

## CADERNOS DO IME – Série Estatística

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ  
ISSN on-line 2317-4536 / ISSN impresso 1413-9022 - v.54, p.43-62, 2023  
DOI:10.12957/cadest.2023.79108

# MÉTODOS ESTATÍSTICOS NA ANÁLISE INTERANUAL DAS CHUVAS: UMA APRECIÇÃO DA SÉRIE HISTÓRICA DO MUNICÍPIO DE CAICÓ/RN

Flávia Letícia Pereira da Silva  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
[flavia\\_leticia.ps@hotmail.com](mailto:flavia_leticia.ps@hotmail.com)

Gislana Pereira de Oliveira  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
[gislana.fisica@yahoo.com.br](mailto:gislana.fisica@yahoo.com.br)

Rebecca Luna Lucena  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
[rebeccaosvaldo@yahoo.com.br](mailto:rebeccaosvaldo@yahoo.com.br)

José Melinho de Lima Neto  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
[j.mlneto@outlook.com](mailto:j.mlneto@outlook.com)

### Resumo

*O objetivo principal dessa pesquisa foi avaliar a variabilidade interanual da precipitação do Seridó potiguar através de diferentes métodos estatísticos, tomando por base o município de Caicó, localizado no interior do estado do Rio Grande do Norte. Para tanto, foram utilizados dados anuais de chuva de uma série histórica de 110 anos (1913 a 2022). As análises foram realizadas através de medidas de posição e dispersão, separatrizes, boxplot, probabilidade, tempo de retorno e análise de tendência. Dentre os principais resultados encontrados para Caicó-RN, tem-se que a média e a mediana foram de ~650 mm/ano, valor que classifica o clima de Caicó como semiárido. Constatou-se que a variabilidade interanual de chuva no município é muito elevada, com coeficiente de variação superior a 40%. Quando analisada a probabilidade, observou-se que as classes de chuva com valores inferiores a 800 milímetros, foram as de maior ocorrência, representando mais de 60% da série histórica. Através da análise regressão, detectou-se ausência de tendência de aumento ou diminuição da chuva. Os métodos adotados, trouxeram resultados que dificilmente seriam descobertos sem a sua utilização.*

**Palavras-chave:** *Análise climática; Variabilidade; Valores médios e extremos; Probabilidade; Tendência.*

## 1. Introdução

A precipitação tem importância crucial nas atividades humanas e causa impacto direto e indireto na segurança hídrica e na produção de alimentos, dentre outras atividades essenciais para a vida humana na Terra (GOMES *et al*, 2022). Historicamente os dados de precipitação pluviométrica vêm sendo observados e registrados para fins de entendimento do comportamento interanual e sazonal desta variável. Na atualidade, a rede mundial de estações meteorológicas de superfície faz a coleta de dados de chuva através de instrumentos do tipo pluviômetros e pluviógrafos, e fornecem esses valores em milímetros, para análise dos totais precipitados (VIANELLO, 2011). Dada a natureza dos dados de chuva, é importante que se apliquem técnicas de análise condizentes com a melhor representação da realidade dos dados observados, evitando interpretações equivocadas, uma vez que o conhecimento do comportamento dessa variável tem valor excepcional principalmente em lugares onde o clima é semiárido. Nesse sentido, quase todos os trabalhos de climatologia e agrometeorologia hoje fazem uso da estatística.

Um fator bastante interessante para se analisar na precipitação pluviométrica de um determinado lugar é o quanto chove predominantemente, a variabilidade das chuvas, a identificação de desvios positivos e negativos e tendências. Inúmeras atividades humanas são influenciadas pela pluviosidade, como por exemplo a agricultura, que é uma das atividades que mais dependem deste elemento meteorológico. Dessa forma, além de valores diários e mensais, torna-se indispensável avaliar as médias de uma longa série de dados. Estudo realizado por Neto *et al* (2015) para o município de Caicó, localizado no semiárido do estado do Rio Grande do Norte, concluiu, através de análises da transformada de Wavelet, que a principal frequência de fenômenos que modulam a distribuição da precipitação é a escala interanual, relacionada principalmente aos eventos climáticos El Niño Oscilação Sul e a Oscilação Decadal do Pacífico.

Diante do exposto, o objetivo dessa pesquisa é analisar o comportamento interanual das precipitações no município de Caicó-RN, avaliando a variabilidade climática, seu comportamento habitual e anomalias em relação aos valores predominantes. Desta maneira, o estudo em questão se justifica pelo fato de que servirá como uma ferramenta informativa e útil para a gestão das águas em uma cidade de clima semiárido, onde a insuficiência hídrica é persistente nos anos de seca.

Para analisar o comportamento interanual das chuvas, existem técnicas consagradas na estatística e indispensáveis para o tratamento dos valores em questão, com destaque para as medidas de tendência central, medidas de dispersão, separatrizes, probabilidades, tempo de retorno e análise de tendência linear. As medidas de tendência central ou posição são valores que representam as tendências de concentração dos dados observados de uma determinada distribuição. (FRANCISCO, 1995). Podemos destacar dentre as principais medidas de tendência central: moda, mediana e média. Fazendo parte das medidas de posição podemos destacar as separatrizes como os quartis. Os quartis, juntamente com a mediana, compõem as separatrizes. A mediana consegue separar a série em dois grupos, já os quartis conseguem dividir o conjunto de dados em quatro partes. Os quartis são 3, e dividem em quatro subconjuntos, onde 25% está abaixo do primeiro quartil, 25% estão entre o primeiro e o segundo quartil e 25% está acima do terceiro quartil, ambos chamados de Q1, Q2 e Q3, onde Q2 corresponde ao valor da mediana do conjunto (figura1).

Figura 1: apresentação gráfica dos quartis



Fonte: Alura, 2023.

As medidas de dispersão por sua vez, são consideradas parâmetros estatísticos para identificar o quanto um conjunto de dados varia. Se temos um conjunto de dados, e eles forem iguais, então não existirá dispersão. Já para casos onde os dados possuem valor próximo um do outro, já teremos uma pequena dispersão. E para dados com diferenças significativas entre si, existirá uma dispersão elevada. Podemos destacar as principais medidas de dispersão: amplitude total, desvio médio, variância, desvio padrão e coeficiente de variação.

