

ANÁLISE MULTIVARIADA E TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO RECÔNCAVO SUL (BA)

*MULTIVARIATE ANALYSIS AND TREND OF PLUVIOMETRIC PRECIPITATION IN THE
HYDROGRAPHIC REGION OF THE RECONCAVO SOUTH (BA)*

Tailan Santos de SOUZA, Patricia dos Santos NASCIMENTO

Universidade Estadual de Feira de Santana. UEFS. Avenida Transnordestina, s/n - Novo Horizonte, Feira de Santana – BA.
E-mails: tailan_santoss@hotmail.com; patysnasc@gmail.com

Introdução
Material e Métodos
Área de Estudo
Tratamento e Aquisição dos Dados
Processamento dos Dados
Resultados e Discussão
Estatística Descritiva
Análise de Tendência
Mann-Kendall
Regressão Linear
Análise de Agrupamentos
Conclusões
Agradecimentos
Referências

RESUMO - O objetivo desta pesquisa foi analisar a variabilidade espacial e temporal das precipitações pluviométricas, no âmbito da região hidrográfica do Recôncavo Sul, a partir de técnicas de tendência e da análise multivariada. Essa região localiza-se no leste do estado da Bahia, com uma área de, aproximadamente, 16.990 km². Em posse da série histórica de dados pluviométricos entre 1985 e 2010, os dados anuais completos foram organizados e analisados temporalmente através da estatística descritiva básica. Em seguida, identificou-se a possibilidade de existência de tendências na série histórica, aplicando os testes de Mann-Kendall e da Regressão Linear, ambos para o nível de significância de 5%. Por fim, para esses anos, foi realizada uma análise multivariada, onde, por meio da análise de agrupamentos, utilizando a Técnica de Cluster, foram formados grupos pluviométricos similares, que configuram as zonas homogêneas, em função da precipitação mensal. O município com a maior precipitação média foi Valença e o ano foi 1985, enquanto as médias precipitadas mais baixas foram observadas no município de Milagres e o ano foi de 1993. Em ambos métodos de análise de tendência, o resultado foi o mesmo: apenas o município de Nilo Peçanha tem uma tendência significativa de queda da precipitação. A análise de agrupamentos resultou na divisão da área do Recôncavo Sul em três grupos homogêneos e um grupo anômalo, formado por dois municípios.

Palavras-chave: Chuvas, Teste de tendência, Agrupamentos, Zonas homogêneas.

ABSTRACT - The objective of this research was to analyze the spatial and temporal variability of rain, in the ambit of the hydrographic region of the Recôncavo South, from of trend techniques and multivariate analysis. This region is located in the eastern part of the state of Bahia, with an area of approximately 16.990 km². In possession of the historical series of rainfall data between 1985 and 2010, the complete annual data were organized and analyzed temporally through the basic descriptive statistics. After that, the possibility of existence of trends in the historical serie was identified, applying the Mann-Kendall and Linear Regression tests, both for the significance level of 5%. Finally, for those years, a multivariate analysis was carried out, where, through cluster analysis, using the Cluster Technique, similar pluviometric groups were formed, which configure the homogeneous zones, as a function of the monthly precipitation. The municipality with the highest average rainfall was Valença and the year was 1985, while the lowest precipitated averages were observed in the municipality of Milagres and the year was the of 1993. In both methods of trend analysis, the result was the same: only the municipality of Nilo Peçanha has a significant tendency of precipitation decrease. The analysis of clusters resulted in the division of the area of the Recôncavo South into three homogeneous groups and an anomalous group, formed by two municipalities.

Keywords: Rain, Trend test, Groupings, Homogeneous zones.

INTRODUÇÃO

A chuva é a principal forma de entrada de água no ciclo hidrológico terrestre e esse fenômeno meteorológico é de grande importância para manutenção de mananciais e para algumas atividades humanas, tais como agropecuária e pesca. Molina et al. (2014)

afirmam que estudos voltados para a caracterização do comportamento das chuvas são primordiais na elaboração de ações que priorizem o melhor aproveitamento da água, ao ponto que os mesmos auxiliam no planejamento dos usos múltiplos dos recursos hídricos, tais

como: irrigação, consumo industrial, geração de energia e abastecimento público.

A caracterização de eventos chuvosos consiste na determinação dos seus parâmetros principais (intensidade, tempo de recorrência, duração e altura pluviométrica) e na análise da distribuição desses parâmetros no tempo e no espaço. Em geral, os métodos estatísticos e os modelos hidrológicos utilizados nessas análises requerem séries longas e contínuas de dados de chuvas, para se obter um resultado representativo e consistente (Depiné et al., 2014). Tucci & Braga (2003) identificaram que uma boa avaliação dos processos hidrológicos depende da homogeneidade das séries, situação que não é observada na realidade, onde é constante a presença de falhas.

