



Publicações Acadêmicas UFVJM



Ministério da Educação – Brasil
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Minas Gerais – Brasil

Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas

ISSN: 2238-6424

QUALIS/CAPEs – LATINDEX

Nº. 26 – Ano XII – 10/2024

<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

Variabilidade da precipitação pluviométrica no município de Ladainha – MG

Andrine Lemes Barbosa

Bacharel em Ciência e Tecnologia

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Brasil

<http://lattes.cnpq.br/0821442094716309>

E-mail: andrine.lemes@ufvjm.edu.br

Erica Amaral Avelino

Bacharel em Ciência e Tecnologia

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Brasil

<http://lattes.cnpq.br/041440144518669>

E-mail: erica.avelino@ufvjm.edu.br

Prof. Dr. Carlos Henrique Alexandrino

Doutor em Geofísica pelo Observatório Nacional do Rio de Janeiro - Brasil

Docente do Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia - ICET

Teófilo Otoni - UFVJM - Brasil

<http://lattes.cnpq.br/2606412388376202>

E-mail: carlos.alexandrino@ufvjm.edu.br

Resumo: A precipitação possui grande importância para a preservação dos ecossistemas, assim como para o fortalecimento da economia regional. A falta ou o excesso de precipitação está associada a perdas econômicas significativas. Dessa forma, é fundamental entender as variações da precipitação para um melhor planejamento e gestão dos recursos hídricos. Este estudo propôs-se a estudar a variabilidade da precipitação pluviométrica no município de Ladainha-MG, a partir da utilização de estatística descritiva para verificar se os dados podem ser aproximados por uma distribuição de probabilidade normal. A análise dos resultados indica que a precipitação média anual é de 1.082 ± 282 mm, incluindo fortes evidências de que os dados observados podem ser modelados com uma distribuição normal. Com base nos dados que compõem o padrão histórico, é possível avaliar a quantidade de chuva que a região recebe anualmente, o que permite aos gestores desenvolver estratégias de adaptação aos diferentes cenários possíveis.

Palavras-chave: Distribuição normal. Média anual. Gestão de recursos hídricos.

Introdução

A precipitação pode ser definida como a água da atmosfera que chega à superfície terrestre, na forma de chuva, granizo, neblina ou neve (Reis *et al.*, 2020; Santos e Aquino, 2017; Santos e Aquino, 2017; Oliveira e Chaves, 2012). Trata-se de um fenômeno natural que interfere fortemente no cotidiano das pessoas, além de ser essencial para a existência da vida. Ademais, sua falta ou excesso resulta em enormes perdas econômicas, especialmente na agricultura e na pecuária, assim como também propicia o aumento das tarifas de energia elétrica (Reis *et al.*, 2020; Santos e Aquino, 2017; Silva, *et al.*, 2015).

Por conseguinte, o entendimento assertivo das variações espaço-temporais das precipitações é um dos elementos fundamentais para o planejamento e manejo de bacias hidrográficas (Cargnelutti Filho *et al.*, 2010; Oliveira e Chaves, 2012).

Desta forma, a estimativa precisa dessa variável é essencial, principalmente nos municípios, onde a economia é fortemente dependente das atividades agropecuárias.

O índice pluviométrico está ligado ao clima, por conseguinte, adquire relevância, visto que pode propiciar as condições necessárias para viabilizar a realização de atividades de interesse econômico em uma determinada região (Santos e Aquino; Silva *et al.*, 2015).

Em razão da importância do tema, este tem despertado um grande interesse acadêmico, como demonstram as numerosas publicações sobre o assunto (Oliveira e

Chaves, 2012; Santos e Aquino, 2017; Almeida e Medeiros 2017; Oliveira, 2021; Silva e Mandú, 2020; Giuliatti *et al.*, 2019; Dos Santos *et al.*, 2023).

Embora seja extensa a lista de publicações, ainda não existem estudos relacionados à variabilidade da precipitação pluviométrica do município de Ladainha - MG. Desta forma, o objetivo desse trabalho é realizar a análise da variabilidade da precipitação pluviométrica no município de Ladainha - MG, usando a estatística descritiva para verificar se os dados observados podem ser aproximados por uma distribuição de probabilidade normal.

O conhecimento da variabilidade da precipitação é essencial para que gestores municipais planejem ações de mitigação de eventos extremos, como enchentes e deslizamentos, quando necessárias, pois cria a possibilidade de estarem à frente eventos anômalos, que possam causar transtornos, muitas vezes até a morte de pessoas (Oliveira *et al.*, 2021), bem como propiciar aos empreendedores do setor agropecuário melhor entendimento do ciclo das chuvas, permitindo aos mesmos obter maior rendimento em suas atividades econômicas. Para atingir os objetivos propostos, usamos as técnicas da estatística descritiva, técnica simples, porém muito efetiva.

Igualmente, nesse trabalho, buscamos ampliar as análises para além dos valores médios, pois estes, quando utilizados isoladamente, podem deixar passar detalhes importantes das informações. Oliveira, 2021; Dos Santos *et al.*, 2023; e Giuliatti *et al.*, 2019, consideram que a compreensão do ritmo pluviométrico somente será possível com a descentralização dos valores médios, para que os extremos sejam visualizados e considerados como parte integrante da realidade do evento.

De acordo com França, 2023; Favero e Belfiori, 2017, as metodologias aplicadas para identificar os anos padrão consideram estatisticamente as medidas de posição e dispersão da intensidade pluviométrica, entretanto somente essas grandezas podem não ser suficientes para capturar a variabilidade dos dados observados, em especial os valores extremos, usados para analisar o nível de impacto que o fenômeno pode ou não causar à sociedade.

Revisão de literatura

Clima

No Brasil, variações nas condições climáticas causam enormes danos e

prejuízos. Sejam promovendo situações de risco à vida ou danos materiais, por meio de enchentes, como ocorreu recentemente no Rio Grande do Sul, ou estiagens prolongadas, que frequentemente assolam o Norte, Nordeste e o Centro-Oeste brasileiro (Monitor das secas, 2024).

As precipitações intensas costumam ocasionar inundações, desabamento de edificações, assoreamentos e erosões. A estiagem também deixa seu rastro destrutivo, provocando grandes prejuízos na agricultura e pecuária (Monitor das secas, 2024).

Precipitação

A formação das precipitações ocorre pelo princípio do ciclo hidrológico, que envolve vários aspectos como, a evaporação da água dos oceanos, superfície terrestre e atmosfera, seja pela radiação solar ou pela gravidade, essa movimentação contribui para a formação de nuvens na atmosfera, que quando carregadas provocam a precipitação (Tucci, 2009).

A água da chuva que se infiltra no solo abastece os aquíferos, os quais podem dar origem a nascentes e, conseqüentemente, aos rios. Uma fração dessa água evapora, contribuindo para a formação das nuvens. A água restante é absorvida pelas plantas e, por meio da evapotranspiração, retorna à atmosfera (Collischonn e Dornelles, 2015; *apud* Tucci, 2009).

Coleta de Dados

Os dados carregam consigo muitas informações, que se processadas devidamente possibilitam resultados, previsões e conclusões sobre o que se está analisando. Com dados em mãos, é possível encontrar soluções para mitigar diversos problemas. Os dados meteorológicos têm grande importância, principalmente para as atividades humanas socioeconômicas. O avanço tecnológico vem favorecendo diversas áreas de pesquisa, e a coleta de dados está entre elas. Possibilitando a criação de estações pluviométricas automáticas, que realizam a coleta com maior precisão e confiabilidade (Collischonn e Dornelles, 2015; Tucci, 2009).