Outra técnica estatística frequentemente utilizada para identificar o comportamento da precipitação de um determinado lugar é a probabilidade. A probabilidade é definida da seguinte forma: a área da matemática que estuda a chance de um determinado evento acontecer. A probabilidade de um evento é igual a razão entre o número de casos favoráveis e o número de casos possíveis de ocorrer, sendo todos

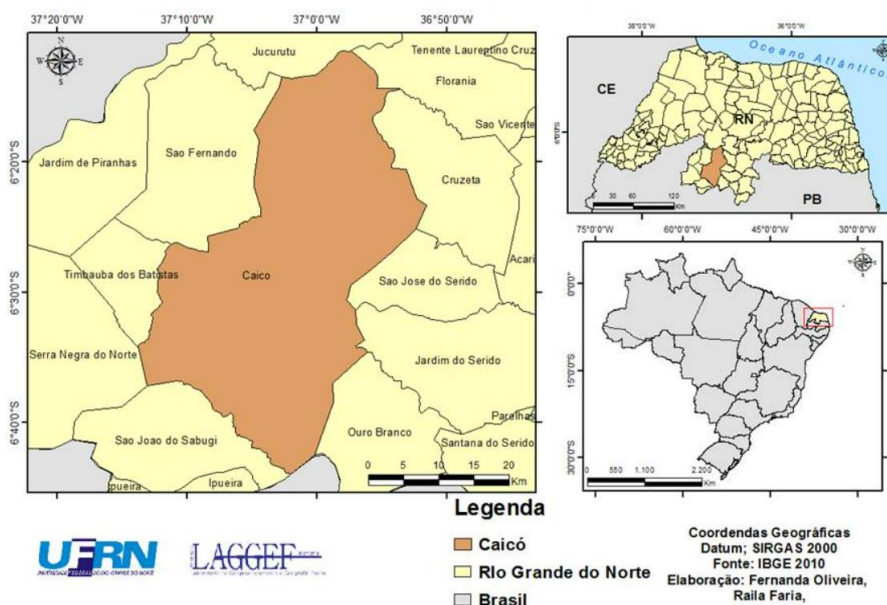
igualmente prováveis (FRANCISCO, 1995). Por sua vez, o Tempo de retorno é definido como o inverso da probabilidade (REBOITA, 2005), e utilizando-o, saberemos o intervalo que determinado evento pode acontecer novamente. O tempo de retorno é muito aplicado para estudos de fenômenos naturais, como exemplo da precipitação. Para alcançar a probabilidade e o tempo de retorno, é necessário aplicar a técnica da distribuição de frequência, na qual os dados são agrupados em classes (SILVA, 2017).

Outra análise frequentemente realizada nos estudos das precipitações é a tendência ou previsão linear que segundo Lucena *et al* (2013), mostra se algo está aumentando ou diminuindo com uma taxa fixa, sendo este método muito utilizado para previsão de chuvas e temperaturas, utilizando dados de longas séries temporais.

Nessa pesquisa, explicaremos cada técnica utilizada, suas fórmulas, interpretação e representações gráficas quando se tem por objetivo analisar longas séries anuais de precipitação de um determinado lugar.

A área de estudo está localizada na zona central do estado do Rio Grande do Norte no município de Caicó-RN, sendo a principal cidade da região do Seridó. Seu território ocupa uma área de 1.228,584 km<sup>2</sup>, o equivalente a 2,33% da superfície estadual, posicionando-o como o quinto município com maior extensão do Rio Grande do Norte (figura 2). Caicó, está numa zona de baixa latitude e próxima à linha do Equador, o que lhe confere altas temperaturas (LUCENA *et al* 2013).

Figura 2 - Mapa de localização do município de Caicó, estado do Rio Grande do Norte.



Fonte: Oliveira et al, 2018.

O município de Caicó está localizado no semiárido brasileiro segundo definição proposta pela SUDENE (2023), apresentando características climáticas condizentes com os atributos estabelecidos por esse órgão do governo federal para tal definição.

De acordo com pesquisas diversas, as principais características climáticas presentes no semiárido brasileiro são as elevadas temperaturas mensais e anuais, a forte variabilidade interanual das chuvas (anos muito chuvosos e muito secos intercalados) e uma estação chuvosa concentrada nos primeiros meses do ano seguida por um período de estiagem no resto do ano (NIMER, 1979; AB SABER, 2003; MOURA *et al*, 2007). Essa condição das chuvas, associada às elevadas temperaturas têm sido motivo de impactos socioambientais relacionados à escassez hídrica no município.

## 2. Metodologia

### 2.1 Coleta de dados de precipitação

Os dados utilizados nessa pesquisa, são referentes a valores totais anuais de chuva do Município de Caicó-RN (quadro 1), abrangendo um período de 110 anos (1913-2022).

Quadro 1: Dados de Precipitação total anual para o município de Caicó em milímetros (1913 – 2022)

Ano	P. Caicó	Ano	P. Caicó	Ano	P. Caicó	Ano	P. Caicó	Ano	P. Caicó
1913	754,5	1935	796,8	1957	652,8	1979	500,6	2001	401,8
1914	640,6	1936	364,1	1958	170,2	1980	423	2002	861,5
1915	154,5	1937	627,9	1959	627,5	1981	519,9	2003	320,2
1916	716,3	1938	420,9	1960	794,8	1982	648,3	2004	797,7
1917	845,5	1939	617,1	1961	1052,2	1983	300,1	2005	489,4
1918	519,3	1940	953,1	1962	407,7	1984	954,6	2006	791,1
1919	107,1	1941	324	1963	1148,4	1985	1558,3	2007	618,4
1920	539	1942	222,1	1964	1351,5	1986	1142,2	2008	907,1
1921	680,4	1943	450,3	1965	851,4	1987	629,1	2009	1036,5
1922	704,6	1944	531,3	1966	663,9	1988	700	2010	666,4
1923	573,4	1945	680,5	1967	792,6	1989	964,5	2011	959,9
1924	956,3	1946	474,7	1968	832,2	1990	441,8	2012	196,3
1925	1085,1	1947	1143,7	1969	695,4	1991	587,2	2013	581,3
1926	764,5	1948	1061,1	1970	455,1	1992	486,1	2014	592,4
1927	570	1949	711,4	1971	964,1	1993	153,9	2015	399,6
1928	264,8	1950	765	1972	979,7	1994	847,2	2016	756,8
1929	699,6	1951	250,9	1973	648,8	1995	362,2	2017	608,4
1930	439,5	1952	722,9	1974	1560,5	1996	102,3	2018	841,6
1931	568,7	1953	243,5	1975	1162,6	1997	362,2	2019	853,3
1932	111,1	1954	409,7	1976	617,3	1998	199,6	2020	856,4

1933	645,2	1955	488,9	1977	1144	1999	348	2021	501,3
1934	1064,7	1956	531,3	1978	838,1	2000	738,4	2022	1311,8

\*P = Precipitação

Fonte: SUDENE, EMPARN, INMET.

Os dados climáticos expostos no quadro 1, tem como fonte os órgãos: SUDENE - Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, EMPARN - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte e INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

## 2.2 Análise de medidas de posição e dispersão

A Moda é o valor que se repete. Existem séries em que nenhum dado se repete, nesses casos não existe moda (GALVANI, 2005).

