83	51,72	140,94	198,15	224,28
Tangará da Serra	273,10	277,01	240,85	131,06	52,99	11,51	11,06	18,74	50,04	136,03	190,26	270,61
Barra do Bugres	252,06	280,19	189,71	98,12	46,32	12,12	6,12	19,33	46,54	104,73	172,27	242,40
Barranquinho	235,91	232,94	177,79	69,55	39,50	20,86	8,62	10,78	40,41	91,59	144,23	206,92
Média	254,13	256,50	221,29	119,28	52,70	15,46	9,60	16,48	48,88	113,62	174,37	217,45

Fonte: Org. Araújo (2023).

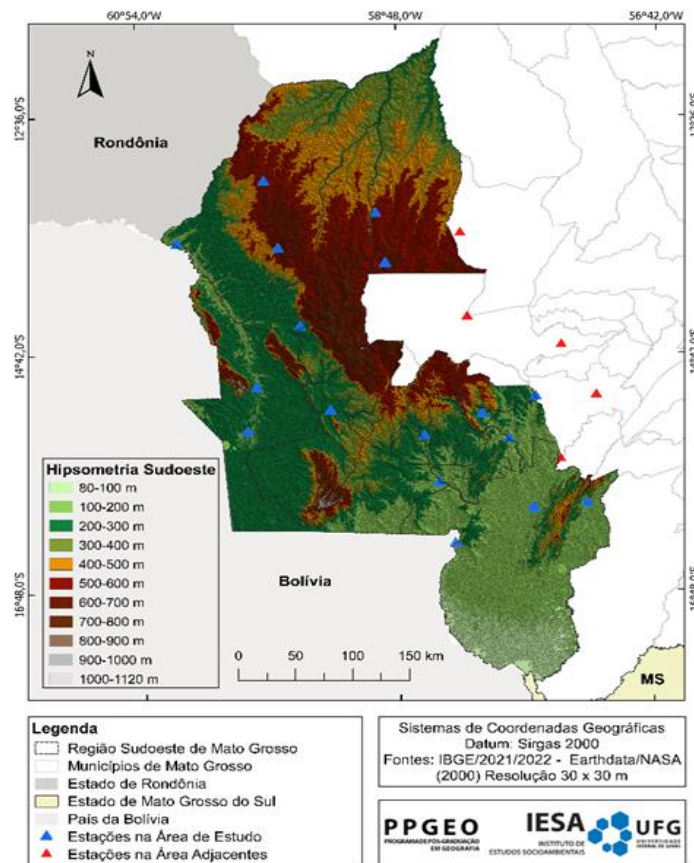


Figura 1 – Área de estudo e estações meteorológicas utilizadas na pesquisa, com representação do relevo por meio de mapa hipsométrico.

Com efeito, trabalhar com uma série temporal completa e a espacialidade dos dados no território brasileiro é extremamente desafiador. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) é o principal órgão responsável por esse serviço e possui uma rede de pluviômetros com uma densidade espacial de 0,07 estações de medição de precipitação por 100 km². O Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) também fornece dados, porém, esses apresentam menor consistência do que os dados da ANA, além de evidenciarem uma menor densidade de estações por 100 km², com ocorrência frequente de lacunas. É importante lembrar que o número de estações recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) é de 6,3 estações por 100 km² (Duarte e Sentelhas, 2020). Em Mato Grosso, “a distribuição das estações meteorológicas não representa de forma homogênea a extensão do estado, por diversos motivos. Um dos principais é a dificuldade de acesso geográfico” (Pedreira-Júnior et al., 2021, p. 3).

Deste modo, para atenuar tal problemática, é preciso utilizar outras fontes de informações, demandando, em contrapartida, calibração e validação significativas, a fim de processar, resumir e comparar esses dados com informações provenientes de estações hidrometeorológicas oficiais. Um exemplo disso é o estudo realizado por Sabino et al. (2020), no qual foram calibradas e avaliadas as equações de intensidade-duração-frequência em 14 estações pluviográficas, localizadas no estado de Mato Grosso.

Os cálculos estimativos utilizados dependem dos dados coletados pelas estações próximas à estação-teste. Nesse contexto, vale ressaltar que as estações A, B e C foram selecionadas como exemplos de estações-teste dentro da rede de estações meteorológicas convencionais da ANA (Figura 2). Segundo Ely et al. (2021, p. 127), na “aplicação dos referidos métodos foram utilizados cálculos da distância entre as estações, atribuindo-se um peso para a influência deste fator”. Isso evidencia que tais referências podem ser aplicadas a técnicas de ponderação regional, regressão simples ou regressão múltipla.

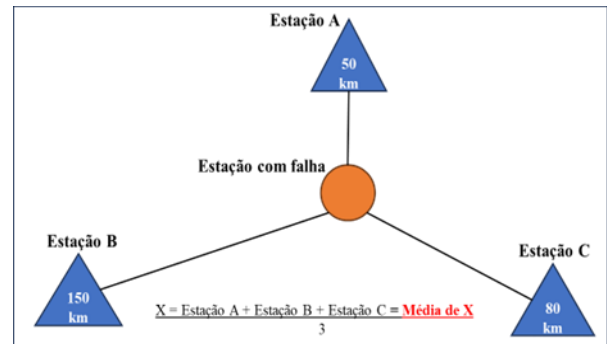


Figura 2 – Procedimento normalmente usados para o preenchimento de falhas de dados pluviiais.

Nesse caso, foi empregada a técnica de transporte de dados das leituras das estações analisadas para estabelecer as pendências necessárias para o preenchimento. Isso envolveu a seleção de estações com um maior número de anos/meses completos, com base na análise dos dados disponibilizados no portal da HidroWeb e em conjunto com o *software* Hidro 1.4. Assim, para o cálculo das distâncias entre os registros pluviométricos, foi utilizada a estação de referência de Pontes e Lacerda. A Tabela 2 apresenta o nome do município, o nome da estação, o código, as coordenadas geográficas e a altimetria de cada estação utilizada, bem como a distância em relação à estação pluviométrica de Pontes e Lacerda, que serviu como referência para as demais estações na área analisada.

Por meio da ferramenta Hidro 1.4, foi possível identificar falhas em todas as estações, tanto em dados brutos quanto em dados consistidos pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Além disso, este *software* identifica os meses em que não houve registros de dias completos. Dessa maneira, os dados consistidos passaram por ajustes, a partir das estimativas fornecidas pela própria agência responsável. Em algumas estações, as correções foram realizadas até o ano de 2005, enquanto em outras, estas estenderam-se até 2006. Enfim, neste estudo foram empregados dados consistidos para preencher as lacunas com duração inferior a 30 dias (Ruezzene et al. 2021).

Tabela 2 – Localização, código, altimetria e distância das estações pluviométricas utilizadas no estudo, em relação à estação-referência de Pontes e Lacerda.