O portal HidroWeb, integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), disponibiliza banco de dados com as informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN). Estão disponíveis dados de

climatologia, precipitação, níveis fluviais, qualidade da água, sedimentos e vazões. Os dados disponíveis no Portal HidroWeb são coletados convencionalmente a partir de informações hidrometeorológicas (HidroWeb, 2024).

Estações Pluviométricas

Medidas de precipitação pluvial são importantes em diversas áreas. A coleta de dados via estações pluviométricas ocorre de forma contínua no tempo. O problema desse tipo de coleta é a descontinuidade espacial em regiões com poucas ou nenhuma estação.

Para corrigir esse problema, a solução é a implantação de mais estações pluviométricas em áreas distintas, permitindo registros de dados em maior escala. Essa ação possibilita maior confiabilidade dos resultados (HidroWeb, 2024).

Outro problema é a falta do registro de dados em certos períodos, causando quebra na série de dados, existindo a necessidade da imputação nos dados. Esta falta de registros ocorre também por falhas mecânicas e humanas (Tucci, 2009).

Lacuna na série histórica

Um desafio para pesquisas com dados são as lacunas existentes dentro da série histórica. A falta de registro de dados ocorre com frequência na área de hidrologia, em especial com dados de precipitação. Uma das técnicas mais usadas para sanar esse problema é o método de interpolação, que estima valores em locais onde não existe o registro de dados baseando-se na influência de locais próximos. Este método é considerado um dos mais precisos, uma vez que fenômenos relacionados ao clima não dispõem de mecanismos capazes de uma cobertura total em determinadas regiões (Collischonn e Dornelles, 2015; Tucci, 2009).

Considerando os dados faltantes nos registros de informações das estações pluviométricas, a correção do problema pode ser realizada por alguns métodos, a saber: estimativa das médias aritméticas de estações próximas ou a utilização de algoritmos computacionais. Podemos ainda realizar a combinação dos métodos (Collischonn e Dornelles, 2015).

Métodos Estatísticos

Em sua essência, a estatística é a ciência que desenvolve processos para

coletar, apresentar e interpretar adequadamente conjuntos de dados, sejam eles numéricos ou não, para auxiliar a descrição do fenômeno observado.

São três as áreas da estatística a saber: 1) estatística descritiva usada para caracterizar e sintetizar os dados, e seus principais objetivos são identificar padrões, tendências e outras características relevantes presentes nos dados coletados; 2) probabilidade que estudo de experimentos aleatórios, permitindo analisar as chances de determinados eventos ocorrerem, em outras palavras, a probabilidade é uma medida da possibilidade de algo acontecer; e 3) estatística inferencial utiliza métodos para testar hipóteses e estimar parâmetros, possibilitando assim inferências sobre características da população a partir da análise de amostras (Naghettini e Andrade Pinto, 2007; Levine, *et al.*, 2008; Sampaio *et al.*, 2018).

O domínio da estatística permite encontrar a distribuição de probabilidade que melhor descreve fenômenos aleatórios. Dentre as distribuições de probabilidade, a normal é a mais utilizada para modelar fenômenos naturais, isso ocorre porque vários fenômenos naturais apresentam distribuição de probabilidade próxima da distribuição normal (Naghettini e Andrade Pinto, 2007; Sampaio *et al.*, 2018).

A distribuição normal pode ser encontrada em muitos dos testes de aderência, tanto paramétricos quanto os não paramétricos, mas também pode-se usar a estatística descritiva, em especial as medidas de posição, dispersão e as de formas. O uso combinado dessas medidas permite análise segura da variabilidade dos fenômenos naturais (França, 2023; Favero e Belfiori, 2017).

A estatística descritiva é a etapa inicial da análise de dados e tem por objetivo descrever os dados observados. As medidas descritivas mais comuns utilizadas para resumir os dados numéricos são as medidas de posição e as de dispersão (Naghettini e Andrade Pinto, 2007; Levine, *et al.*, 2008; Sampaio *et al.*, 2018).

A média e o desvio padrão são as grandezas comumente usadas na estatística descritiva. O problema dessas grandezas é que elas não fornecem informações sobre a frequência com que os dados são distribuídos (Levine, *et al.*, 2008; Sampaio *et al.*, 2018). Para se aprofundar na distribuição de frequência, é necessário usar os seguintes conceitos: assimetria, variabilidade e curtose. Estas medidas ajudam a descrever a forma de uma distribuição de dados, revelando percepções sobre a sua natureza.

Assimetria e curtose são chamadas medidas de forma porque descrevem a

forma da curva de distribuição a partir de como os dados estão distribuídos. Assimetria é a falta de simetria observada quando os dados estão concentrados em um dos lados da distribuição. Podemos afirmar que a assimetria é uma medida do grau de simetria em torno da média dos dados. Podemos interpretar essa medida visual e numericamente. Há basicamente três classificações em relação à assimetria:

a) distribuição simétrica: $\text{média} = \text{mediana} = \text{moda}$, nessa situação existe uma perfeita simetria na distribuição normal, em que os dados estão concentrados em um ponto central e quanto mais distante da média, menor é a frequência dos dados. Ao traçarmos uma linha no meio da curva, teremos dois lados espelhados (Naghettini e Andrade Pinto, 2007).

b) distribuição assimétrica à direita/positiva: $\text{média} > \text{mediana} > \text{moda}$, nessas circunstâncias ocorre um pico da distribuição do lado esquerdo e os dados se espalham, criando uma cauda que se estende para a direita, e os dados estão concentrados abaixo da média (Naghettini e Andrade Pinto, 2007).

c) distribuição assimétrica à esquerda/negativa: $\text{média} < \text{mediana} < \text{moda}$, os dados estão concentrados do lado direito e se espalham, criando assim uma cauda para a esquerda, e os dados estão concentrados acima da média (Naghettini e Andrade Pinto, 2007).

França, 2023; Fávero e Belfiori, 2017, argumentam que para interpretar a assimetria devemos seguir os seguintes passos: 1) Verifique o sinal: se (-) assimetria à esquerda e se (+) assimetria à direita; 2) Se o seu valor estiver próximo de zero, isto é, dentro do intervalo $[-1, +1]$, os dados serão mais simétricos, caso contrário, terão alto grau de assimetria

De acordo com França, 2023; Naghettini e Andrade Pinto, 2007, a curtose avalia a causalidade da distribuição dos dados, ela é usada para medir como os dados se dispersam entre o centro e as caudas de uma distribuição, com valores maiores indicando que uma distribuição de dados pode ter caudas “pesadas” que estão densamente concentradas com observações ou que são longas com observações extremas.