A Mediana é o valor que divide uma distribuição exatamente em duas metades (ZAVATTINI & BOIN, 2013). Para encontrá-la, os dados devem estar dispostos em ordem crescente. Se a série tiver um número ímpar de dados, o valor que estiver ocupando o meio da série, será a mediana. Se tiver um número par de dados, deve-se extrair a média aritmética dos dois valores centrais (REBOITA, 2005).

A Média aritmética simples ou ponderada ( $\bar{x}$ ), é obtida somando os valores de uma distribuição simples e dividindo essa soma pelo número de valores (FRANCISCO, 1995; YAMAMOTO & LANDIM, 2013), como pode ser visto na equação 1.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Os quartis dividem um conjunto de dados em quatro partes iguais. A equação 2 representa o quartil inferior ( $Q_i$ ) e a equação 3 representa o quartil superior ( $Q_s$ ).

$$Q_i = \frac{n+1}{4} \quad (2)$$

$$Q_s = \frac{[3x(n+1)]}{4} \quad (3)$$

O valor da mediana é o intervalo entre  $Q_i$  e  $Q_s$ . Após calcular a posição, encontrar o elemento do conjunto que nela está localizado. O conjunto de dados precisa estar ordenado.

A Amplitude (AT) é uma medida de dispersão que analisa a diferença entre o valor máximo e mínimo de uma série (equação 4):

$$AT = x_{m\acute{a}x} - x_{m\acute{i}n} \quad (4)$$

O Desvio Médio (DM) é uma medida que fornece a idéia de variabilidade dos dados em torno da média, sendo portanto a diferença entre o valor observado ( $X_i$ ) e média do conjunto ( $\bar{x}$ ) (equação 5), conforme Galvani (2005).

$$DM = x_i - \bar{x} \quad (5)$$

O Desvio Padrão ( $\sigma$ ) é uma medida da magnitude do espalhamento ou dispersão dos dados em relação a média da série, assim é determinado numericamente pela raiz quadrada da variância (REBOITA, 2005; GALVANI, 2005). Pode-se chegar ao desvio padrão através da equação 6.

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2}}{n-1} \quad (6)$$

O coeficiente de variação (CV) expressa a variabilidade de cada conjunto de dados normalizada em relação a média (GALVANI, 2005) e seu resultado é dado em porcentagem (equação 7).

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \quad (7)$$

### 2.3 Probabilidade, Tempo de retorno e análise de Tendência

A equação 8 representa a Probabilidade, onde P é igual a frequência relativa (fr), sendo igual ao número de vezes que o evento ocorreu (na), dividido pelo número total de elementos da série (n).

$$P = fr = \frac{na}{n} \quad (8)$$

A equação 9 representa o tempo de retorno (T), sendo igual a um dividido pela probabilidade (P) (LUCENA *et al*, 2018).

$$T = \frac{1}{P} \quad (9)$$

A previsão linear foi realizada por meio da reta de tendência ou regressão linear, que segundo Marcuzzo *et al* (2012), a regressão trata da questão de se estimar um valor condicional esperado. A equação 10 expõe a equação da reta, onde  $\hat{y}$  é a variável dependente;  $b_0$  e  $b_1$  são os coeficientes da regressão; e X é a variável independente (SANT

ANA & BACK, 2019). A partir da reta de tendência, foi utilizado o coeficiente de determinação  $r^2$ .

$$\hat{y} = b_0 + b_1 X \quad (10)$$

As análises de estatística descritiva e regressão foram realizadas tanto em ambiente Microsoft Excel como no Jamovi 2.3.28. Para realizar a análise qualitativa dos dados, alguns tipos de gráficos foram elaborados como os de coluna, pizza, o gráfico BoxPlot (ou Diagrama de Caixa), o gráfico violino e o gráfico de dispersão, como principal forma de representação dos dados. O BoxPlot foi criado no programa Jamovi 2.3.28 seguindo a metodologia de Tukey (1977) e os demais gráficos foram criados em ambiente Excel.

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1 Estatística descritiva (medidas de tendência central e de dispersão)

Após a análise dos dados, foi possível identificar o valor médio e a mediana das precipitações da série histórica e os resultados encontrados (quadro 2), mostram que em Caicó-RN o valor médio anual de chuva é inferior aos 800 milímetros, limite este estabelecido pela SUDENE para classificação de semiaridez (SUDENE, 2023).

Quadro 2: Resultados do tratamento estatístico dos dados de precipitação em Caicó para o período de 1913-2022.

<b>Estatística Descritiva</b>	<b>Valores</b>	<b>Anos</b>
Valor Máximo	1560,5	1974
Valor Mínimo	102,3	1996
Amplitude	1458,2	-
Média	663,0	-
Moda	531,3	1944 e 1956
Mediana	646,8	-
Desvio Padrão	302,4	-
Coeficiente de Variação	46%	-

Fonte: Autores

O valor máximo de chuva anual, incidiu no ano de 1974, com o valor de 1560,5 milímetros, representando um desvio positivo de 897,5 milímetros, que concebe quase 3 vezes o valor do desvio padrão. O valor mínimo de chuva anual, aconteceu no ano de

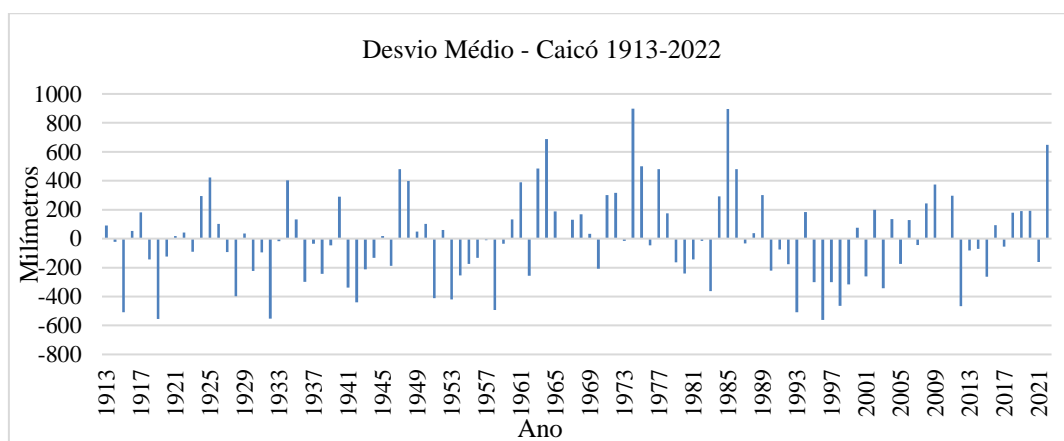


1996, chovendo apenas 102,3 milímetros, tendo um desvio negativo de 560, 7 milímetros, que concebe quase 2 vezes o valor do desvio padrão.