Nome do Município	Estação Pluviométrica	Código ANA	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Distância (km)
Cáceres	Cáceres (DNPVN)*	01657003	-16,0817	-57,6942	108	201,73
	Cáceres	83405	-16,0747	-57,6930	108	201,20
	Flechas	01657004	-16,0392	-57,2575	154	241,84
	Destacamento da Corixa	01658000	-16,3944	-58,3389	168	164,84
Salto do Céu	São José do Sepotuba	01557005	-15,0925	-57,6803	106	180,06
Rio Branco	Colônia Rio Branco	01558000	-15,2453	-58,1133	124	132,91
Mirassol d'Oeste	Ponte Cabaçal	01558001	-15,4692	-57,8942	188	158,68
Porto Esperidião	Porto Esperidião	01558005	-15,8533	-58,4658	166	117,68
Indiavaí	Alto Jauru	01558004	-15,2624	-58,3516	235	85,29
Pontes e Lacerda	Pontes e Lacerda	01559000	-15,2242	-59,3503	236	Base
Vila Bela SS ^a .	Mato Grosso	01559006	-15,0081	-59,9492	209	68,67
Trindade	Fazenda Areião	01560000	-15,4003	-60,0317	151	75,72
Nova Lacerda	Nova Lacerda	01459003	-14,4694	-59,5939	650	87,53
Comodoro	Porto Azeite	01360003	-13,7306	-60,5883	192	212,41
	Padronal	01359000	-13,1831	-59,8769	600	232,87
	Vila Alegre	01359001	-13,7781	-59,7675	548	166,20
Sapezal	Fazenda Tucunaré	01358002	-13,2800	-58,5830	547	198,62
	Speráfico	01358005	-13,5436	-58,5353	661	153,35
Dados Pluviométricos (ANA) - Estações adjacentes à área de estudo						
Campo N. do Parecis	Bacaval	01358001	-13,6414	-58,2892	547	209,18
Tangará da Serra	Brasfor	01458002	-14,3842	-58,2344	605	151,88
Barra do Bugres	Tangará da Serra	01457001	-14,6322	-57,4686	380	212,77
	Barra do Bugres	01557001	-15,0767	-57,1825	156	233,55
Porto Estrela	Barranquinho	01557003	-15,6422	-57,2830	187	206,52

*Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis (DNPVN). Fonte: Org. Araújo (2021).

No entanto, para as séries de dados posteriores a 2006, utilizou-se os dados brutos. Além disso, nos meses em que ocorreram falhas com duração superior a 30 dias, foram adotadas técnicas estatísticas, como o método do vizinho mais próximo. Na climatologia, é possível preencher lacunas dos dados utilizando valores das séries temporais de estações vizinhas que apresentam semelhança. Essa abordagem envolve associar os valores das séries temporais da estação alvo com os valores das estações vizinhas, conforme mencionado por Aieb et al. (2019). A fim de garantir a qualidade dos dados, foram feitas análises detalhadas e removidas informações inconsistentes, com valores de precipitação exagerados, fora da realidade da região. Tais medidas foram implementadas para garantir a confiabilidade dos resultados e preservar a integridade das informações usadas na pesquisa.

Métodos Estatísticos

Para a análise e o preenchimento dos dados falhos, foram adotados três métodos estatísticos: Ponderação Regional (PR), Regressão Múltipla (RM) e Regressão Simples (RS), além da validação através do método de Dupla Massa (DM) que, segundo Bier e Ferraz (2017, p. 215), “[...] são

baseados em fórmulas estatísticas ou em algoritmos elaborados com o intuito de gerar estimativas para os dados faltantes”. O preenchimento das falhas depende da finalidade do estudo. Convém ressaltar que o preenchimento realizado não se trata de um novo dado, mas, sim, de uma estimativa dos dados faltantes. Ao preencher dados falhos em série histórica, Vieira et al. (2018) enfatizam a importância de não se alterar as características principais, como variabilidade, movimentos sazonais e correlações com dados de outras séries, ao qual se deseja associá-las na inserção das estimativas. Dessa forma, quando se complementa uma falha por meio de estimativas, o resultado pode trazer incertezas. Porém, na avaliação utilizando dados estatisticamente tratados, no caso de falhas, amplia-se a certeza da análise. Ainda de acordo com Ely et al. (2021, p. 123), para os métodos de “Ponderação Regional e de Regressão Linear exigem-se estações próximas que disponham de dados para o estabelecimento da correlação com aqueles que se deseja preencher”. Nesse contexto, o método inicialmente empregado foi o de Ponderação Regional (PR) para o preenchimento dos valores ausentes. Foram selecionadas três estações que possuíam, no mínimo, dez anos de dados contínuos e estavam

localizadas a uma distância máxima de 130 km uma da outra.

Para Tucci (2020), os postos escolhidos não só devem estar próximos para estimar a precipitação, mas também em região climatológica e geomorfológica semelhantes às da estação a ser preenchida (i.e., da série a ser reparada). Deve ainda levar em consideração os registros pluviométricos de três estações adjacentes, de preferência localizadas próximas à área de estudo. Para o preenchimento da precipitação ausente é realizado o método da Ponderação Regional (PR), sendo o procedimento usual no preenchimento de dados ausentes em série de precipitação mensal e anual. Neste trabalho, adotou-se a Equação 1, representada a seguir:

$$Px = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{Px}{Pa} Pa + \frac{Px}{Pb} Pb + \frac{Px}{Pc} Pc \right) \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

Px = precipitação ausente que necessita ser preenchida;

Pa, Pb, Pc = precipitação dos pontos adjacentes.

Ainda segundo Ely et al. (2021), o método de Ponderação Regional estabelece Regressões Lineares entre dados de três postos mais próximos, daquele que necessita do preenchimento dos valores ausentes, incorporando a informação da distância. O segundo método utilizado foi a Regressão Múltipla (RM), considerado por alguns pesquisadores (Mello, Kohls e Oliveira, 2017; Silva e Jardim, 2017; Brubacher, Oliveira e Guasselli, 2020), como sendo o melhor para obter as estimativas, ou seja, com o maior coeficiente de determinação e o menor erro médio absoluto, além de ter apresentado valores mais próximos do real e os menores desvios relativos no preenchimento de falhas. A diferença entre a Regressão Simples e a Múltipla é variável e dependente, correlacionando duas ou mais variáveis independentes, ou seja, a Regressão Múltipla apresenta um modelo matemático que se relaciona com diversas variáveis independentes e uma variável dependente, conforme a Equação 2.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_{1i} + \beta_2 \cdot x_{2i} + \dots + \beta_n \cdot x_{ni} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

Y é a precipitação que se quer estimar;

$x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni}$ são os índices de precipitações das estações vizinhas; e

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ representam os coeficientes da regressão a serem calculados para o preenchimento dos dados com falhas.

Neste sentido, as estações mais próximas geograficamente, com histórico de menor número de falhas e longo período de operação, foram selecionadas (Farias, Francisco e Senna, 2017).

O terceiro método, da Regressão Simples (RS), adotado neste estudo, utiliza estimativas gráficas ou mínimos quadrados para calibrar interativamente os valores dos parâmetros. Conforme mencionado por Tucci (2020), a Regressão Simples foi testada apenas em quatro estações, com destaque para a estação teste 1 (Pontes e Lacerda/Alto Jauru) e a estação teste 2 (Cáceres-DNPVN/Cáceres).

A Regressão Simples é um método estatístico para estabelecer uma relação linear entre duas variáveis, geralmente chamadas de variável independente (X) e variável dependente (Y). A finalidade da regressão linear é encontrar a reta que melhor se ajusta aos dados, permitindo prever ou estimar o valor da variável dependente com base no valor da variável independente. A Regressão Simples é expressa pela Equação 3:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X + \varepsilon \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

Y é a variável dependente, neste caso, a precipitação estimada;

$X_1, X_2, \dots, X_i$ são as variáveis independentes;

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{2i}$ são os coeficientes da regressão dos postos considerados; e

ε indica o erro residual (Brubacher, Oliveira e Guasselli, 2020).