A curtose pode ser categorizada em três medidas: a) mesocúrtica, quanto ao valor da curtose é numericamente igual 0,263, nesse caso estamos diante de uma distribuição de probabilidade normal; b) leptocúrtica: seu grau de achatamento é menor que o da curva normal padrão, indica que os dados estão mais concentrados,

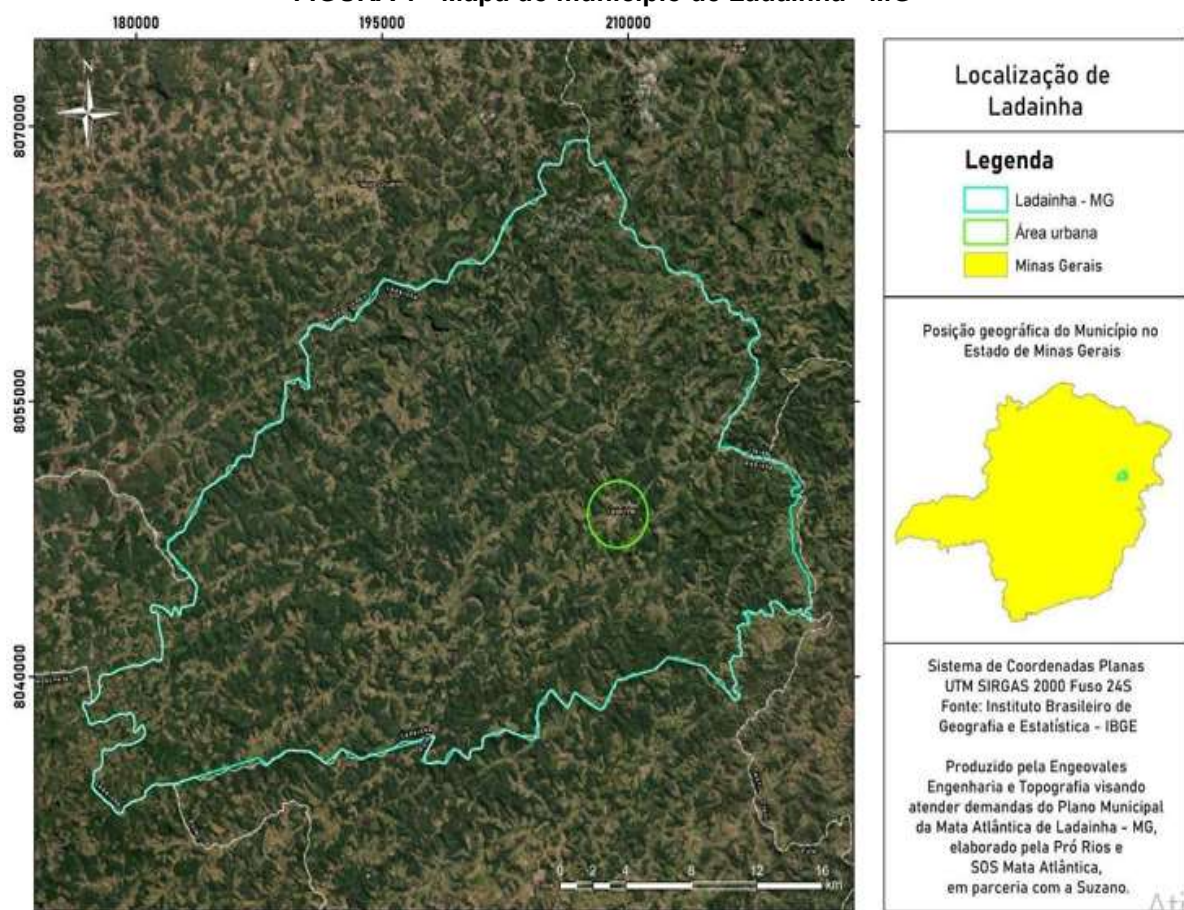
temos então desvio padrão menor e a curtose $< 0,263$; e c) platicúrtica: possui grau de achatamento maior que da curva normal padrão, o que nos indica que os dados estão mais espalhados, situação onde o desvio padrão maior, e o valor da curtose $> 0,263$. (França, 2023; Fávero e Belfiori, 2017; Naghettini e Andrade Pinto, 2007).

Metodologia

Área de estudo

O município de Ladainha, fundado em 1º de janeiro de 1949, possui extensão territorial de 866,3 km², e população estimada em 14300 habitantes (PMMA, 2023; IBGE, 2022). Está localizado na região nordeste de Minas Gerais, conforme mostra a figura (1). Fazem divisa com Ladainha os seguintes municípios: Itaipé, Malacacheta, Novo Cruzeiro, Poté, Setubinha e Teófilo Otoni.

FIGURA 1 - Mapa do município de Ladainha - MG

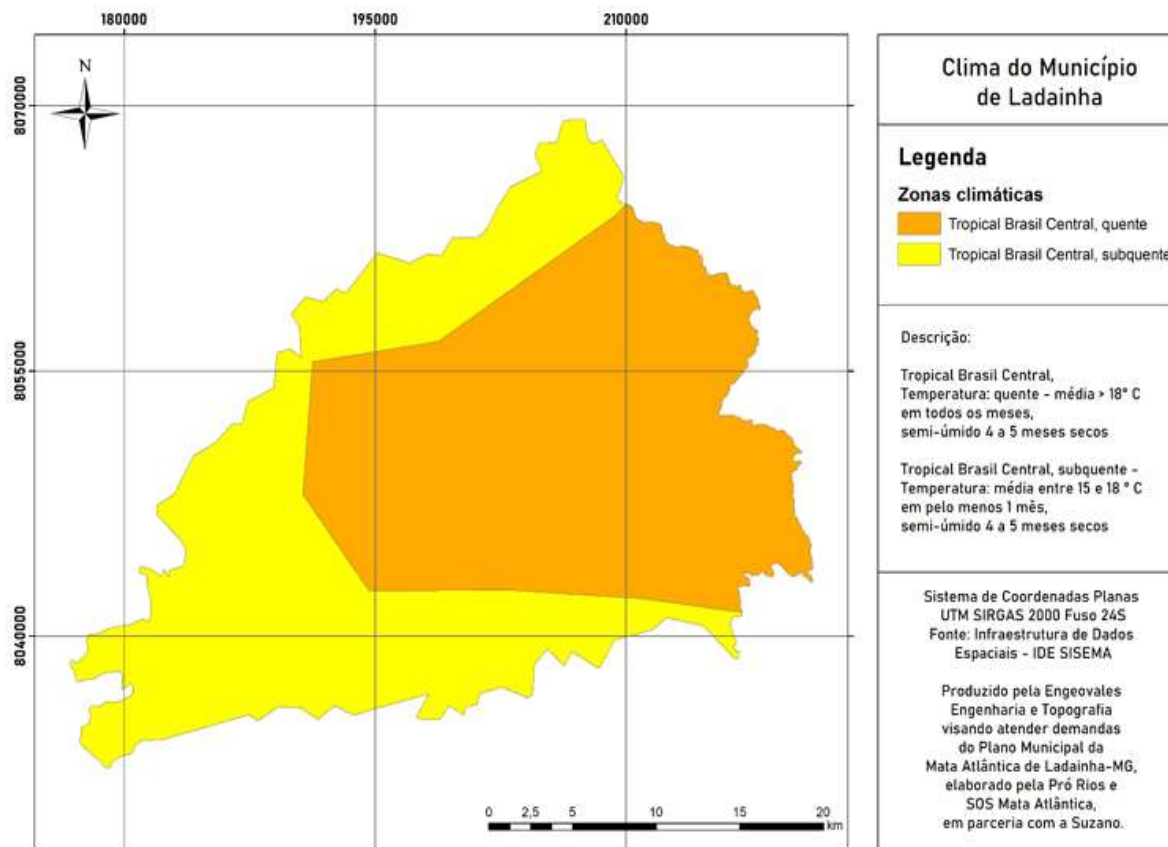


Fonte: PMMA, 2023, p 5.

A cidade está localizada na zona climática Tropical Brasil Central subquente e quente, como aponta a figura (2). Na região subquente a temperatura média varia de

15 a 18 °C, enquanto a porção quente possui média anual de 18 °C. Segundo PMMA, 2023 e IBGE, 2022, o índice pluviométrico médio anual é de 1060 mm.