Percebendo os valores máximo e mínimo absolutos, consta-se que a maior anomalia de chuva registrada, se dá através de valores positivos acima da média, contudo os valores menores de chuva são os que causam mais impactos a sociedade. Uma observação feita através da moda, é que nos anos de 1944 e 1956, choveram exatamente a mesma quantidade, tendo assim o valor de 531,3 milímetros em ambos os anos (quadro 2).

Os valores encontrados para o Desvio Médio das chuvas em Caicó, expostos no gráfico 1, comprovam a elevada variabilidade interanual das chuvas no município, característica essa observada em outros estudos estatísticos aplicados à análise das chuvas em municípios do semiárido brasileiro, como os trabalhos de Silva *et al* (2017), Ramires *et al* (2017); Silva *et al* (2018), Almeida e Galvani (2021), dentre outros.

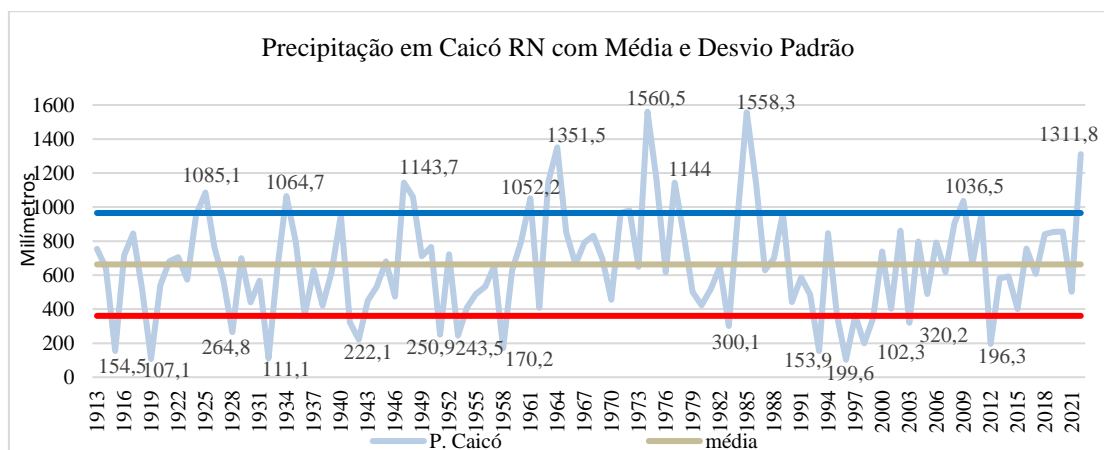
Gráfico 1: Desvio da precipitação com relação à Média (Caicó 1913-2022).



Fonte: Autores

O gráfico 2 contém a média + desvio padrão e – desvio padrão. O mesmo expõe os valores de anomalias positivas e negativas das chuvas além da média. De acordo com Almeida e Galvani, (2021), as oscilações que ultrapassam as médias (+) ou (-) os desvios padrão do elemento chuva, são consideradas como eventos extremos, embora a priori, elas sejam inerentes as características de variabilidade climática.

Gráfico 2: Precipitação anual em Caicó RN (1913 – 2022) com Média aritmética e Desvio Padrão. Os valores fora dos desvios são os extremos registrados (anos muito chuvosos e muitos secos).



Fonte: Autores

Pode-se perceber também que, ora o município de Caicó apresenta valores anuais de chuva típicos de clima de deserto ( $P < 250$  mm/ano), ora valores associados a climas úmidos ( $P > 1000$  mm/ano), o que só confirma a elevada variabilidade das precipitações, também conformada pelos valores de Amplitude e Coeficiente de Variação expostos no quadro 2.

### 3.2 Quartis

O quadro 3 apresenta o resultado da análise dos quartis para a série histórica dos 110 anos de chuva, fazendo distinção do Q1, mediana e Q3 a partir de diferentes cores.

Quadro 3: distribuição dos valores anuais de chuva sob a aplicação da técnica dos quartis.

Quartil Inferior			Mediana			Quartil Superior	
1996	102,3	1970	455,1	1982	648,3	1917	845,5
1919	107,1	1946	474,7	1973	648,8	1994	847,2
1932	111,1	1992	486,1	1957	652,8	1965	851,4
1993	153,9	1955	488,9	1966	663,9	2019	853,3
1915	154,5	2005	489,4	2010	666,4	2020	856,4
1958	170,2	1979	500,6	1921	680,4	2002	861,5
2012	196,3	2021	501,3	1945	680,5	2008	907,1
1998	199,6	1918	519,3	1969	695,4	1940	953,1
1942	222,1	1981	519,9	1929	699,6	1984	954,6
1953	243,5	1944	531,3	1988	700	1924	956,3
1951	250,9	1956	531,3	1922	704,6	2011	959,9
1928	264,8	1920	539	1949	711,4	1971	964,1

1983	300,1	1931	568,7	1916	716,3	1989	964,5
2003	320,2	1927	570	1952	722,9	1972	979,7
1941	324	1923	573,4	2000	738,4	2009	1036,5
1999	348	2013	581,3	1913	754,5	1961	1052,2
1995	362,2	1991	587,2	2016	756,8	1948	1061,1
1997	362,2	2014	592,4	1926	764,5	1934	1064,7
1936	364,1	2017	608,4	1950	765	1925	1085,1
2015	399,6	1939	617,1	2006	791,1	1986	1142,2
2001	401,8	1976	617,3	1967	792,6	1947	1143,7
1962	407,7	2007	618,4	1960	794,8	1977	1144
1954	409,7	1959	627,5	1935	796,8	1963	1148,4
1938	420,9	1937	627,9	2004	797,7	1975	1162,6
1980	423	1987	629,1	1968	832,2	2022	1311,8
1930	439,5	1914	640,6	1978	838,1	1964	1351,5
1990	441,8	1933	645,2	2018	841,6	1985	1558,3
1943	450,3					1974	1560,5

Fonte: Autores

Analisando o comportamento das chuvas a partir do método dos quartis, o primeiro quartil ou também chamado de quartil inferior está destacado no quadro 3, na cor amarela e representa 25% do total de chuvas da série de 1913-2022. O quartil inferior também representa o total de anos secos, da série histórica estudada e observando o quadro 3, pode-se destacar que dos 110 anos, 28 anos são classificados como secos, tendo destaque o ano de 1996 com menor precipitação, chovendo apenas 102,3 milímetros e o ano de 1943 se enquadrando também como seco, ocorreu uma precipitação mais elevada de 450,3 milímetros.

A variação de precipitação do quartil inferior foi de 102,3 – 450,3 milímetros. Estudos como o de Silva et al (2017), dão ênfase à análise estatística de anos considerados secos e muito secos em Caicó. Segundo esses autores, em Caicó há uma razão média aproximada de 1 a cada 3 anos com precipitações pluviométricas totais anuais consideradas abaixo da normalidade.