Mello et al. (2017), diante da dificuldade em se obter séries históricas de dados meteorológicos sem falhas nos registros, afirmam que o preenchimento das mesmas tem o objetivo de contribuir para a geração de dados mais confiáveis, que possibilitem o avanço de pesquisas nas áreas afins. Segundo Oliveira et al. (2010), o avanço nos estudos de gestão de recursos hídricos tem sido propiciado pela crescente utilização de variados métodos de modelagem para preenchimento de falhas nas séries temporais.

A análise de tendência, quando se trata de dados climáticos, deve ser entendida como o estudo de alterações suaves do clima, verificando-se os acréscimos ou decréscimos nos valores médios das variáveis analisadas (Ribeiro et al., 2014). A verificação de tendências nas séries históricas é de grande importância na

gestão dos recursos hídricos, já que os principais sistemas hidrológicos são projetados a partir de suposições da sequência de dados hidrológicos (Alexandre et al., 2010). Segundo Simões (2015), a aplicação de testes de tendência permite verificar se a série de valores estudados está aumentando ou diminuindo ao longo dos anos.

Quando diferentes variáveis são obtidas em um mesmo espaço amostral, a análise desses dados passa a ser realizada pela estatística multivariada ou multidimensional.

A pesquisa científica realizada com o auxílio do método multivariado tem como principais objetivos: redução ou simplificação dos dados (Andrade et al., 2007), classificação ou agrupamento dos indivíduos (Chierice & Landim, 2014; Malfatti et al., 2018) e investigação de dependência entre variáveis (Castellano et al., 2017).

A análise de agrupamentos, nessa pesquisa, teve a intenção de avaliar as similaridades entre indivíduos (postos pluviométricos) através de suas variáveis (índices pluviométricos), definindo-os em grupos homogêneos. Esse método segue uma linha de raciocínio, a qual procura-se identificar, em um número conveniente de grupos similares, os agrupamentos de indivíduos representados por pontos dentro de um espaço (Landim, 2010).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo analisar a variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica na região hidrográfica do Recôncavo Sul, identificando a presença de tendência sobre a série histórica de precipitação e determinando as zonas homogêneas da região, através da análise de agrupamentos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo desta pesquisa é a Região Hidrográfica do Recôncavo Sul, Estado da Bahia, incluída na Região Hidrográfica Nacional do Atlântico Leste. Segundo o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema, 2017), a região ocupa uma área total de 16.990 km². A população total do Recôncavo Sul, levando em consideração os municípios que a integram, é de 1.196.339,00 habitantes, sendo que os municípios mais populosos, segundo o IBGE, são: Santo Antônio de Jesus (90.985 habitantes), Valença (88.673 habitantes), Cruz das Almas (58.606 habitantes) e Jaguaquara (51.011 habitantes). A

figura 1 ilustra a localização da área de estudo no Estado da Bahia.

Passos (2016) afirma que na rede hidroviária da região está um dos rios mais importantes do Estado da Bahia, o Rio Jiquiriçá, principal elo cultural e de desenvolvimento econômico para os municípios da região. No setor da economia, predominam o turismo, a agricultura familiar, a citricultura, o fumo, o extrativismo vegetal (piaçava, coco e dendê), a pesca, a carcinicultura e o artesanato.

Aquisição e Tratamento dos Dados

Os dados utilizados nesse estudo estão disponíveis no HidroWeb da Agência Nacional de Águas (ANA) e no Banco de Dados de Recursos

Hídricos (BDRH) do INEMA. Tais dados compreendem séries históricas (diárias, mensais e anuais) de precipitação, coletadas por postos pluviométricos distribuídos espacialmente no estado da Bahia. Do total de 59 municípios do

Recôncavo Sul, 15 foram objetos do estudo, cada um possuindo 26 anos de observações. A figura 2 informa quais municípios tiveram seus dados estudados e como eles estão distribuídos na região.