Sequencialmente, foi determinada a reta de regressão linear, responsável por descrever como uma variável resposta dependente (Y) varia em relação a uma variável exploratória independente (X), utilizando o método dos mínimos quadrados (MMQ). De acordo com Ruezzene et al. (2021), a Regressão Múltipla deve usar o MMQ, sendo um dos procedimentos mais adequados, no qual a reta a ser adotada deverá ser aquela que torna mínima a soma dos quadrados dos erros ou resíduos da regressão. Ou seja, o método consiste em selecionar a estação de interesse e as estações mais próximas, e com os totais mensais reunidos avalia-se a consistência dos dados. Assim, os dados da estação de interesse são “plotados” no eixo das ordenadas, enquanto os totais mensais entre as demais estações caem nas abscissas (Correia et al., 2016).

O referido método analisa a consistência dos dados numa dada região, incluindo os dados brutos ou aqueles obtidos após o preenchimento da série, cujo objetivo é verificar a similaridade dos dados de uma estação em relação às observações

feitas em estações próximas (Carvalho e Santos Ruiz, 2016). Para aplicar essa técnica, é necessário coletar dados de precipitação em intervalos mensais ou anuais e representar os valores acumulados de chuva das estações e da média dos postos, usando gráficos cartesianos. Em face disso, em análise realizada das falhas nas estações da ANA, foram empregados apenas os três métodos já descritos: Ponderação Regional (PR), Regressão Simples (RS) e Regressão Múltipla (RM), com o propósito de preencher os dados faltantes nas séries históricas e realizar a comparação da consistência dos resultados entre eles.

Resultados e discussão

Neste estudo, foi dada prioridade à utilização dos dados disponíveis, preenchendo apenas as lacunas existentes. Por exemplo, ao se analisar a precipitação acumulada anual, se dois meses apresentaram dados ausentes, evitou-se agregar os dados de forma bruta, dos 12 meses na análise. Em vez disso, os dois meses sem dados foram preenchidos usando informações coletadas dos outros dez meses, a fim de calcular o total anual acumulado de forma mais precisa. Assim sendo, Bier e Ferraz (2017, p. 216) afirmam que, “as estimativas podem ser avaliadas comparando-as com os dados originalmente registrados”. Agora, quando a estação obteve falhas praticamente o ano todo, faz-se necessário preencher as falhas, valendo-se de estimativas.

Outra questão que diz respeito à frequência de falhas apresentadas pela estação, é a análise do comportamento médio das chuvas anuais de uma estação que funcionou durante 30 anos, mas que tenha apresentado falhas durante apenas um ano; neste exemplo, o preenchimento pode ser considerado. Esse preenchimento fornece uma estimativa satisfatória e, embora incorpore uma incerteza, não compromete a análise dos 30 anos da série histórica. Porém, quando a estação apresenta falhas na metade da série, ou seja, neste caso, 15 anos, a incerteza pode comprometer o preenchimento dos dados. Posto isto, muitas vezes, a hipótese de se utilizar esta estação é descartada, levando-se em conta a dificuldade do preenchimento de falhas e técnicas que auxiliam na resolução do problema. Entretanto, a aplicação destas técnicas é possível através de outros parâmetros meteorológicos, o que sempre exige muita cautela no uso para não comprometer a análise (Bier e Ferraz, 2017). Deste modo, ao analisar e escolher os métodos que melhor atendessem ao preenchimento das falhas dos dados pluviométricos, foram necessários testes das estações meteorológicas, representadas em

planilhas, identificando os meses de dados da série original faltante e, posteriormente, realizando-se estimativas para substituir a série ao longo do período eleito.

Análise de Consistência dos Dados Pluviométricos

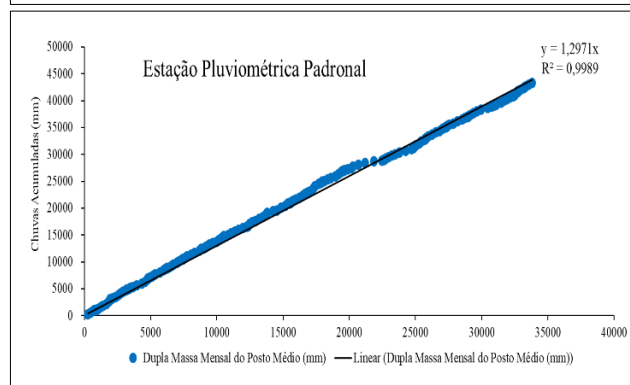
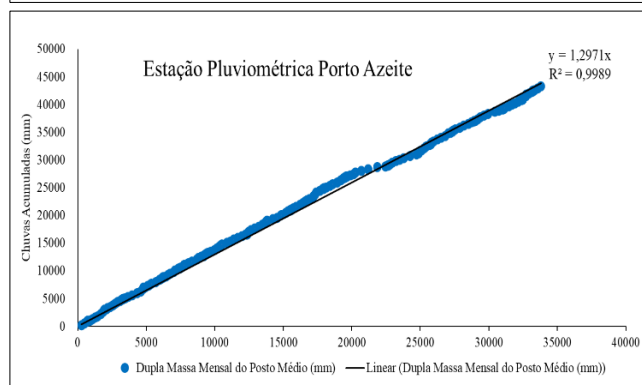
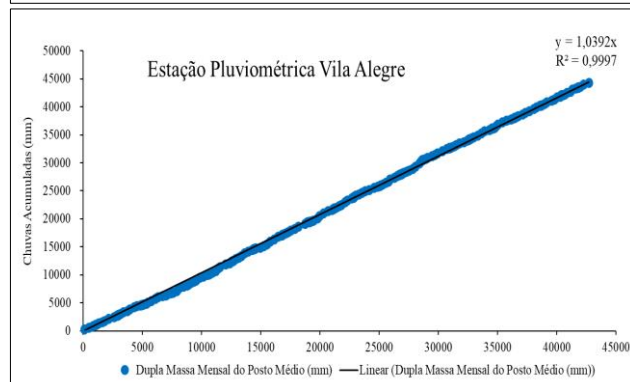
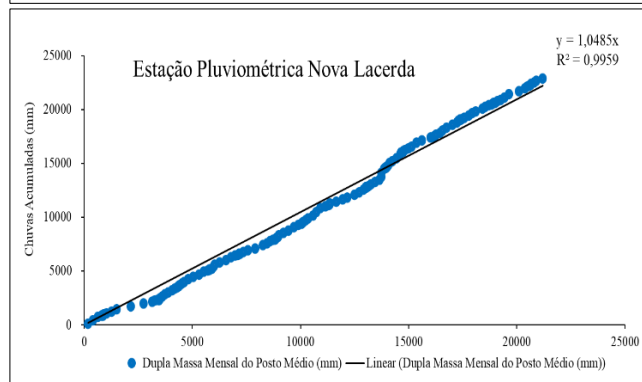
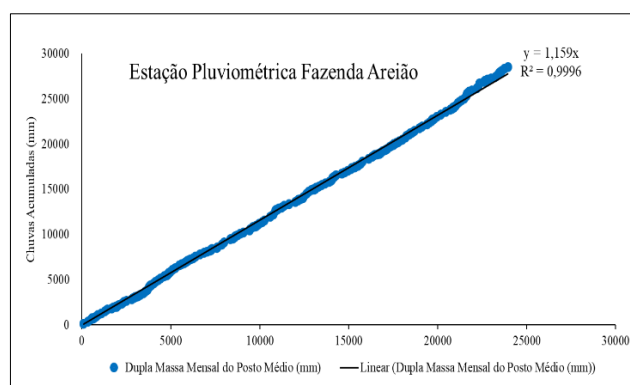
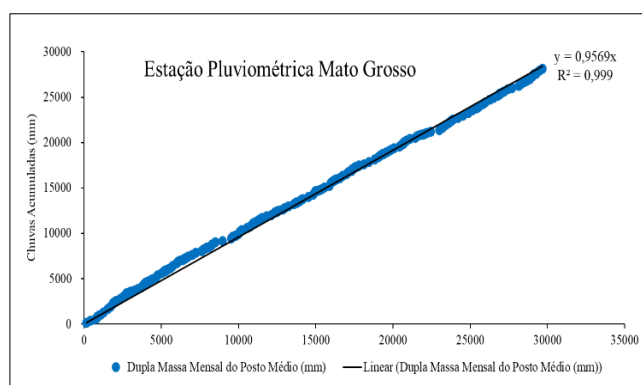
Na Tabela 3 e na Figura 3 estão ilustradas as curvas obtidas com o método da Dupla Massa nas escalas anual e mensal, para a série temporal de 1991 a 2020, das estações meteorológicas do sudoeste de Mato Grosso. Observa-se que os dados se ajustaram com boa precisão ao modelo linear, e o coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,99, sendo considerados homogêneos (Tucci et al., 2020). Isso demonstra que a série de dados pluviométricos usada neste estudo, após preenchimento de falhas, apresenta consistência temporal, indicando a confiabilidade na adoção dos métodos estatísticos para a correção das precipitações. Assim, a curva de Dupla Massa mostrou ser uma técnica fundamental para avaliar a consistência dos dados das estações, por meio de análises comparativas. De acordo com Nannawo et al. (2021), inicialmente, esta técnica havia sido desenvolvida para verificar a consistência dos registros de precipitação ou dados de precipitação.