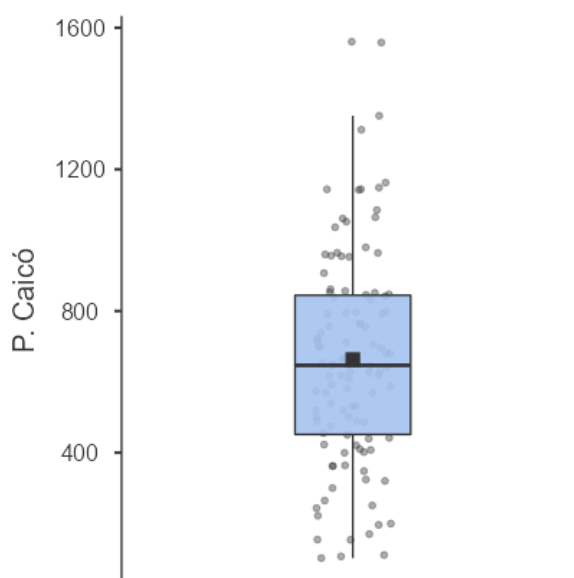
A mediana ou segundo quartil, representa 50% das chuvas da série total aplicada e está destacada no quadro 1, na cor azul claro. São 54 anos que estão dentro da faixa da mediana, com uma variação de 455,1 – 841,6 milímetros.

Por último, o terceiro quartil mostrou os 25%, em anos mais chuvosos da série histórica, no total assim como no quartil inferior, contém 28 anos mais chuvosos, onde apresentam valores superiores aos 845,5 milímetros, tendo destaque o ano de 1974 como

sendo o mais chuvoso da série com 1560,5 milímetros de chuva anual e 1917 representando o limite inferior do terceiro quartil com 845,5 milímetros registrados.

O gráfico boxplot representa bem os quartis, com a delimitação do quartil inferior, a mediana e o quartil superior, além de mostrar se a distribuição dos dados é simétrica ou assimétrica e exibir os outliers, representados na série em questão pelos valores anormalmente positivos de chuva ocorridos nos anos de 1974 e 1985 (gráfico 3).

Gráfico 3: Dados anuais de chuva (mm) representados em Boxplot, contendo valores dispersos, a média e mediana da série.



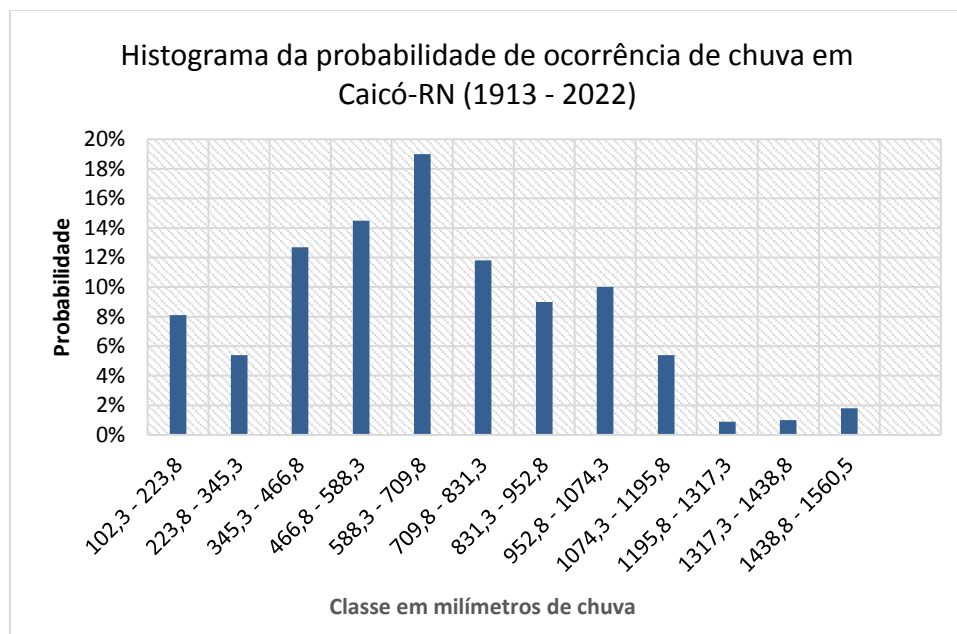
Fonte: Autores

### 3.3 Probabilidade e Tempo de Retorno

O gráfico 4, mostra a probabilidade de determinada chuva acontecer, de acordo com os dados da série histórica. Pode-se observar que a probabilidade do registro anual de chuva de 102,3 – 223,8 milímetros, sendo as menores chuvas registradas no município de Caicó-RN foi de 8%, se comportando como clima desértico através de um critério proposto pelo climatólogo norte-americano Thomas A. Blair, onde esse critério seria baseado na média pluviométrica anual, segundo o qual deserto seria toda a área em que esse valor fosse igual ou inferior a 250 mm (CONTI, 2008). Já a classe com o período mais chuvoso, de 1438,8 – 1560,6 milímetros obteve a probabilidade de quase 2% em uma série de 110 anos, ou seja, existe poucas chances deste evento acontecer. Classificada com a maior frequência de chuva anual, temos a classe de 588,3 - 709,8 milímetros, com a probabilidade acima de 18% de ocorrência, estando dentro da média (663,0 milímetros).

Já a menor frequência de chuva anual, aconteceu com a classe de 1195,8 – 1317,3 milímetros, chegando a menos de 1% de probabilidade.

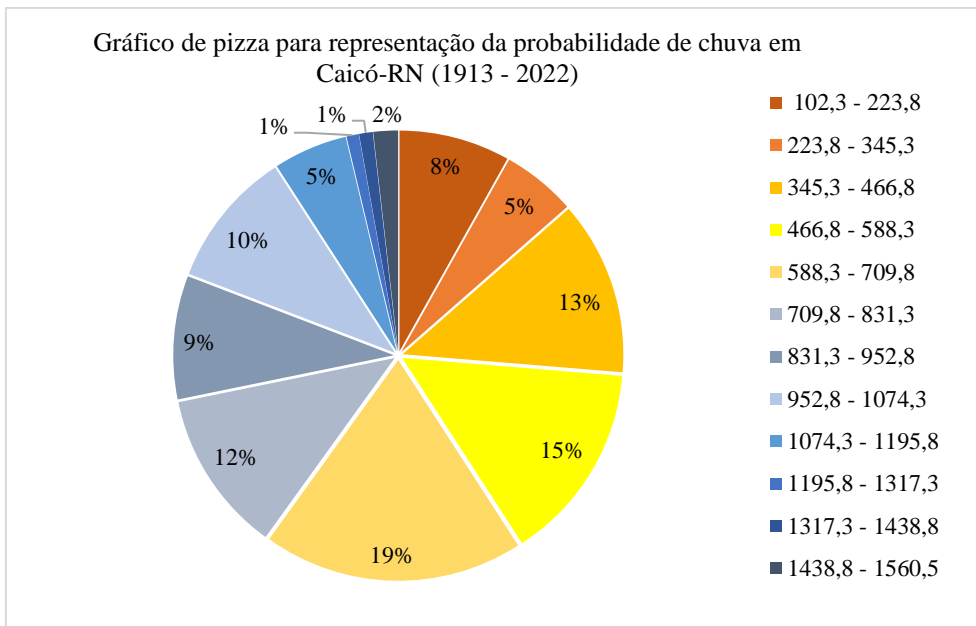
Gráfico 4: Probabilidade de chuva (Caicó 1913-2022).