FIGURA 2 – Clima do município de Ladainha - MG

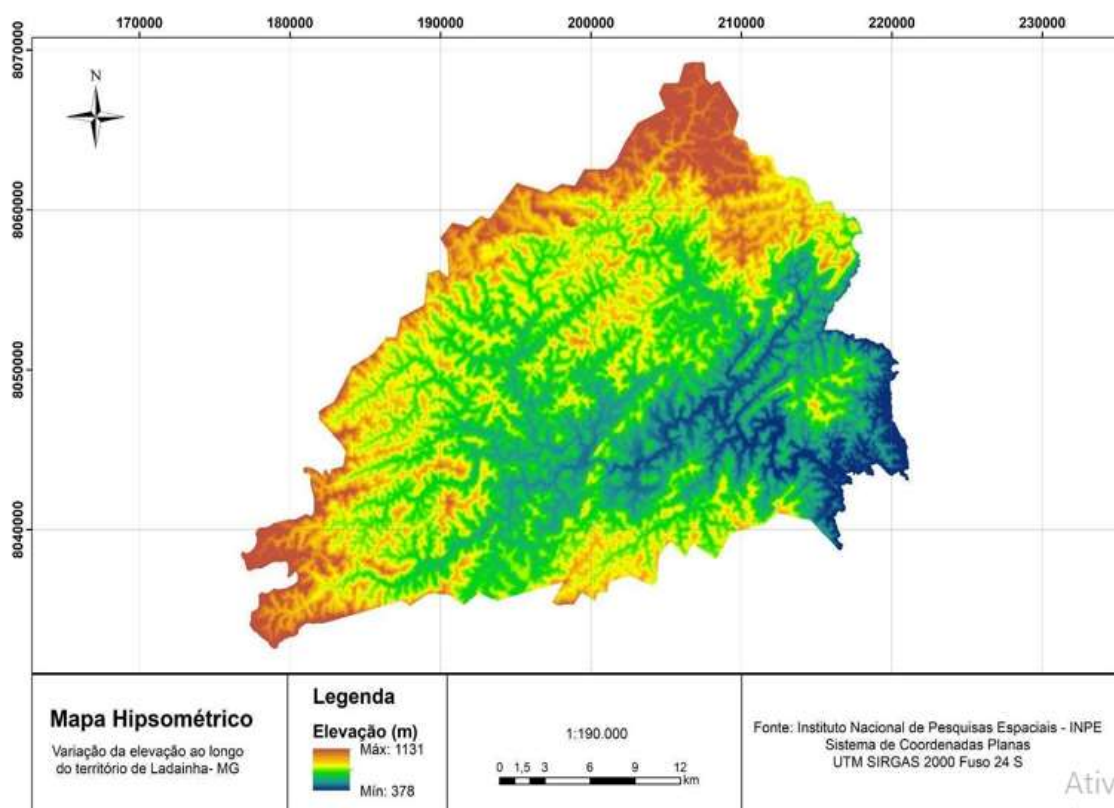


Fonte: PMMA, 2023, p. 18.

O relevo do município, mostrado na figura (3), é caracterizado por uma combinação de planaltos, chapadas, etc, com uma elevação máxima podendo chegar a até 1130 metros acima do nível do mar, na região Norte do município, enquanto os pontos de menor elevação estão localizados a sudeste, e não ultrapassam os 400 metros de elevação (PMMA, 2023).

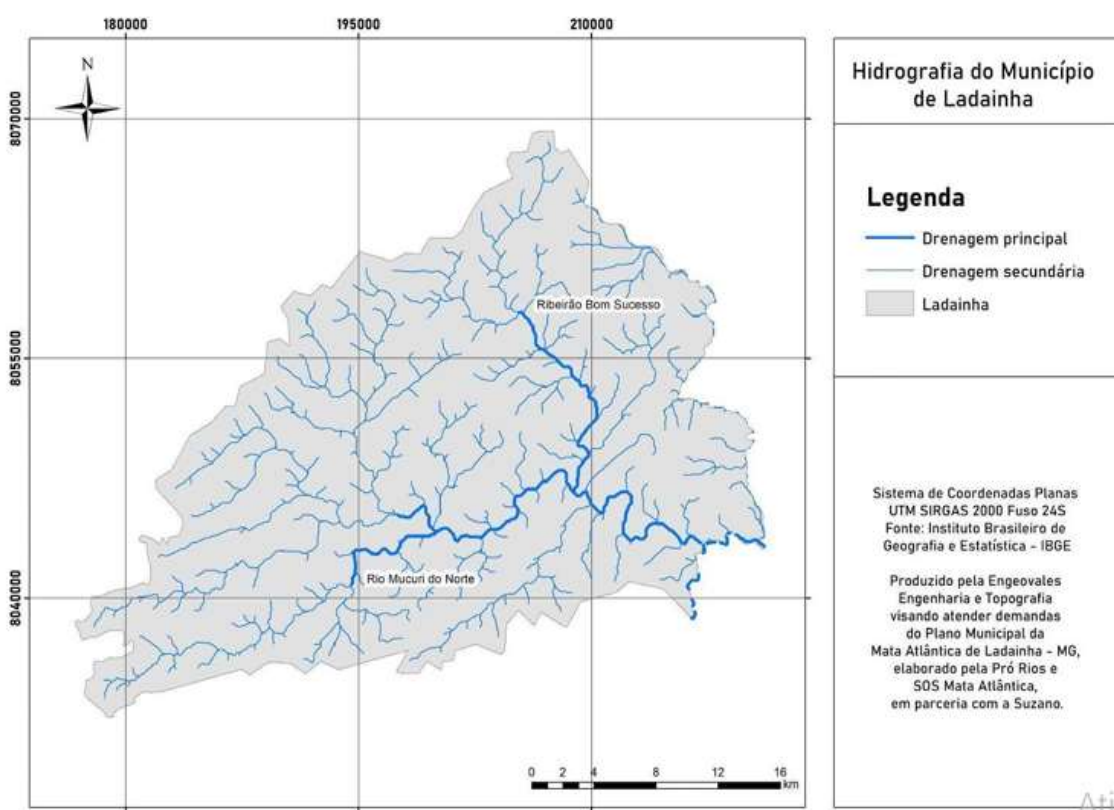
A figura (4) mostra as bacias e sub-bacias hidrográficas presentes no município, onde é possível identificar seus principais corpos hídricos, rio Mucuri e o ribeirão Bom Sucesso. Ressalta-se também que o município está inserido na bacia hidrográfica do Mucuri (PMMA, 2023).

FIGURA 3 – Mapa hipsométrico do município de Ladainha - MG



Fonte: PMMA, 2023, p. 19.

Figura 4 – Hidrografia do município de Ladainha - MG



Fonte: PMMA, 2023, p. 17.

Série histórica da precipitação pluviométrica

A série histórica de precipitação pluviométrica do período de 1977 a 2023 (46 anos), usada neste trabalho, foi obtida no portal HidroWeb da estação do município de Ladainha - MG, código 1741006 e coordenadas geográficas: latitude 17° 37' 55" S e longitude 41° 44' 16" (HidroWeb, 2024). A operação da estação é de responsabilidade da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

Os dados brutos contendo informações de precipitações diárias foram organizados em dados de janeiro a dezembro para os anos de 1977 a 2023, conforme salienta a tabela (1). As lacunas existentes nos dados originais foram preenchidas usando o valor da média simples entre o mês anterior e o posterior à lacuna, uma vez que, não foi possível usar dados de estações próximas, pois o município possui apenas uma estação de coleta de dados pluviométricos.