Ao analisar diferentes métodos de preenchimento de dados pluviométricos em Minas Gerais, Silva e Jardim (2017) observaram valores de R^2 variando de 0,87 a 0,99, quando aplicaram o método da Dupla Massa em séries mensal e anual. Por sua vez, Mello et al. (2017) e Campos e Chaves (2020) analisaram em diferentes estações meteorológicas de Santa Catarina e no Cerrado Brasileiro, valores de coeficiente de determinação iguais a 0,99. Os resultados obtidos neste estudo e comparados com outros valores de R^2 , observados na literatura, demonstram que a série temporal de dados de precipitação, estimada por diferentes métodos, apresenta boa precisão quando verificada pelo método da Dupla Massa. Portanto, este mostra-se como alternativa confiável de consistência de dados de precipitação após o preenchimento de falhas.

Tabela 3 – Extensão das estações Pluviométricas Sudoeste - MT e coeficiente de ajuste linear da curva da Dupla Massa de cada estação (P - Pantanal; A - Amazônia; C - Cerrado).

ID	Nome do Posto	Código estação	Extensão de análise (anos)	R ²
P1	Cáceres (DNPVN)	01657003	30	0,999
P2	Flechas	01657004	30	0,999
P3	Destacamento da Corixa	01658000	30	0,997
A4	São José do Sepotuba	01557005	30	0,999
A5	Colônia Rio Branco	01558000	30	0,999
A6	Ponte Cabaçal MT-125	01558001	30	0,999
A7	Porto Esperidião	01558005	30	0,999
A8	Alto Jauru	01558004	30	0,999
A9	Pontes e Lacerda	01559000	30	0,999
C10	Brasfor	01458002	30	0,997
A11	Tangará da Serra	01457001	30	0,999
A12	Barra do Bugres	01557001	30	0,999
C13	Barranquinho	01557003	30	0,999

Fonte: Org. Araújo (2023).



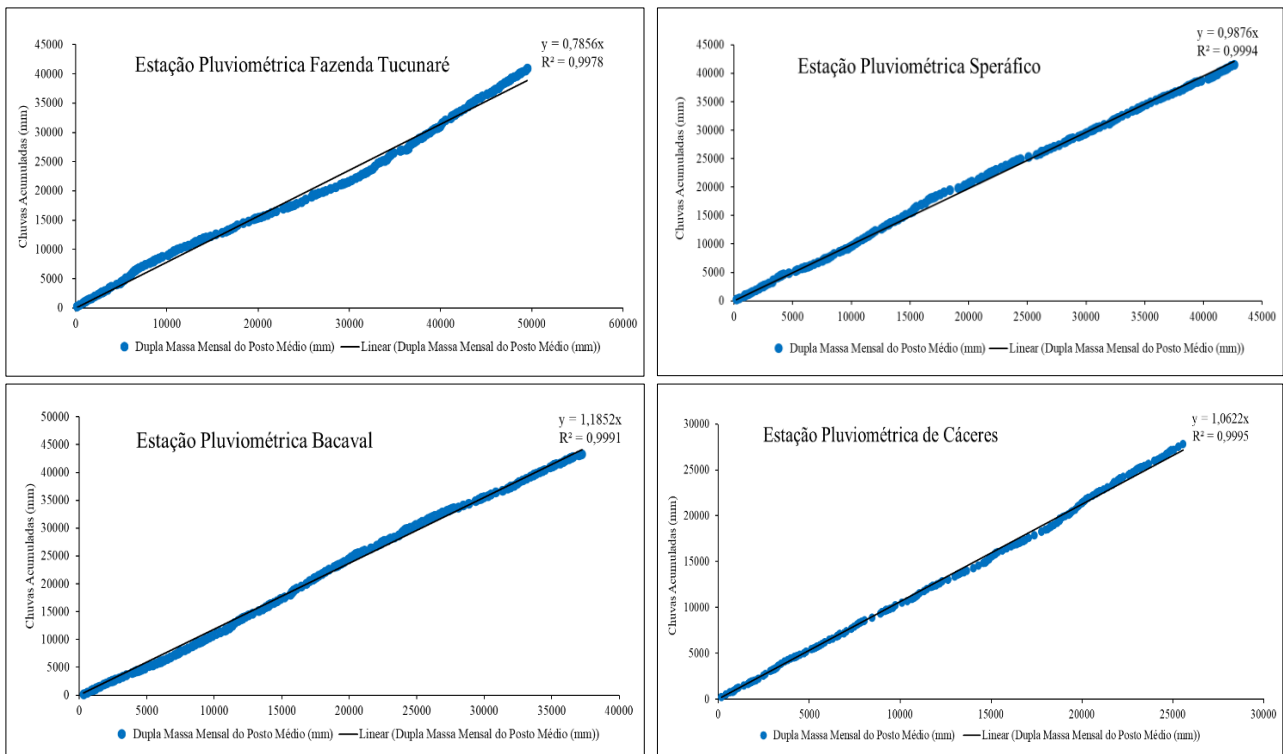


Figura 3 – Curvas geradas pelo método da Dupla Massa para as chuvas acumuladas mensais nas estações meteorológicas do Sudoeste de Mato Grosso, no período de 1991 a 2020.