Fonte: Autores

O gráfico 5, também foi elaborado para mostrar a probabilidade de chuva de Caicó-RN, porém de uma forma que se possa ver em proporcionalidade (%), quais classes predominam. Pôde-se perceber que as maiores proporções estão em destaque na cor amarela, que está a classe de 466,8 – 588,3 milímetros de chuva anuais, com 15% de probabilidade de ocorrência e a classe em destaque na cor cinza claro, com valores de 588,3 – 709,8 milímetros de chuva anuais, tendo 19% de probabilidade de ocorrência. As anomalias positivas de chuva estão destacadas de azul escuro, tendo uma proporção bem pequena e quase imperceptível no gráfico, onde as chuvas de 1074,3 – 1560,5 que somam as últimas 4 classes, essas chegam a apenas 9% da probabilidade total de ocorrência.

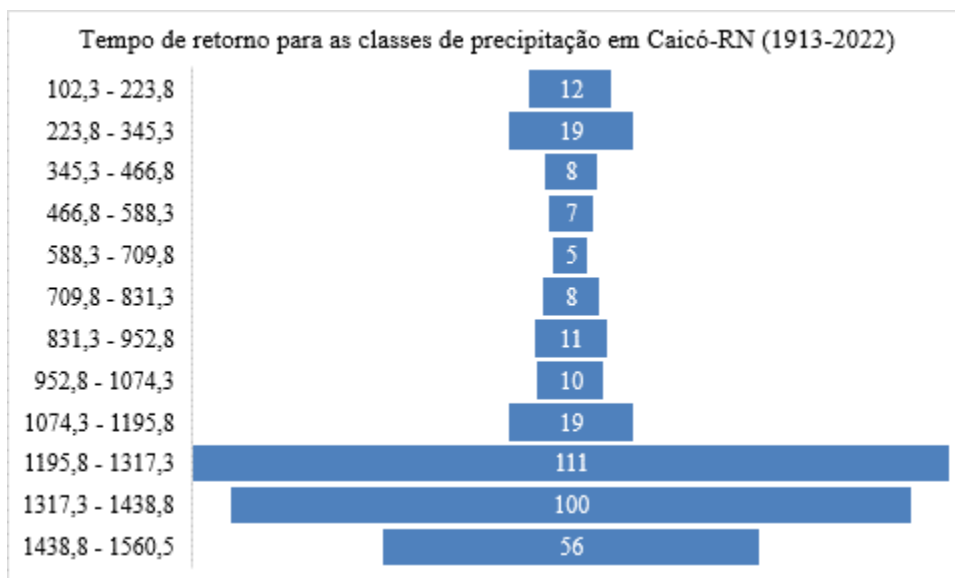
Gráfico 5: Representação da Probabilidade de chuva através do gráfico de pizza (Caicó 1913-2022).



Fonte: Autores

Observaremos no gráfico 6, a quantidade de anos estipulado para acontecer uma determinada chuva de acordo com as classes apresentadas. Pode-se observar, que para uma chuva de 102,3 – 223,8 milímetros, o tempo de retorno foi de 12 anos, ou seja, de 12 em 12 anos pode existir a ocorrência de chuva nessa classe.

Gráfico 6: Tempo de retorno da precipitação em Caicó – RN (1913-2022).



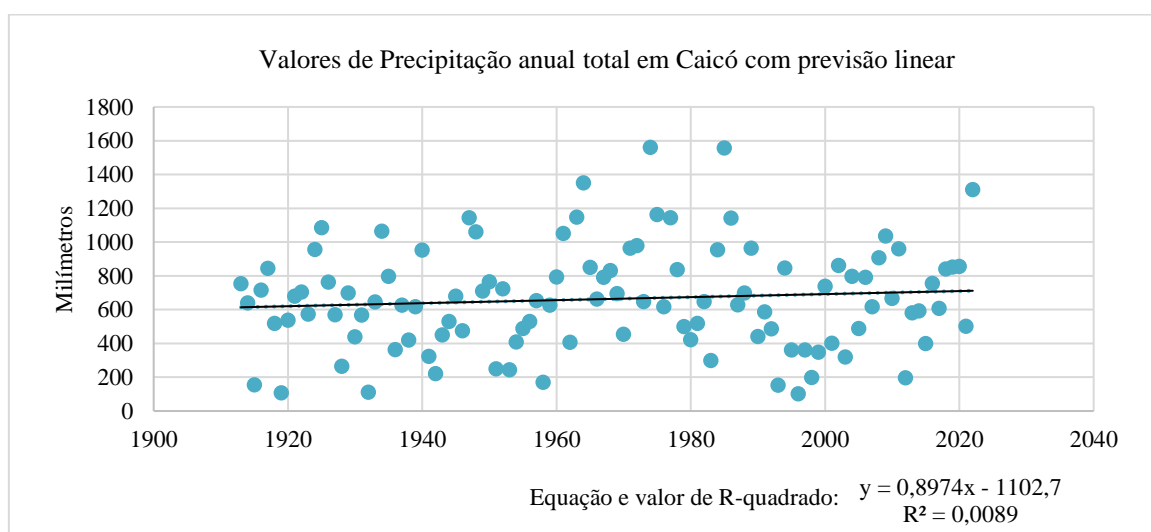
Fonte: Autores

Temos destaque na classe de 1317,3 – 1438,8 milímetros, onde para acontecer uma chuva anual nesta proporção, em um rol de dados de 110 anos, o tempo de recorrência estimado é de 100 anos, ou seja, é preciso em média um tempo de 110 anos para esse valor de precipitação acontecer novamente. Durante o período de 1913 – 2022, apenas 1 ano choveu nesta classe, sendo o ano de 1964 com valor de 1351,5 milímetros. A classe de 1195,8 – 1317,3 milímetros, apresentou apenas 1 ano dentro da faixa, sendo o ano de 2022 na qual choveu 1311,8 milímetros e assim poderá acontecer novamente durante um período de 111 anos. A classe de 588,3 – 709,8 milímetros possui o menor tempo de retorno, passando apenas 5 anos para acontecer novamente uma chuva anual, nessa faixa de classe apresentada.