TABELA 1 – Dados pluviométricos em mm do município de Ladainha – MG

ANO/MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA ANUAL
1977	202	1	139	55	33	43	2	31	82	232	176	155	1151
1978	330	95	104	68	18	106	34	40	286	96	153	353	1682
1979	382	73	46	31	15	11	14	36	124	133	128	310	1304
1980	119	26	141	85	61	17	11	15	38	85	156	153	906
1981	53	248	54	46	43	20	31	3	268	307	50	285	1408
1982	0	140	118	39	1	20	44	27	112	30	127	276	934
1983	276	178	334	45	57	29	22	17	82	138	111	255	1544
1984	97	48	74	117	9	10	56	43	74	120	112	241	998
1985	485	61	130	19	7	3	25	25	61	84	228	188	1315
1986	136	59	22	44	26	38	23	22	2	51	178	164	765
1987	117	37	134	48	12	9	2	4	103	32	154	281	932
1988	98	53	168	52	26	23	10	17	0	19	141	233	839
1989	24	57	165	17	31	68	12	59	32	156	288	322	1232
1990	38	84	22	78	39	20	32	77	31	94	69	121	706
1991	309	105	128	61	52	29	83	0	143	46	216	155	1325
1992	438	198	163	159	46	45	38	51	23	190	279	0	1630
1993	98	82	4	22	46	52	20	16	82	41	84	260	806
1994	0	86	268	84	28	14	42	12	8	91	204	165	1002
1995	78	48	103	117	33	1	75	11	6	116	263	232	1081
1996	23	12	73	22	15	13	6	10	61	165	263	257	919

1997	158	111	220	114	27	2	13	11	61	60	121	251	1148
1998	154	48	16	39	44	0	2	14	6	94	296	137	850
1999	174	46	126	39	18	9	75	10	34	32	188	210	960
2000	195	74	301	82	65	6	39	24	70	11	297	221	1386
2001	89	3	116	18	47	43	36	49	23	124	313	162	1022
2002	289	208	132	34	22	21	23	40	121	19	232	187	1326
2003	196	147	78	110	22	40	28	19	86	108	66	197	1096
2004	276	127	245	240	144	34	85	5	8	214	96	195	1669
2005	192	203	203	39	66	93	68	40	32	31	128	218	1313
2006	36	51	245	116	7	58	13	6	32	292	380	236	1470
2007	77	225	82	60	32	6	17	25	34	0	109	139	804
2008	122	128	189	96	9	9	7	20	11	2	347	197	1137
2009	276	12	88	110	20	7	79	40	10	233	72	107	1053
2010	35	34	214	64	40	19	59	5	12	72	214	274	1040
2011	71	50	166	128	11	0	53	10	8	202	165	106	970
2012	79	62	20	34	82	13	28	128	7	35	439	42	969
2013	171	19	72	63	23	45	20	9	56	52	117	444	1090
2014	31	63	110	30	9	82	37	29	3	88	205	167	854
2015	6	69	52	62	42	36	28	43	1	15	180	115	648
2016	290	19	42	9	13	26	36	12	5	94	80	130	754
2017	103	166	81	24	29	16	77	5	29	17	150	224	921
2018	95	237	95	145	23	9	13	16	1	124	209	228	1194
2019	36	80	124	90	8	39	23	29	14	43	83	97	664
2020	207	69	244	61	76	27	53	41	8	186	120	125	1217
2021	40	262	181	12	51	14	2	22	5	107	185	200	1079
2022	149	93	130	67	34	27	33	26	51	99	185	200	1094
2023	149	93	11	113	16	1	60	67	3	99	0	48	661

Fonte: HidroWeb, 2024

Análise estatísticas

Após o processando dos dados brutos foi elaborado foi realizada a distribuição por frequência, organizadas em 10 classes, e partir dessa informação foram estimadas as medidas de posição, dispersão e forma para dados agrupados em classes seguindo o procedimento descrito por Fávero e Belfiori, 2017; França, 2023; Levine, *et al.*, 2008; Naghettini e Andrade Pinto, 2007; Sampaio, *et al.*, 2018.

Medidas de Posição

Medidas de posição, também denominadas de medidas de tendência central, são valores que apontam a tendência de haver ou não inclinação de ocorrer a concentração dos dados observados.

A seguir são descritas as expressões para determinar as principais medidas de posição. Para encontrar o valor médio, $\bar{x}$ usamos a eq. (1),

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i f_i}{\sum f_i} \quad (1)$$

Na eq. (1), x_i o ponto médio da classe e f_i a frequência da classe.

A mediana M_d foi determinada a partir da eq. (2), onde L_{if} é o limite inferior da classe mediana, F a frequência acumulada da classe anterior à classe mediana, f a frequência simples da classe mediana e h a amplitude da classe.

$$M_d = L_{if} + \left[\frac{\sum \frac{f_i}{2} - F}{f} \right] h \quad (2)$$

A moda para dados agrupados em classes é igual ao ponto central do intervalo de maior frequência (Naghettini e Andrade Pinto, 2007).

Para determinar os quartis e percentis, partimos da eq. (2), pois a mediana é numericamente igual ao segundo quartil (Naghettini e Pinto, 2007), assim sua generalização nos permite obter uma expressão para avaliar o k -ésimo quartil Q_k com $k = 1, 2$ e 3 .

$$Q_k = L_{ifk} + \left[\frac{\sum \frac{k f_i}{4} - F}{f} \right] h \quad (3)$$

Onde L_{ifk} é o limite inferior da classe do k -ésimo quartil, F a frequência acumulada da classe anterior ao k -ésimo quartil, f a frequência simples do k -ésimo quartil e h a amplitude da classe.

Seguindo o mesmo procedimento, podemos calcular o k -ésimo percentil P_k , com $k = 1, 2, 3 \dots 99$, empregando a eq. (4).

$$P_k = L_{ifk} + \left[\frac{\sum \frac{k f_i}{100} - F}{f} \right] h \quad (4)$$

Na qual, L_{ifk} é o limite inferior da classe do k -ésimo percentil, F a frequência acumulada da classe anterior ao k -ésimo percentil, f a frequência simples do k -ésimo percentil e h a amplitude da classe.

Medidas de Dispersão

As medidas de dispersão são parâmetros estatísticos que indicam o grau de variação dos dados observados. Conhecer essa variação é importante, para que se possa avaliar a precisão das informações, pois nenhuma medida é exata. O determinar o valor do desvio padrão σ , utilizando a eq. (5), onde x_i o ponto médio da classe e f_i a frequência da classe.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f_i x_i^2 - (f_i x_i)^2}{\sum f_i}} \quad (5)$$

Outro parâmetro desse grupo de medidas de dispersão é o coeficiente de variação C_v , aplicamos a eq. (6), para obter seu valor.

$$C_v = 100 \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (6)$$

O procedimento utilizado para determinar esse parâmetro nos possibilita concluir que, quando seu valor é elevado, o conjunto de dados apresenta grande variabilidade.

Medidas de Forma

As medidas de forma são usadas para auxiliar para interpretar a distribuição dos valores dos dados observados, e assim, poder verificar se as informações podem ou não ser modeladas por uma distribuição de probabilidade normal.

A assimetria e a curtose fazem parte do grupo de medidas de forma. Para calcular o valor da assimetria, precisamos conhecer o valor médio e o desvio padrão, com essas informações usamos a eq. (7) para estimar o coeficiente de assimetria A_S ,

$$A_S = \frac{\bar{x} - M_d}{\sigma} \quad (7)$$

O coeficiente de assimetria, também conhecido como “coeficiente de assimetria de Pearson”, segundo Naghettini e Pinto, 2007, é importante, pois nos permite inferir, quando seu valor é numericamente igual a zero, que estamos diante de uma distribuição de probabilidade normal, pois nessa situação a mediana e o valor médio são iguais.