No preenchimento com o método da Dupla Massa na escala anual, as curvas de dispersão com valores acumulados de chuva e dos R^2 do total mensal apresentaram comportamento bastante linear, ou seja, com a proximidade de 1 ponto. Isso demonstra não só a similaridade temporal dos dados de pluviosidade nas estações, bem como a inexistência de inconsistências entre os valores acumulados da estação base, com a média das três estações testes (Figura 3).

Na avaliação da homogeneidade regional das estações pluviométricas, usou-se também o método da Dupla Massa por meio do qual foi possível preencher as lacunas nos dados mensais e/ou anuais, considerando que as 23 estações faziam parte de uma região homogênea em relação ao índice pluviométrico.

Análise do Método de Regressão Simples

Com as falhas identificadas nos dados pluviométricos, indicando a necessidade de um método de preenchimento de falhas, foi testada a Regressão Simples, com forma funcional por meio da Equação 4: $y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + e_i$ (Hoffmann, 2016). As estimativas foram realizadas com as estações-teste, a saber: Pontes e Lacerda, Alto Jauru, Cáceres e Cáceres (DNPVN), respectivamente, consideradas estações de apoio. Através do *software* de programação R, ajustou-se o modelo

de interpretação de parâmetros, no qual o parâmetro β_0 representa a média da variável resposta, quando a variável explicativa é 0; enquanto o parâmetro β_1 indica a taxa de variação da média da variável resposta, quando a variável explicativa é acrescida de uma unidade.

O R^2 obtido, por sua vez, indica a qualidade desse ajuste, representando o percentual de variabilidade da variável resposta explicada pela variável explicativa. O *p-valor* é usado para testar a hipótese de existência de regressão. Ademais, um nível de significância de 5% foi adotado com a linguagem R. Algumas suposições foram feitas para a utilização do modelo, como a linearidade nos parâmetros da função de regressão com os valores fixos da Equação 5: $E[e_i|x_i] = 0$; $Cov(e_i, e_j) = \sigma^2 I(i = j)$, $\forall i, j = 1, \dots, n$; e a suposição de normalidade de e_i para inferências de segunda ordem. Na Tabela 4, observa-se o resultado desse teste para a estação de Pontes e Lacerda.

Tabela 4 – Valores estimados dos parâmetros de R^2 e *p-valor*.

$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	R^2	<i>p-valor</i>
30	0,18	0,1605	0,06463

Fonte: Araújo (2023).

Nesta seara, a interpretação dos parâmetros da estação Pontes e Lacerda, em que β_0 é a média da precipitação em Pontes e Lacerda (mm), quando

não há precipitação em Alto Jauru, no caso, 30 mm. Por seu turno, β_1 é a taxa de variação da precipitação média em Pontes e Lacerda, quando a precipitação em Alto Jauru aumenta em 1 mm, ou seja, neste caso, 0,18 mm. Enquanto o R^2 teve aproximadamente 16% da variabilidade da precipitação para a estação de Pontes e Lacerda,

que pode ser explicada pela precipitação em Alto Jauru. Quando p -valor obtém $0,0646 > 0,05$, rejeita-se a um nível de 5% a hipótese de que haja regressão. Contudo, vale salientar que o p -valor foi próximo de 5% e pode indicar que a hipótese de que exista regressão ainda seja plausível (Figura 4).

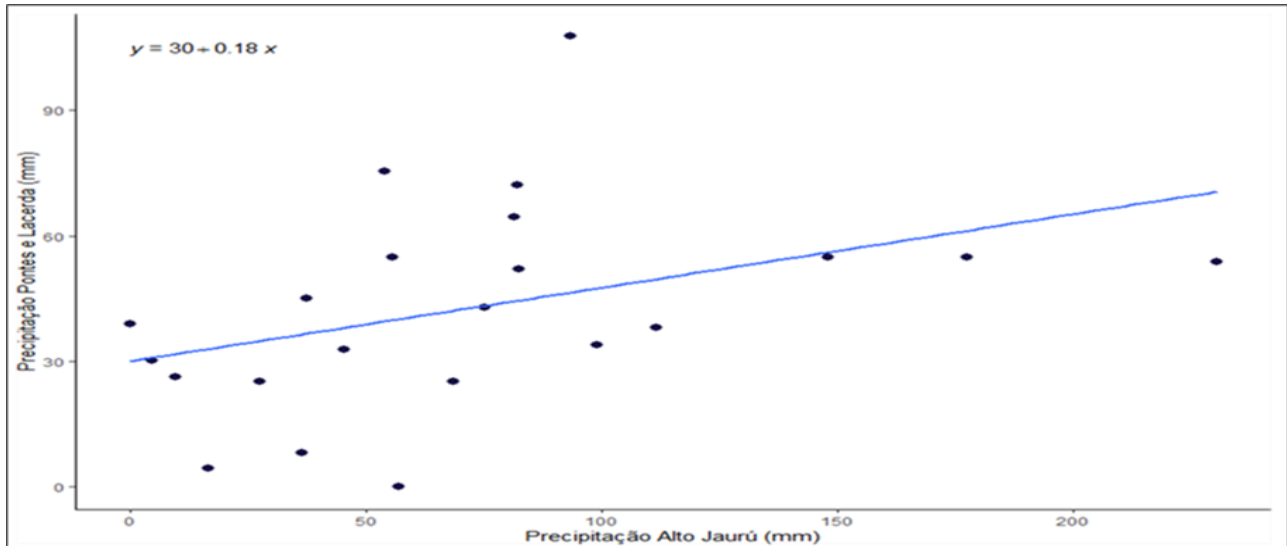


Figura 4 – Dispersão com a reta ajustada para a precipitação em Pontes e Lacerda vs. Alto Jauru (mm).

A estação de Cáceres (DNPVN), com apoio de outra estação de Cáceres, foi submetida também ao teste de Regressão Simples, cujos resultados foram um pouco melhores em comparação com os obtidos na estação anterior, em relação aos valores estimados (Tabela 5).

Tabela 5 – Valores estimados dos parâmetros de R^2 e p -valor.

$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	R^2	p -valor
11	0,96	0,7397	$5,78 \times 10^{-7}$

Fonte: Araújo (2023).

Dessa forma, a interpretação dos parâmetros para Cáceres corresponde a β_0 , i.e., a média da precipitação em Cáceres (mm), quando não há precipitação em Cáceres DNPVN; neste caso, 11 mm. Ou seja, β_1 é a taxa de variação da precipitação média em Cáceres, quando a precipitação em Cáceres DNPVN aumenta em 1 mm. Neste caso, 0,96 vezes R^2 indica que aproximadamente 74% da variabilidade da precipitação em Cáceres pode ser explicada pela precipitação em Cáceres DNPVN. O p -valor de $5,78 \times 10^{-7} < 0,05$, ou seja, a um nível de 5%, não se rejeita a hipótese de que haja regressão (Figura 5).