### 3.4 Análise de tendência

Por último, trazemos a análise de tendência, exposta no gráfico 7 que também exhibe os valores anuais de chuva e a previsão linear da série em apreço. A partir dos dados analisados, percebe-se que não está havendo tendência de aumento ou diminuição da chuva em Caicó (Seridó potiguar), com  $r^2$  de 0,0089, o que significa que apenas 1% da variação da chuva está associada ao fator tempo. A ausência de tendência da chuva, considerando os valores anuais e sua variabilidade interanual para Caicó e outros municípios do Seridó, é corroborada pelos trabalhos de Lucena *et al* (2013), Neto *et al* (2015), Cabral-Junior e Lucena (2019) e Amorim *et al* (2020).

Gráfico 7: Previsão linear da precipitação em Caicó – RN (1913-2022).



Fonte: Autores

Lucena *et al* (2013) analisando dados de precipitação de uma série temporal de 100 anos para Caicó, a partir de uma reta de regressão estimada, observaram que o coeficiente angular não se mostrou estatisticamente significativo, não apontando qualquer tendência de aumento ou diminuição das chuvas. Neto *et al* (2015), aplicando o teste de Mann-Kendall para identificar tendências, verificou que o valor p foi 0,07, sendo maior que o nível de significância adotado de 5% (0,05), mostrando, portanto, que para Caicó não havia tendência é significativa (estatisticamente) para uma série de 102 anos. Nessa pesquisa o p-valor encontrado foi superior a 0,05, confirmando que não há significância estatística. Cabral-Junior e Lucena (2019), através do teste de Mann-Kendall, identificaram que não houve tendência significativa a 1% nas séries mensais e anuais da precipitação pluvial, no período analisado de 107 anos para o município de Caicó. Amorim *et al* (2020), aplicando o teste da tendência linear para o acumulado de precipitação do período chuvoso de 1900 a 2014 para o estado do Rio Grande do Norte, detectaram que a tendência não mostrou resultados significativos nas regiões do Semiárido (Oeste e Seridó potiguar).

Contudo, as análises de tendência podem trazer resultados distintos a partir do recorte temporal da série, por exemplo: Fetter *et al* (2012), ao analisar Caicó e município vizinhos considerando a série temporal de 1935 à 1983, encontraram mostram uma tendência significativa para aumento das chuvas nessa região homogênea.

Com relação aos programas utilizados, tanto o Microsoft Excel quanto o Jamovi auxiliaram no desenvolvimento das fórmulas e também na criação dos gráficos, sendo que ambos possuem interface amigável e atendem as técnicas e análises que foram utilizadas para uma melhor compreensão dos resultados numéricos (precipitação). No entanto, o Jamovi mostrou-se mais dinâmico na geração dos resultados das análises estatísticas e de regressão, enquanto o Excel apresentou maior liberdade na confecção dos gráficos.

#### **4. Conclusões**

Analisando os resultados obtidos através da estatística, de uma série temporal de 110 anos (1913 – 2022) conclui-se que o município de Caicó-RN apresentou uma grande variabilidade de chuva, onde existiram anos extremamente secos, chovendo abaixo de 250 milímetros e sendo classificados como desérticos e anos com valores acima de 1000



milímetros, sendo classificados como úmidos. Quando analisada as probabilidades, observou-se que as classes de chuva inferiores a 800 milímetros, que classificam o clima como semiárido foram a de maior ocorrência, representando mais de 60% da série histórica estudada.

As técnicas estatísticas foram de suma importância para encontrar alguns resultados interessantes na pesquisa, resultados esses que fazem total diferença na análise dos dados. As técnicas utilizadas foram: medidas de dispersão, tendência central, separatrizes, probabilidade e tempo de retorno e análise de tendência, sendo as mesmas amplamente utilizadas em trabalhos científicos das mais diversas áreas. Os métodos adotados, trazem resultados que dificilmente seriam descobertos sem a sua utilização, como por exemplo: valores médios da quantidade de chuva de um determinado local, a posição e quantificação de extremos positivos e negativos, a análise do tempo de recorrência de um determinado valor de precipitação, se a precipitação em determinado local está aumentando ou diminuindo.

O uso dos programas Microsoft Excel e Jamovi atenderam ao desenvolvimento das fórmulas e também na criação dos gráficos, e por sua característica de possuir uma interface amigável, acreditamos que os mesmos possam suprir análises estatísticas na avaliação de variáveis ambientais e climáticas.

Por último, concluiu-se que a instabilidade e a variabilidade das chuvas é uma realidade no município de Caicó/RN e sendo assim, é de suma importância que existam ações de planejamento e gestão dos recursos hídricos, como por exemplo, a distribuição de água adequadamente, para diversos tipos de uso, ou até mesmo a preparação para um ano de escassez, através do armazenamento de água em anos mais chuvosos.

## Referências

AB'SABER, A. N. **Caatingas**: O domínio dos sertões secos. *In*: Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. 1ª Edição. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ALMEIDA, H. A. de.; GALVANI, E. Climatologia do regime de chuvas em Campina Grande, PB: modelos e variabilidades. **Entre-Lugar**, 12(24), 147–169, 2021.  
<https://doi.org/10.30612/rel.v12i24.15076>

ALURA - ensino em tecnologia. **O que é um quartil?** Disponível em:  
<https://cursos.alura.com.br/forum/topico-o-que-e-um-quartil-193246> Acesso em 15 Abr 2023.

AMORIM, A. C. B., LUCIO, P. S. SILVA, C. M. S. RODRIGUES, D. T., NETO, F. A. de B. Regionalização e análise da tendência da precipitação do Rio Grande do Norte associados a padrões de

TSM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 2, 269-280, 2020, DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778635202>

CABRAL JÚNIOR, Jório Bezerra; LUCENA, Rebecca Luna. Analysis of precipitations by non-parametric tests of Mann-Kendall and Kruskal-Wallis. **Mercator**, Fortaleza, v. 19, dec. 2019. doi: <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19001>

CONTI, J. B. O conceito de Desertificação. **CLIMEP - Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 3, n. 2, p. 39-52, 2008.

FETTER, R., OLIVEIRA, C. H. de., SAITO, C. H., DEBORTOLI, N. As Chuvas na Microrregião Geográfica do Seridó: contribuições para a seleção de áreas nos estudos de mudanças climáticas da Rede Clima. In: **Anais do VI ENANPPAS**, setembro: Belem, Pará, 2012.

FRANCISCO, W. de. **Estatística básica: síntese da teoria, exercícios propostos e resolvidos**. 2ª Edição. Piracicaba: Editora Unimep, 1995.

GALVANI, E. **Métodos e técnicas de quantificação em Geografia**. In: VENTURI, L. A. B (Org). **Praticando Geografia: Técnicas de Campo e Laboratório**. 1ª Edição, v. 1, São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

GOMES, Dênis José Cardoso; PEREIRA, Fabianne Mesquita; DA SILVA, Davi Farias; DIAS, Gustavo Francesco de Moraes. Padrões hidroclimatológicos associados à dinâmica do uso da terra, município de Rio Branco-AC. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 43, 2022.