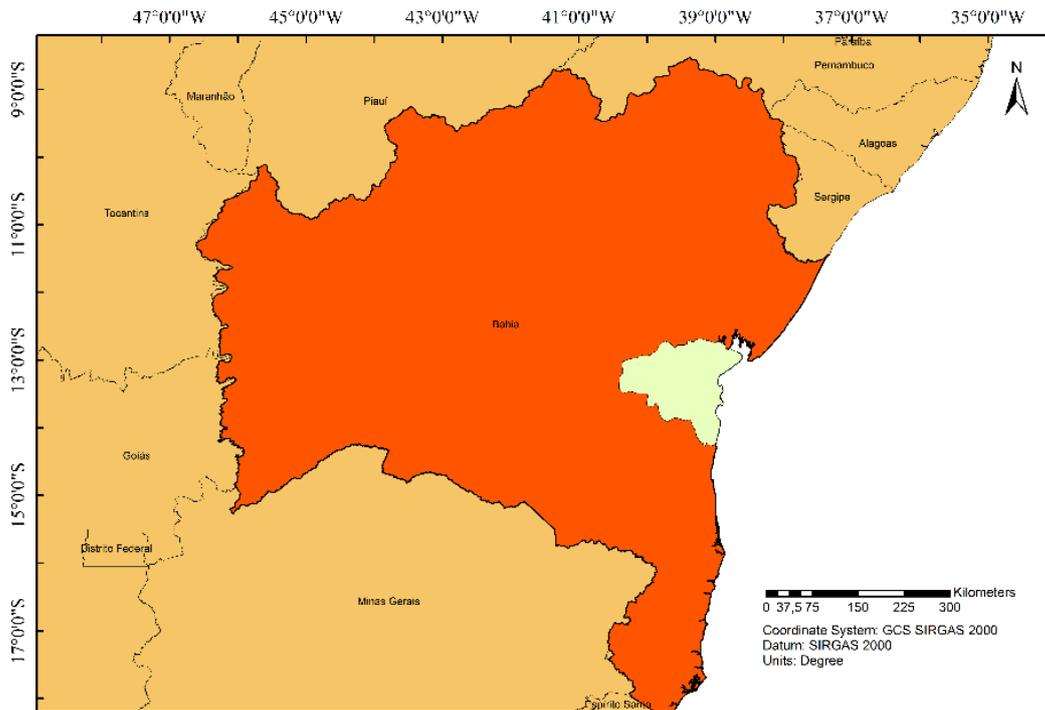


Figura 1 - Localização geográfica da Região Hidrográfica do Recôncavo Sul.

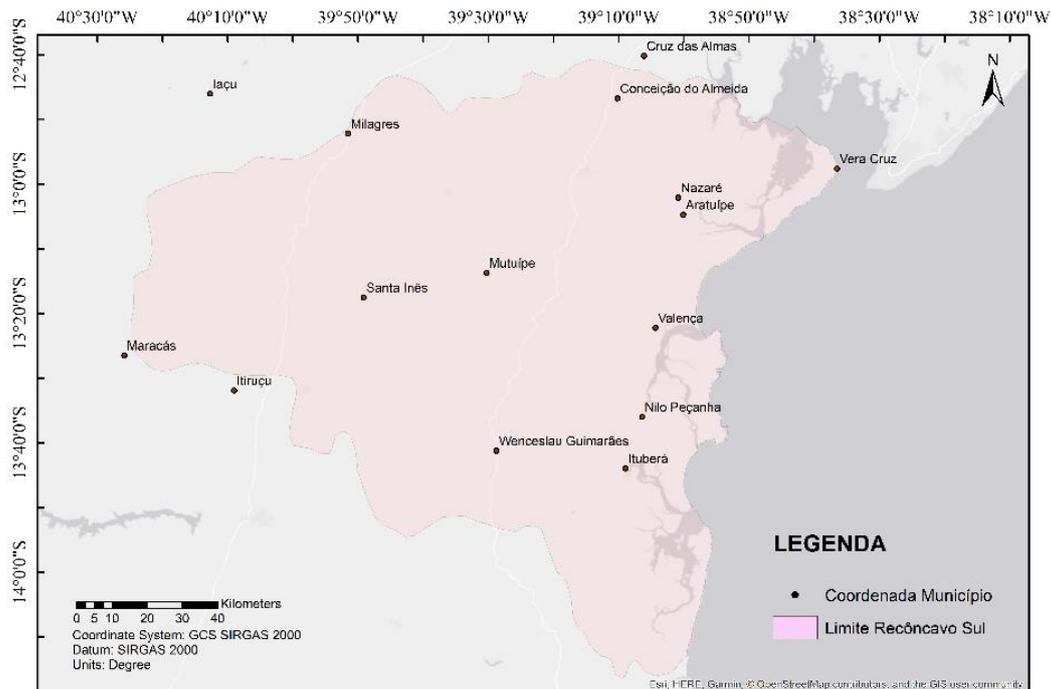


Figura 2 - Localização dos municípios estudados.

Foi utilizado mais de um posto de coleta para representar a série histórica de um mesmo município, dessa forma, adotou-se a localização georreferenciada do município, ao invés da localização do posto propriamente dito. A partir da rede de postos pluviométricos inseridos na região

hidrográfica do Recôncavo Sul, a série de dados pluviométricos para a análise da distribuição espacial e temporal das chuvas foi escolhida adotando-se um período de 26 anos, representados pelos valores totais mensais de janeiro de 1985 a dezembro de 2010.