O valor da curtose foi estimado com base na eq. (8),

$$C = \frac{Q_3 - Q_1}{2 (P_{90} - P_{10})} \quad (8)$$

onde C é o valor da curtose, Q_1 o primeiro quartil, Q_3 o terceiro, P_{90} o nonagésimo percentil e P_{10} o décimo. A curtose estimada pela eq. (8) é um parâmetro sempre

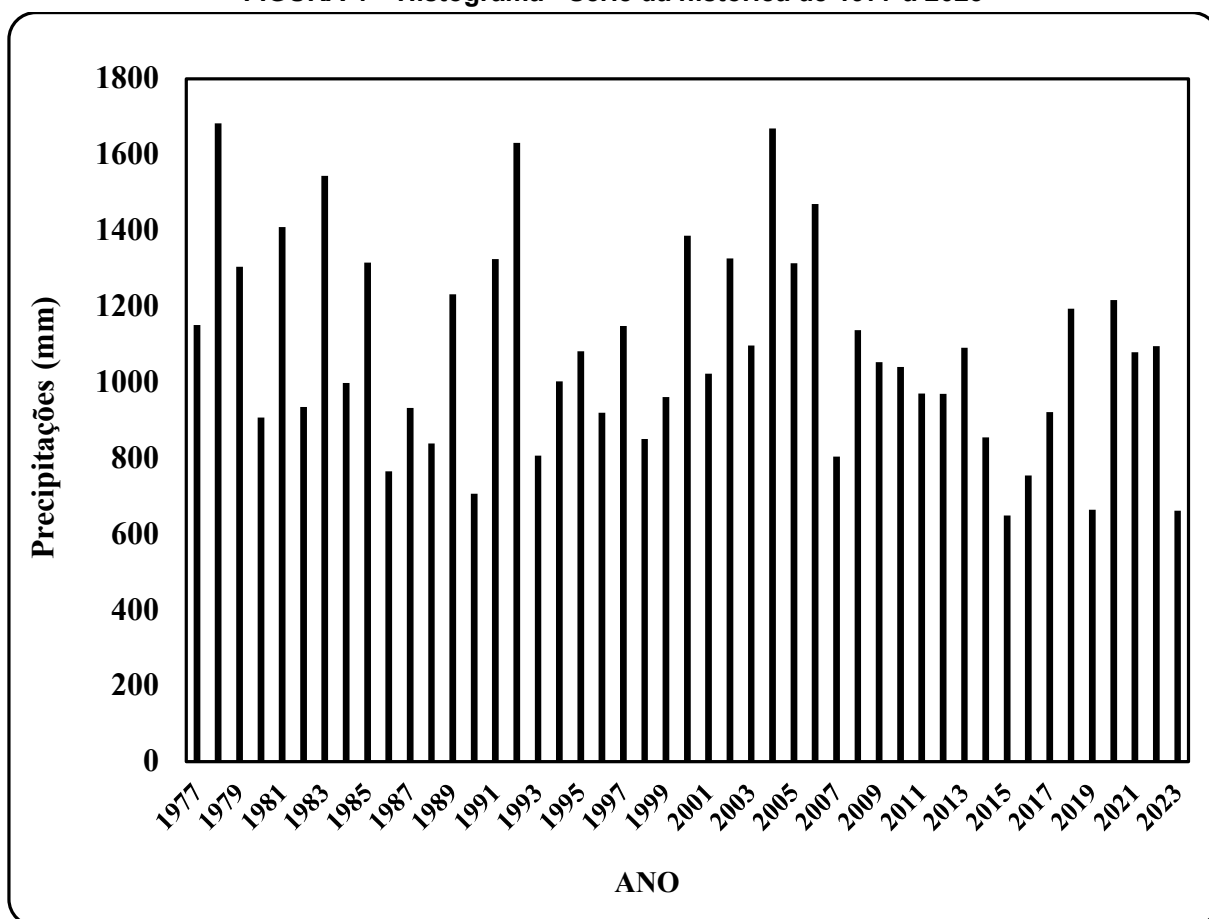
positivo, e assume os seguintes valores e classificação: a) $C = 0,263$, é classificada como mesocúrtica, e indica distribuição de probabilidade é normal; b) $C > 0,263$, é classificada como platicúrtica, e indica curva mais achatada que a normal e c) $C < 0,263$, é classificada como leptocúrtica, e indica picos acentuados e caudas pesadas.

Resultados e Discussão

Após realizarmos o processamento dos dados da série histórica de 1997 a 2023 e aplicarmos a metodologia proposta, obtemos os resultados mostrados a seguir.

Na figura (4), elaborada a partir da tabela (1), exibe-se o valor médio da pluviosidade anual ao longo do período analisado. Os maiores valores foram registrados nos anos de 1978, 1992 e 2004 e os menores em 1986, 1990 e 2015.