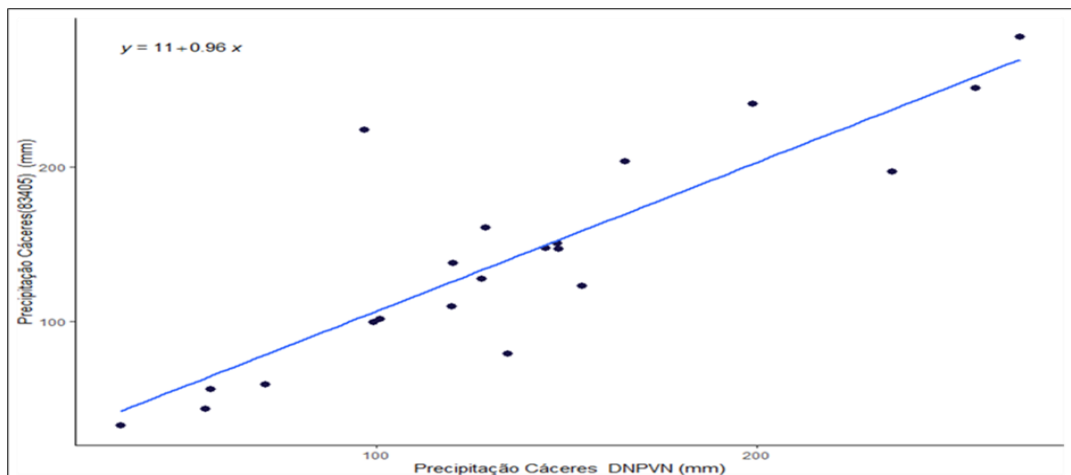


Figura 5 – Dispersão com a reta ajustada para a precipitação em Cáceres x Cáceres DNPVN (mm).

Análise dos Métodos Utilizados no Preenchimento de Falhas

A validação deste estudo foi conduzida por meio de um processo rigoroso de consistência, aplicando a técnica de Dupla Massa ao método de Ponderação Regional nos dados de precipitação. Para verificar a relação entre os dados estimados e medidos, foram empregados testes estatísticos, incluindo o coeficiente de determinação (R^2) (Ruezzen et al., 2021).

Para obter os resultados desejados, foram utilizadas três estações de teste: a Estação de

Pontes e Lacerda (para identificar falhas) e as estações de Mato Grosso, Fazenda Areião e Alto Jauru, cada uma com um histórico mínimo de 15 anos de dados para a aplicação do método de Ponderação Regional. O desvio médio observado para o método RM variou de -87,23% a 176,49%, enquanto, para o método PR, a variação foi de -64% a 119,4% (Figura 6). Os valores extremos de desvio médio para os dois métodos foram menores que os observados por Silva e Jardim (2017), que encontraram até 369,2% para a PR e 240% para a RM.

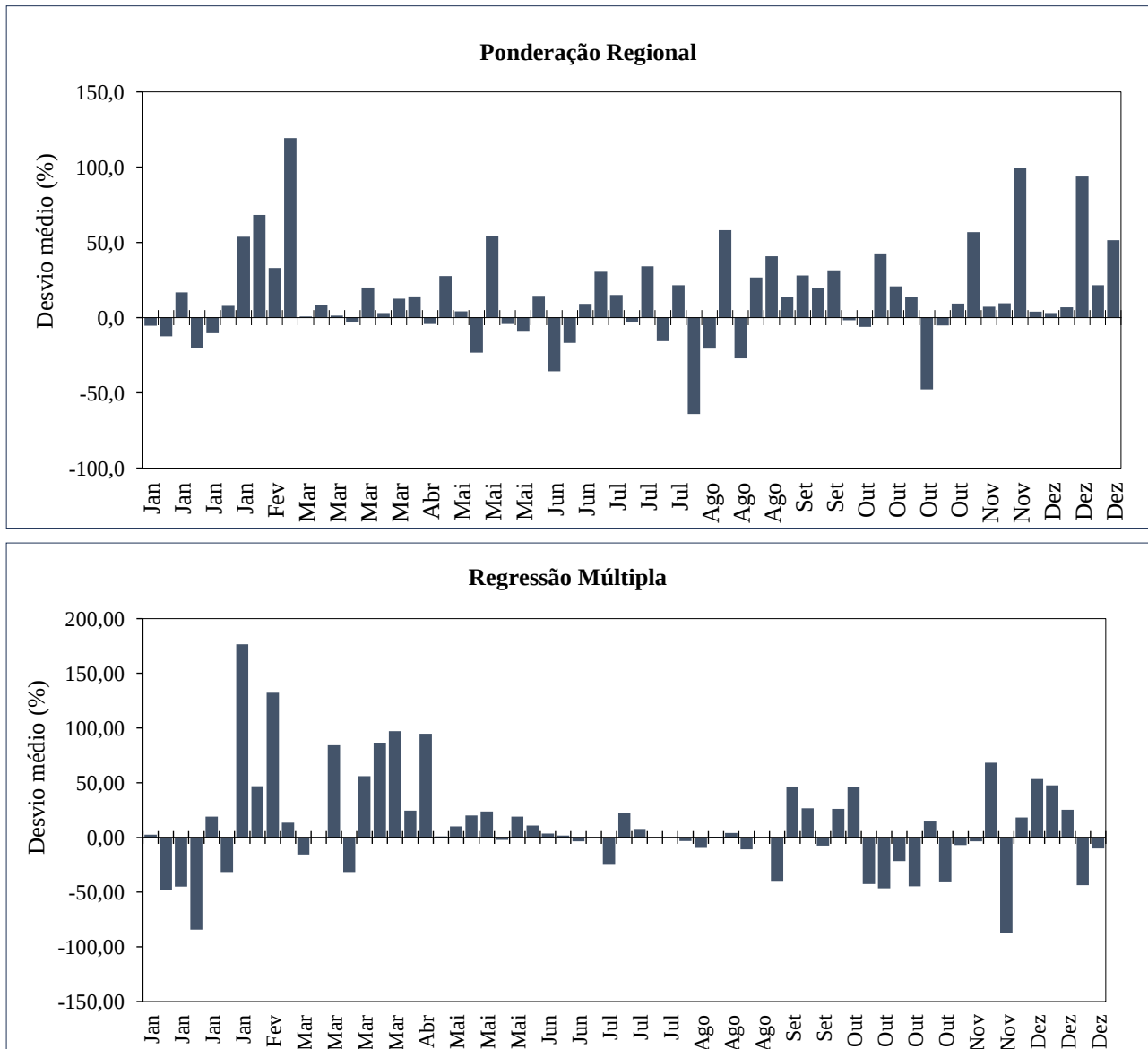


Figura 6 – Desvio médio entre dados de precipitação observados e estimados pelos métodos de Regressão Múltipla (RM) e Ponderação Regional (PR) na região sudoeste de Mato Grosso, entre 1991 e 2020.