Kim, S. (2015). **ppcor: Partial and Semi-Partial (Part) Correlation**. [R package]. Retrieved from <https://cran.r-project.org/package=ppcor>.

LUCENA, R. L.; FERREIRA, A. M.; FERREIRA, H. F. P. A.; STEINKE, E. T. Variabilidade climática no município de Caicó/RN: secas e chuvas num arquétipo do clima semiárido do Nordeste brasileiro. **CLIMEP Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 8, p. 67-89, 2013.

LUCENA, R. L.; CABRAL JUNIOR, J. B.; STEINKE, E. T. Comportamento hidroclimatológico do estado do Rio Grande do Norte e do município de Caicó. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, p. 485-496, 2018.

MARCUZZO, F.; FARIA, T. G.; FILHO, R. de F. P. Chuvas no estado de Goiás: análise histórica e tendência futura. **ACTA Geográfica**. Vol 6, No 12. 125 – 137, mai./ago. de 2012.

MOURA, M. S. B. de; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. de L.; SOUZA, L. S. B. DE; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F. da. **Clima e água de chuva no Semi-Árido**. EMBRAPA Semiárido, 2007. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/159649/1/OPB1515.pdf> Acesso em 30 ago 2022.

NETO, F. A. de B.; ARAÚJO, G. R. G. de; BEZERRA, B. G., SILVA, C. M. S. e., MEDEIROS, J. Uma análise da variabilidade da precipitação e do índice de seca no Seridó potiguar: estudo de caso de Caicó/RN no período de 1911 a 2013. In: **Anais II Workshop internacional sobre águas no semiárido brasileiro**. Editora realize, disponível em: [https://editorarealize.com.br/editora/anais/wiasb/2015/TRABALHO\\_EV044\\_MD4\\_SA1\\_ID192\\_100920\\_15223154.pdf](https://editorarealize.com.br/editora/anais/wiasb/2015/TRABALHO_EV044_MD4_SA1_ID192_100920_15223154.pdf)

NIMER, E. **Circulação atmosférica do Nordeste e suas consequências: o fenômeno das secas**. In: **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

OLIVEIRA, F. R. M.; DANTAS, J. P.; NASCIMENTO, M. A. L. **Roteiro geoturístico do município de Caicó (RN), Nordeste do Brasil**. Anais.. XII SINAGEO, Crato/CE, 2018. Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/5/5-368-2140.html>

R Core Team. **R: A Language and environment for statistical computing.** (Version 4.1) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from MRAN snapshot 2022-01-01), 2021.

RAMIRES, J.; ARMOND, N. B.; SALGADO, C. M. **A variabilidade pluviométrica no Cariri cearense e a influência das teleconexões ENOS e ODP.** *In: Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento.* 2138-2150 pag. 2017. DOI: [10.20396/sbgfa.v1i2017.2431](https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2431)

REBOITA, M. S. **Introdução à Estatística Aplicada à Climatologia:** Parte I Estatística Descritiva. Projeto PAE. São Paulo, 2005.

SANT ANA, W. de O., BACK, A. J. TENDÊNCIA DO AUMENTO DE CHUVAS E SUAS IMPLICAÇÕES NA ESTABILIDADE DE ENCOSTAS NO SUL DE SANTA CATARINA. **Revista Tecnologia e Ambiente**, v. 25, 2019, Criciúma, Santa Catarina/SC ISSN Eletrônico 2358-9426 e ISSN Impresso 1413-8131.

SILVA. K. R. R. da. **A análise multivariada aplicada na seleção de fundas de renda variável.** Programa de Pós-Graduação em Estatística da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte: UFMG, 2017.

SILVA, A. R.; SANTOS, T. S. dos; QUEIROZ, D. E. de; GUSMÃO, M. O.; SILVA. T. G. F. da. Variações no índice de anomalia de chuva no semiárido. **Journal of Environmental Analysis and Progress.** V. 02 N. 04, 377-384, 2017.

SILVA, B. C. O.; NÓBREGA, R. S.; SOARES, A. M. J. Detecção de tendências climáticas da precipitação pluviométrica em anos anômalos (muitos) secos para o município de Caicó-RN. **Revista Cerrados**, [S. l.], v. 15, n. 02, p. 145–161, 2017. DOI: [10.22238/rc24482692v15n22017p145a161](https://doi.org/10.22238/rc24482692v15n22017p145a161)

SILVA, G. S.; SILVA, W. S.; SILVA, A. L.; ALMEIDA, N. V.; ARAÚJO, L. E. Análise da Precipitação da Microrregião do Cariri Oriental Paraibano. **REGNE**, Vol. 4, Nº 1, 42-57, 2018.

SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Semiárido. **Delimitação do Semiárido.** Disponível em: <http://antigo.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido> Acesso em 02 mar 2023.

The jamovi project. **Jamovi.** (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>. 2022.

TUKEY, J. W. **Exploratory Data Analysis.** 1. ed. Massachusetts: AddisonWesely, Series in Behavioral Science, 1977. 688p.

VIANELLO, R. L. **A estação meteorológica e seu observador.** Brasília: INMET, 2011.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística:** conceitos e aplicações. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

ZAVATTINI, A. J.; BOIN, M. N. **O tratamento estático do clima.** *In: Climatologia geográfica: teoria e prática de pesquisa.* Campinas/SP: Editora Alínea, 2013.

## STATISTICAL METHODS IN THE INTERANNUAL ANALYSIS OF RAINFALL: AN APPRAISAL OF THE HISTORICAL SERIES OF THE MUNICIPALITY OF CAICÓ/RN

### **Abstract**

*The main objective of this research was to evaluate the inter-annual variability of rainfall in the "Seridó potiguar" region through different statistical methods based on the municipality of Caicó, located in the interior of the state of Rio Grande do Norte. To this end, annual rainfall data from a 110-year historical series (1913–2022) was used. Analyses were carried out using measures of position and dispersion, separatrices, boxplot, probability, return time, and trend analysis. Among the main results found for Caicó-RN, the mean and median were ~650 mm/year, which classifies Caicó's climate as semi-arid. The inter-annual variability of rainfall in the municipality was found to be very high, with a coefficient of variation of over 40%. When the probability was analyzed, it was observed that the rainfall classes with values of less than 800 millimeters were the most frequent, representing more than 60% of the historical series. Regression analysis showed no trend towards an increase or decrease in rainfall. The methods adopted yielded results that would have been difficult to discover without their use, such as average values, the position and quantification of positive and negative extremes, and the analysis of the recurrence time of a given rainfall value and whether it is increasing or decreasing. The methods adopted yielded results that would have been difficult to discover without their use.*

**Keywords:** *Climate analysis; Variability; Mean and extreme values; Probability; Trend.*