FIGURA 4 – Histograma - Série da histórica de 1977 a 2023



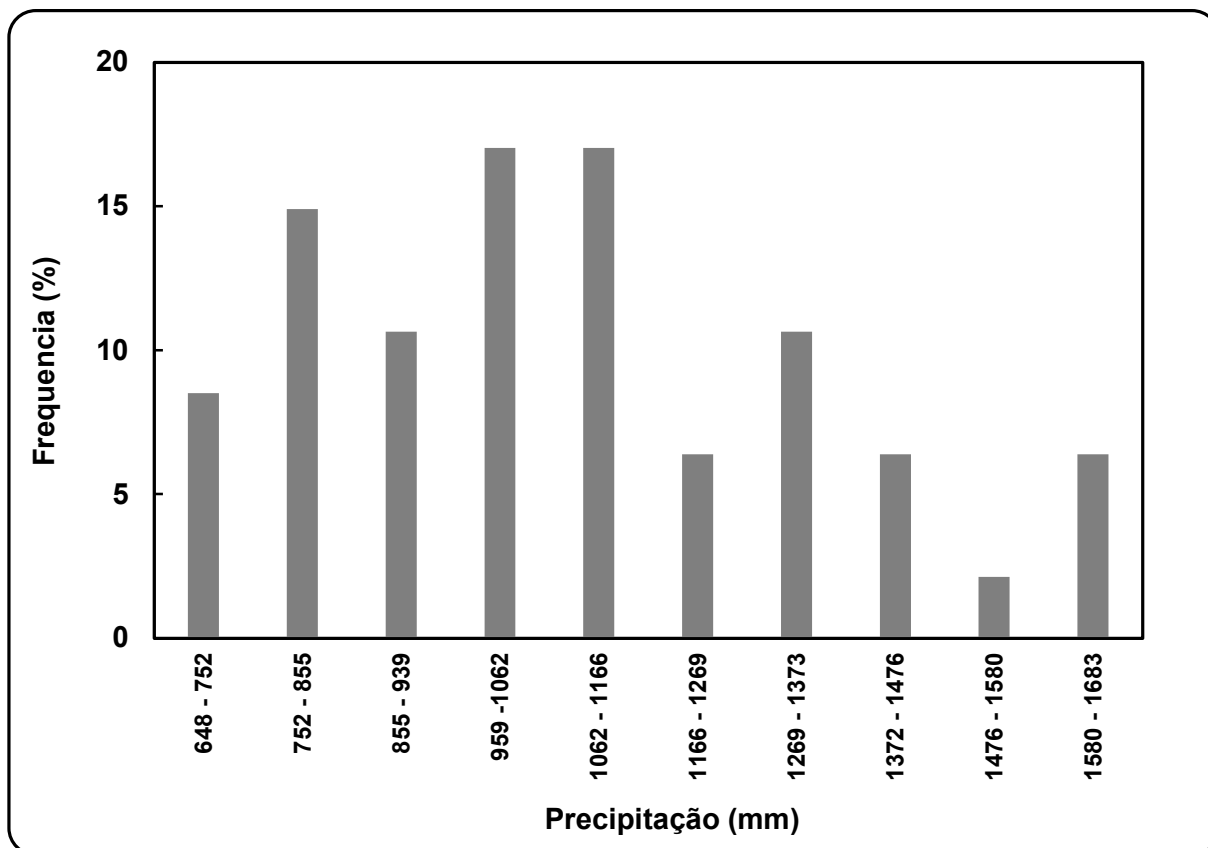
Fonte: dados da pesquisa, 2024

A figura (4) nos permite encontrar os anos de chuvas máximas e mínimas, a partir dos dados observados, porém não é possível extrair mais nenhuma outra

informação relevante. Desta forma, se faz necessário explorar a técnica de distribuição de frequência.

A figura (5) ilustra essa informação, onde sua interpretação nos permite esmiuçar mais profundamente os dados da série histórica.

FIGURA 5 – Distribuição de Frequência - Série da histórica de 1977 a 2023



Fonte: dados da pesquisa, 2024

Logo, é possível observar na figura (4) que as precipitações mínimas, ou seja, chuvas entre 648 e 752 mm, correspondem a 8%, assim podemos inferir que a cada 11 anos, a cidade de Ladainha - MG passa por um período de estiagem. As chuvas máximas entre 1580 e 1683 mm representam 7%, esse dado aponta uma alta possibilidade da ocorrência de enchentes a cada 15 anos na cidade.

Aproximadamente 55% dos registros apontam chuvas de 855 a 1269 mm, podendo essa faixa ser classificada como o índice pluviométrico característica do município de Ladainha - MG.

Apesar dos avanços em relação ao conhecimento do entendimento do regime de chuvas, ainda não é possível realizar inferências em relação à distribuição de

probabilidade mais apropriada para descrever o comportamento dos dados observados (série histórica).

Realizar essa análise é importante porque a variabilidade está presente em quase todo valor que pode ser medido durante a observação de um fenômeno, independentemente de sua natureza. Além disso, quase todas as medidas possuem uma parte de erro intrínseco. Por conseguinte, a distribuição de probabilidade pode modelar e auxiliar no entendimento das incertezas.

Além disso, encontrar a distribuição de probabilidade permite determinar outros parâmetros de interesse, como a equação é o tempo de retorno das chuvas (Cargnelutti *et al.*, 2010; Collischonn e Dornelles, 2015; Reis *et al.*, 2020; Tucci, 2009).

Visando atingir nosso objetivo, usaremos os dados descritos na tabela (1) e as equações (1) a (8), e assim chegar aos valores das medidas de posição, dispersão e formas descritas no quadro (1).

QUADRO 1 – Medidas de posição, dispersão e forma - Série histórica

Tamanho da amostra	46 anos
Média	1082 mm
Mediana	1053 mm
Moda	1063 mm
Desvio Padrão	268 mm
Mínimo	648 mm
Máximo	1682 mm
Amplitude Total	1034 mm
Q ₁	913 mm
Q ₃	1268 mm
P ₁₀	760 mm
P ₉₀	1433 mm
Coeficiente de Variação	25%
Assimetria	0,11
Curtose	0,26

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

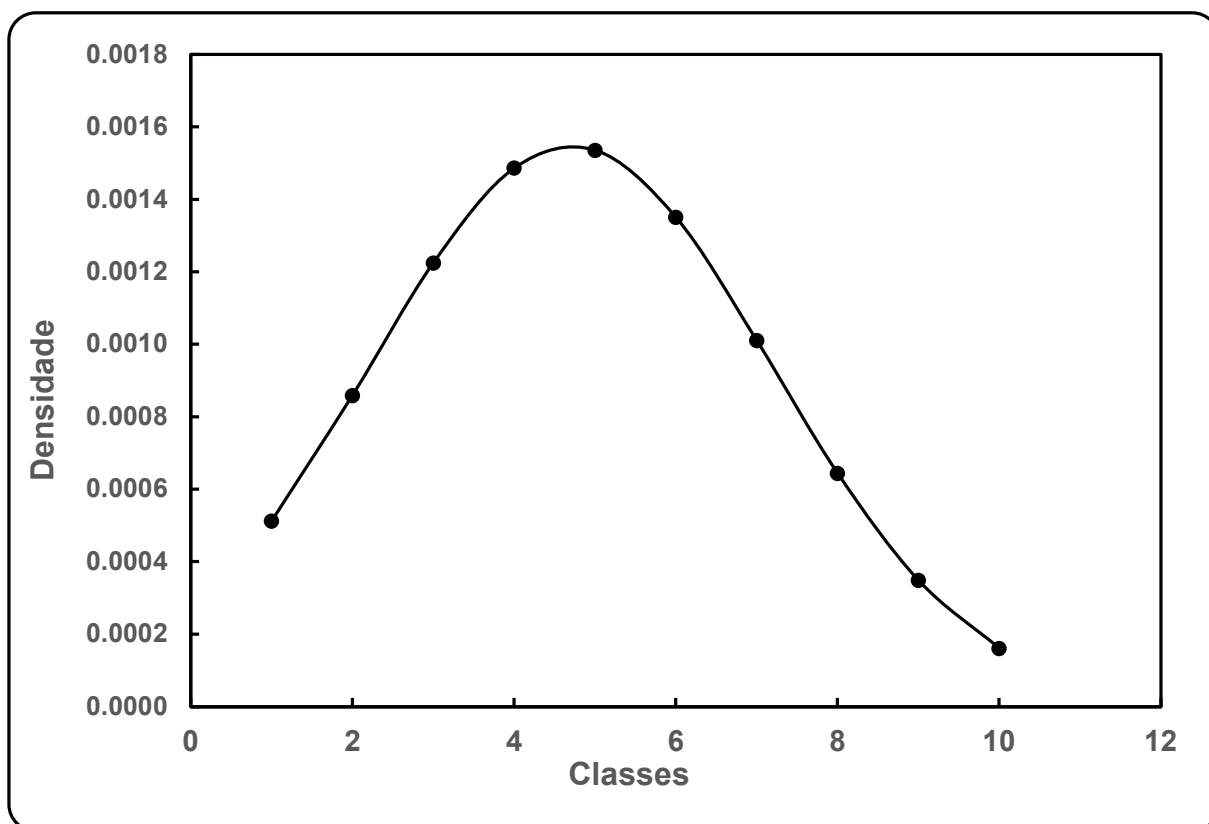
O valor da intensidade pluviométrica média do município de Ladainha - MG estimado neste trabalho foi 1082 ± 268 mm, similar ao informado no PMMA, 2023, de 1060 mm. Considerando o desvio padrão de 268 mm, podemos assumir que ambos os valores são iguais. Continuando a nossa análise, observamos que as medidas de

posição: valor médio (1082 mm), mediana (1053 mm) e moda (1063 mm) são numericamente bastante próximas. Segundo França, 2023; Fávero e Belford, 2017; Naghettini e Andrade Pinto, 2007, essa situação indica simetria, e aparece quando estamos diante de uma distribuição de probabilidade normal.