A análise do desvio médio demonstrou que os menores erros na estimativa foram obtidos nos meses mais secos do ano (maio a agosto), em ambos os métodos. Isso está relacionado à maior

variedade da distribuição pluviométrica no período chuvoso, o que gerou diferenças significativas entre as estações com falhas e as estações adjacentes, utilizadas como referências. Ou seja, no

período seco, a maior ocorrência de meses sem chuva diminui o erro nas estimativas, devido às estações com falhas e as de referências apresentarem valores iguais (0 mm). Resultado semelhante foi verificado por Dias e Soares (2021), ao analisarem os métodos de Ponderação Regional e Regressões Simples e Múltipla para o município de Catanduva, São Paulo. Os autores encontraram, para ambos os métodos, melhores estimativas no mês de junho (menos chuvoso) em comparação com os outros meses do ano. No estudo de Sanches, Vecchia e Souza (2020, p. 193), “os maiores acumulados de precipitação pluvial foram identificados nos meses de outubro a dezembro, e de janeiro a março”, que apontam para o dinamismo climático regional. Devido ao fato de terem usado uma série histórica de 30 anos, igual à adotada neste trabalho, os resultados obtidos pelos referidos autores apresentaram um aumento na variabilidade espacial dos dados de chuva entre as estações, as quais, muitas vezes, não se encontram próximas umas das outras.

Apesar da maior ocorrência de valores próximos a zero no desvio médio gerado, pelo método RM, entre os meses de maio a agosto, os maiores valores foram superiores em 78% nos demais meses, quando comparado ao método PR. Assim, a técnica de Ponderação Regional resultou em estimativas mais próximas para o valor máximo e o desvio padrão (Ely et al., 2021). Esse percentual demonstra que o método de Regressão Múltipla (RM), embora mais criterioso estatisticamente que o método PR, obteve mais erros na estimativa.

Neste sentido, Dias e Soares (2021) observaram que, apesar do melhor desempenho do método RM, a diferença foi mínima em relação ao método PR. No estudo de Bier e Ferraz (2017), que comparou o desempenho de diferentes métodos no preenchimento de dados pluviométricos, não foi observada uma grande diferença estatística entre os métodos. Contudo, o método PR apresentou maiores índices em relação à RM, bem como em relação à Interpolação do Inverso da Distância, ao método da Razão Normal, ao método Tradicional do Reino Unido e ao da Média Aritmética. As peculiaridades de cada região estão relacionadas aos resultados obtidos. Além disso, o método RM é adequado para o preenchimento de falhas, como evidenciado na pesquisa de Sanches, Vecchia e Souza (2020).

No entanto, durante o teste do método de Regressão Simples (RS), não foi encontrada uma

correlação significativa. Por outro lado, ao utilizar o método RM, observou-se uma correlação estatística um pouco mais relevante entre a precipitação na estação com falhas e a precipitação em uma ou várias estações vizinhas, que possuíam dados disponíveis, em comparação com o método RS. Portanto, esses dois métodos estatísticos não se mostraram tão eficazes para estabelecerem uma correlação e preencherem os meses ou anos faltantes de forma satisfatória. Assim, segundo Ely et al. (2021), a Regressão Linear é reconhecida como um método simples para estabelecer a correlação entre os dados observados das estações vizinhas e daquela com falhas. Esse método é recomendado quando há entre 5% e 10% de dados faltantes. Entretanto, cabe ressaltar que esses resultados são bastante variáveis. Em outros estudos encontrados na literatura, constatou-se que a Regressão Múltipla (RM) apresentou um desempenho superior em comparação com a Ponderação Regional (PR), como evidenciado por Silva e Jardim (2017), Junqueira et al. (2018) e Mello et al. (2017).

Pode-se dizer, então, que ainda que haja uma deficiência de dados e de estações pluviométricas no Brasil, e em especial na área de estudo, é válida a máxima utilização dos dados disponíveis, empregando-se uma variedade de métodos estatísticos, para preencher lacunas em séries temporais. Essa abordagem se torna crucial para estimar de forma precisa e confiável os valores ausentes, permitindo uma análise abrangente e precisa das condições climáticas em diferentes áreas do país.

Considerações Finais

Ao lidar com as falhas nas séries de dados de chuvas, e especificamente das estações meteorológicas analisadas neste estudo, juntamente com a escassez de estações e das inúmeras variáveis atmosféricas num país como o Brasil, de vasta dimensão territorial, é compreensível os desafios ao tratar do regime e da variabilidade das chuvas. Essas dificuldades são inerentes ao contexto e exigem uma abordagem cuidadosa, com metodologias robustas para mitigar os obstáculos. Portanto, com base nas análises dos três métodos considerados neste artigo e da validação através da Dupla Massa, foi constatado que a Ponderação Regional (PR) e a Regressão Múltipla (RM) apresentaram os melhores

resultados. Essas abordagens se mostraram mais adequadas para preencher lacunas em dados de precipitação na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso. Seus resultados reforçam a eficácia dessas técnicas para superar as limitações de dados incompletos e fornecer estimativas confiáveis das condições pluviométricas nesta região específica do país.

Nesse cenário, constatou-se que ambos os métodos produziram resultados positivos, com uma melhor concordância entre os dados observados e estimados, especialmente durante os meses mais secos do ano. A Regressão Múltipla (RM) apresentou os menores erros nesse período. No entanto, durante os meses mais chuvosos, a RM exibiu desvios médios maiores em comparação à Ponderação Regional (PR), resultando num aumento de até 78%. Adicionalmente, os testes realizados com a Regressão Simples (RS) não apresentaram resultados satisfatórios, exceto num caso específico em que foi obtido um coeficiente de determinação (R^2) de 0,73, devido à proximidade da estação-teste. Essas disparidades entre os métodos durante os períodos de maior pluviosidade salientam a relevância de uma cuidadosa avaliação na escolha do método de preenchimento de falhas, levando em consideração as condições específicas de cada período, a fim de obter resultados mais precisos e confiáveis.

Finalmente, após a análise de consistência da série temporal com a curva de Dupla Massa, conclui-se que a Ponderação Regional (PR) é mais eficaz do que a Regressão Múltipla (RM) para estimar dados ausentes nas séries pluviométricas das estações meteorológicas da região. Isso ressalta a eficiência do método PR no preenchimento de falhas e na obtenção de estimativas mais precisas das condições de chuva. Esses resultados permitem a reconstrução de séries históricas, sendo valiosas para a caracterização do clima na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso (RPSMT) e para previsões climáticas futuras. Portanto, os avanços obtidos neste artigo contribuem significativamente para o progresso de pesquisas no campo da meteorologia brasileira.