O valor do coeficiente de assimetria é 0,11, por ser positivo, indica assimetria à direita, porém está dentro do intervalo $[-1, +1]$ e com o valor próximo de zero, temos mais uma confirmação de evidência de simetria (França, 2023; Fávero e Belfiori, 2017). A curtose vale 0,264, valor muito próximo do esperado para uma a distribuição de probabilidade normal, de acordo com França, 2023; Fávero e Belfiori, 2017; Naghettini e Andrade Pinto, 2007. Considerando todos os indícios (curtose, assimetria, moda, valor médio e mediana), é razoável supor que estamos diante de uma distribuição de probabilidade normal.

A figura (6) apresenta a distribuição de probabilidade. Essa figura foi elaborada usando a função DIST.NORM.N, disponível no Excel.

Figura 6 – Distribuição de Probabilidade Normal - Série da histórica de 1977 a 2023



Fonte: dados da pesquisa, 2024

Para implementar a função DIST.NORM.N precisamos do ponto médio de cada classe da distribuição por frequência, essa informação foi obtida na figura (5).

Igualmente, é preciso conhecer o valor médio e o desvio padrão, essas informações estão descritas no quadro (1). A curva mostrada na figura (6) de acordo com França, 2023; e Sampaio *et al.*, 2018, tem a forma típica de uma distribuição de probabilidade normal.

Conclusão

A chuva é um elemento essencial em várias atividades, em especial, as relativas às necessidades básicas humanas e econômicas. Desta forma, conhecer não só a sua intensidade pluviométrica, mas também a sua variabilidade, é fundamental para a região.

Por conseguinte, esse trabalho, apesar de ainda estar na sua fase inicial, já mostra resultados significativos para o município de Ladainha - MG, como, por exemplo, o valor da precipitação média anual de 1082 ± 282 mm, assim como também os fortes indícios de que os dados observados podem ser modelados através da distribuição de probabilidade normal.

Com base nestes resultados obtidos, que fornecem informações concisas acerca do regime pluviométrico do município de Ladainha - MG ao longo dos anos, é possível avaliar o atual cenário no qual este se encontra, o que permite aos gestores uma base precisa para desenvolver estratégias de adaptação às diferentes situações, buscando promover o uso e a gestão dos recursos hídricos de forma sustentável e eficiente. Na sequência deste trabalho, serão realizadas a análise mensal da variabilidade, os testes de aderência e demais estimativas de interesse.

Referências

ALMEIDA, Hermes Alves de; MEDEIROS, Everton Araújo. Variabilidade no regime pluvial em duas mesorregiões da Paraíba e sua relação com o fenômeno EL Niño Oscilação Sul. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 2, n. 3, p. 177–185, 2017. DOI: 10.24221/jeap.2.3.2017.1340.177-185.

COLLISCHONN, Walter; DORNELLES, Fernando. *Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais*. 2. ed. rev. e ampliada. Porto Alegre: Ed. ABRH, 2015. 342 p.

DOS SANTOS, Araújo André; MORAES, Jorge C. E.; EPFANIO, Loureiro Glauber. Avaliação da variabilidade da precipitação pluviométrica da Sub-Bacia 21-Tocantins, entre rios Preto e Paranã no sudeste amazônico. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*. v. 12, n. 25, p. 30–45, 2023.

FÁVERO, Luiz Paulo; BELFIORI, Patrícia. *Manual de análise de dados*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

FRANÇA, Alex (2023, 3 de outubro). Assimetria e curtose: Um guia completo. *Blog Psicometria Online*. <https://www.blog.psicometriaonline.com.br/assimetria-e-curtose-um-guia-completo/>. Acesso em: 05 junho de 2024.

GIULIATTI, Nathália Melo; RODRIGUES, Ana Beatriz Matos; JESUS, Edmir dos Santos; JUNIOR, Antônio Pereira. Variabilidade da Precipitação mensal / anual no Município de Paragominas - PA. *Enciclopédia Biosfera*, v. 16, n. 29, 2019.

HIDROWEB: Sistemas de Informações Hidrogeológicas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em: 05 maio de 2024.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. Brasília – DF, 2022.

LEVINE, David M.; STEPHAN, David F.; SZABAT, Kathryn A. *Estatística: teoria e aplicações usando o Microsoft Excel*. 5a ed. Rio de Janeiro – RJ. Ed. LTC, 2008.

MONITOR DAS SECAS. Seca se abranda no Centro-Oeste e se intensifica no Norte, Sudeste e Sul. Intensidade do fenômeno fica estável no Nordeste. Disponível em: <https://monitordesecas.ana.gov.br>. Acesso em: 29 agosto de 2024.

NAGHETTINI, Mauro; PINTO, Eber Jose de Andrade. *Hidrologia Estatística*. Belo Horizonte - MG. Ed. CPRM. 2007, 552 p.

PLANO MUNICIPAL DA MATA ATLÂNTICA DE LADAINHA/MG - Disponível em: <https://pmma.etc.br/planos-da-mata-ladainha/>. Acesso em: 29 agosto de 2024.

REIS, Fabio Antônio da Silva; PEREIRA, Liri Lima; AMADO, Franco Dani Rico; STRACIERI, Juliana; LISBOA, Gerson dos Santos. Aplicação da estatística descritiva: análise da precipitação pluviométrica no município de Canavieiras, BA. *Gaia Scientia*, v. 14, n. 3, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2020v14n3.51721>

OLIVEIRA, Thiago Alves; TAVARES, Camila de Moraes Gomes; SANCHES, Fábio; FERREIRA, Cássia de Castro Martins. Variabilidade Pluviométrica no Município de Juiz de Fora - MG no Período de 191-2018: Investigação a partir da Técnica do Box Prot. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 26, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v26i0.70194>

OLIVEIRA, De Andrad Henrique; CHAVES, Fernandes Raony. Contribuição ao estudo da variabilidade pluviométrica no município de Itaetê-BA. *Revista Geonorte*, v. 3, n. 9, p. 1066 –, 2012.

SANTOS, Francílio de Amorim dos; AQUINO, Cláudia Maria Sabóia de. Análise da precipitação pluviométrica no município de Castelo do Piauí, Nordeste do Brasil. *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, São Paulo, Brasil, v. 21, n. 2, p. 619–633, 2017. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2017.123154

SAMPAIO, Nilo; ASSUMPÇÃO, Alzira; BASTOS DA FONSECA, Bernardo. *Estatística Descritiva*. Belo Horizonte. Editora Poisson, 2018. 70p. ISBN: 978-85-93729-90-4. DOI: 10.5935/978-85-93729-90-4.2018B001.

SILVA, Thomas Fernandes da; DE PAIVA, Anderson Luiz; DOS SANTOS, Sylvana Melo. Análise estatística e tendência das precipitações no município de Caruaru - PE. *XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos-SBRH*. Brasília. DF. nov., 2015.

SILVA, Eduardo Almeida; MANDÚ, Tiago Bentes. Variabilidade da intensidade da precipitação no período chuvoso em Recife-PE / Rainfall intensity variability in the rainy season in Reef-PE. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 9, p. 69045–69053, 2020. DOI: 10.34117/bjdvn9-376.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 4. ed. Porto Alegre, RS: Ed. UFRGS, 2009. 943p.

Processo de Avaliação por Pares: (*Blind Review* - Análise do Texto Anônimo)

Revista Científica Vozes dos Vales - UFVJM - Minas Gerais - Brasil

www.ufvjm.edu.br/vozes

QUALIS/CAPES - LATINDEX: 22524

ISSN: 2238-6424