Referências

- Abreu, M.C., Souza, A., Lyra, G.B., Pobocikova, I., Cecílio, R. A. 2021. Analysis of monthly and annual rainfall variability using linear models in the state of Mato Grosso do Sul, Midwest of Brazil. *International Journal of Climatology*, 41, E2445-E2461. <https://doi.org/10.1002/joc.6857>
- Aieb, A., Madani, K., Scarpa, M., Bonaccorso, B., Lefsih, K. 2019. A new approach for processing climate missing databases applied to daily rainfall data in Soummam watershed, Algeria. *Heliyon*, 5, e01247. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01247>
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Diretrizes e análises recomendadas para a consistência de dados pluviométricos. Brasília: ANA/SGH (Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica), 2011.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Dados Convencionais. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>> Acesso em: 20 nov. 2021.
- Araújo, A.R. et al. 2020. The relationship between relief and climate at subregional scale in the southwest of Mato Grosso state, Brazil. In: Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, 33., 2020, Rennes (França). Actes colloque... Rennes - França: Actes colloque AIC, p. 73-78.
- Bier, A.A., Ferraz, S.E.T. 2017. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas em dados meteorológicos para estações no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 32, 215-226. <https://doi.org/10.1590/0102-77863220008>
- Brubacher, J.P., Oliveira, G.G.D., Guasselli, L.A. 2020. Preenchimento de falhas e espacialização de dados pluviométricos: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 35, 615-629. <https://doi.org/10.1590/0102-77863540067>
- Camargo, L. (Org.). 2011. Atlas de Mato Grosso: abordagem socioeconômico-ecológica. Cuiabá: Entrelinhas.
- Campos, J. D. O., Chaves, H. M. L. 2020. Tendências e variabilidades nas séries históricas de precipitação mensal e anual no Bioma Cerrado no período 1977-2010. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 35, 157-169. <https://doi.org/10.1590/0102-7786351019>
- Carvalho, H.P., Santos Ruiz, M.V. 2016. Avaliação da Consistência de Séries Históricas de Chuva da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, em Minas Gerais. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 12, 76-84.
- Correia, T.P., Dohler, R.E., Dambroz, C.S., Binoti, D.H.B. 2016. Aplicação de redes neurais artificiais no preenchimento de falhas de precipitação mensal na região serrana do Espírito Santo. *Revista Geociências*, 35, 560-

- 567.<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/12000>
- Dias, A.S., Albuquerque Soares, W. 2021. Uso de metodologias de preenchimento de falhas para estimativas de dados de precipitação. *Research, Society and Development*, 10, e57610515383-e57610515383. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.15383>
- Duarte, Y.C., Sentelhas, P.C. 2020. NASA/POWER and Daily Gridded weather datasets-how good they are for estimating maize yields in Brazil? Erratum, 64, 331. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01810-1>
- Ely, D.F., Limberger, L., Mangili, F.B., Gamero, P., Schmengler, M. 2021. Análise de métodos para o preenchimento de falhas aplicados em séries de dados pluviométricos do Estado do Paraná (Brasil). *Raega - O Espaço Geográfico em Análise*, 51, 122-142. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v51i0.72944>
- Farias, O.G., Francisco, C.N., Senna, M.C.A. 2017. Avaliação de métodos de interpolação espacial aplicados à pluviosidade em região montanhosa no litoral sul do Estado Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, 21, 172-185. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.52065>
- Ferreira Filho, D.F., Bezerra, P.E.S., Silva, M.D.N.A., Rodrigues, R.S.S., Moura Figueiredo, N. 2019. Aplicação de técnicas de interpolação para espacialização de chuvas da rede hidrográfica: estudo de caso calha norte-PA. *Revista Brasileira de Climatologia*, 277-299.<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v24i0.61516>
- Galdón-Ruíz, A., Fuentes-Jaque, G., Soto, J., Morales-Salinas, L. 2023. A simple method for the estimation of minimum and maximum air temperature monthly mean maps using MODIS images in the region of Murcia, Spain. *Revista de Teledetección*, 61, 59-71. <https://doi.org/10.4995/raet.2023.18909>
- Hoffmann, R. 2016. Análise de regressão: uma Introdução à Econometria. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/48616>>.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt>>.
- NMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Estações Automáticas. <<http://2019tacoes/estacoesAutomaticas>>.
- Junqueira, M.N. et al. 2015. Utilização da ferramenta gráfico de gantt no processo produtivo de uma empresa de equipamentos médicos de Franca-SP. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção, 35., 2015. Fortaleza. Anais... Fortaleza: UFC.
- Mato Grosso. Zoneamento Socioeconômico Ecológico do Estado de Mato Grosso – ZSEE/MT, 2018. <http://www.seplan.mt.gov.br/-/10951395-zoneamento-2018?ciclo=cv_gestao_inf>.
- Mello, Y.R., Kohls, W., Oliveira, T.M.N. (2017). Uso de diferentes métodos para o preenchimento de falhas em estações pluviométricas. *Boletim de Geografia*, 35, 112-121. <http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v35i1.30893>
- Nannawo, A.S., Lohani, T.K., Eshete, A. A. 2021. Exemplifying the effects using WetSpass model depicting the landscape modifications on long-term surface and subsurface hydrological water balance in Bilate Basin, Ethiopia. *Advances in Civil Engineering*, 1-20. <https://doi.org/10.1155/2021/7283002>
- OMM – Organização Meteorológica Mundial. 2012. Statement on the status of the global climate in 2012. Genebra: [s.n.].
- Pedreira-Júnior, A.L., Biudes, M.S., Machado, N.G., Vourlitis, G.L., Geli, H.M., Santos, L.O.F.D., Neto, N.L. (2021). Assessment of remote sensing and re-analysis estimates of regional precipitation over Mato Grosso, Brazil. *Water*, 13, 333. <https://doi.org/10.3390/w13030333>
- Ruezzene, C.B., Miranda, R.B., Tech, A.R.B., Mauad, F.F. 2020. Revisão bibliográfica dos principais métodos de preenchimento de falhas em dados de precipitação. *Brazilian Journal of Business*, 2(3), 2.057-2.071. <https://doi.org/10.34140/bjbv2n3-015>
- Ruezzene, C.B., Miranda, R.B., Tech, A.R.B., Mauad, F.F. 2021. Preenchimento de falhas em dados de precipitação através de métodos tradicionais e por inteligência artificial. *Revista Brasileira de Climatologia*, 29, 177-204. <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/15184>
- Sabino, M., Souza, A.P.D., Uliana, E.M., Lisboa, L., Almeida, F.T.D., Zolin, C.A. 2020. Intensity-duration-frequency of maximum rainfall in Mato Grosso State. *Revista Ambiente & Água*, 15, 1-12. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2373>
- Sanches, R.G., Silva Vecchia, F.A., Souza, P.H. 2020. Comportamento e distribuição das chuvas na Região de São Carlos/SP a partir de dados de Estações Climatológicas no período de 1993-

2014. *Ateliê Geográfico*, 14, 89-111.
<https://doi.org/10.5216/ag.v14i1.55784>
- Santos, J.C., Lyra, G.B., Abreu, M.C., Menezes, D.C. 2021. An approach to quality analysis, gap filling and homogeneity of monthly rainfall series. *Revista Engenharia na Agricultura - Reveng*, 29, 157-168.
<https://doi.org/10.13083/reveng.v29i1.11738>
- Silva, A.A.F., Jardim, C.H. 2017. Aplicação de técnicas de preenchimento de falhas de dados de pluviosidade mensal e anual para o noroeste do estado de Minas Gerais-Brasil. *Revista Geografias*, 25, 83-106.
<https://doi.org/10.35699/2237-549X.2017.16058>
- Tucci, C.E.M. et al. 2020. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Editora da Universidade.
- Ventura, T.M., Santana, L.L.R., Martins, C.A., Figueiredo, J.M. 2016. Análise da aplicabilidade de métodos estatísticos para preenchimento de falhas em dados meteorológicos. *Revista Brasileira de Climatologia*, 19, 168-177.
<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v19i0.4498>
- Vieira, S.A., Osório, D.M.M., Quevedo, D.M., Adam, K.N., Pereira, M.A.F. 2018. Metodologia de imputação de dados hidrometeorológicos para análise de séries históricas para avaliação de impactos das mudanças climáticas – Bacia do Rio dos Sinos, RS, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, 23, 189-204.
<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v23i0.56211>