Para realizar o preenchimento de falhas, optou-se pelo método de estimação da krigagem, que, segundo Landim (2000), trata-se de um processo de estimação por médias móveis, de valores de variáveis distribuídas no espaço a partir de valores adjacentes, enquanto considerados como interdependentes por uma função denominada de semivariograma. Landim et al. (2002), comparando os métodos de interpolação, afirma que a krigagem é o mais preciso.

Os dados mensais de precipitações foram analisados por meio do programa Surfer, versão 9, da "Golden Software, Inc.", 2010, sendo gerados os variogramas, gráficos que representam quantitativamente a variação de um fenômeno. De tais gráficos se extraem alguns parâmetros principais: o efeito pepita (Co), ponto inicial da curva, onde ela toca o eixo y, e o patamar (C), valor de y máximo da curva, o ponto em que não existe mais nenhuma correlação entre as variáveis (Malfatti et al., 2018).

Os variogramas experimentais foram ajustados eliminando-se os dados discrepantes (máximos e mínimos) da análise, até que fosse obtido o maior Índice de Dependência Espacial (IDE) para a série. Tal índice é dado pela equação abaixo e foi classificado, segundo os seguintes intervalos: dependência espacial fraca para $IDE \leq 25\%$, moderada para $25\% < IDE < 75\%$ e forte para $IDE \geq 75\%$ (Zimback, 2001).

$$IDE = \left(\frac{c}{c_0+c} \right) * 100 \quad \text{Eq. 1}$$

Para cada município que possuía dados incompletos, após o ajuste do variograma, a krigagem foi executada, resultando em um mapa de interpolação temporal, onde estão indicados os meses e os anos do período de estudo e por meio do qual foram obtidas as estimativas dos dados pluviométricos para o mês com falha.

Processamento dos Dados

Após o tratamento adequado dos dados, foi possível aplicar o cálculo da média aritmética (\bar{X}) para os dados de cada ano do estudo e de cada município isoladamente. Considerando que X_i representa os dados pluviométricos e n o número de observações, a equações utilizada está apresentada a seguir:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad \text{Eq. 2}$$

Essa análise básica, que fornece informações necessárias para conhecer as principais características de uma distribuição, tais como sua forma e dispersão, foi desenvolvida para os valores

totais anuais de precipitação (Bastos & Duquia, 2007). O banco de dados gerado pela estatística descritiva é de suma importância, ao ponto que auxilia toda interpretação dos resultados, além de ter sido utilizado na confecção dos gráficos e mapas de caracterização.

O teste de Mann-Kendall consiste na comparação de cada valor da série histórica com os valores restantes, sempre em ordem sequencial. Nessa comparação, deve-se contar o número de vezes que os termos restantes são maiores do que o valor analisado. Salviano et al. (2016) afirma que a estatística S é obtida pela soma de todas as contagens, conforme a equação a seguir:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad \text{Eq. 3}$$

Onde n é o comprimento da série; $k = 1, 2, \dots, n-1$; $j = 2, 3, \dots, n$. Já sgn é a função sinal, definida como:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1, & \text{se } (x_j - x_k) > 0 \\ 0, & \text{se } (x_j - x_k) = 0 \\ -1, & \text{se } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad \text{Eq. 4}$$

A estatística S tende a uma distribuição normal com média nula e variância $\text{Var}(S)$ (Simões, 2015; Salviano et al., 2016; Menezes & Fernandes, 2016). Esse cálculo da variância é dado por:

$$\text{Var}(S) = \frac{[n*(n-1)*(2n+5)]}{18} \quad \text{Eq. 5}$$

Segundo Menezes & Fernandes (2016), para valores pequenos de n , é assumida uma distribuição normal com o valor da estatística Z dado por:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{(\text{Var}(S))^{\frac{1}{2}}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{(\text{Var}(S))^{\frac{1}{2}}}, & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad \text{Eq. 6}$$

O valor Z pode indicar a presença de tendências estatisticamente significantes, além de testar a hipótese nula de que nenhuma tendência existe. Valores positivos indicam uma tendência crescente e negativos tendências decrescentes (Salviano et al., 2016). Na presente pesquisa, foi adotado um nível de significância de 5% ($p = 0,05$). De acordo com a tabela de distribuição normal, a tendência é significativa se $Z < -1,96$ para tendência de decrescimento dos dados e $Z > 1,96$ para tendência significativa de crescimento. Para os demais valores de Z , não se verifica alguma tendência significativa.

Ainda foi utilizado o método de Regressão Linear Simples, técnica importante na interpretação dos dados envolvendo as variáveis

tempo e chuva, como apontam Chierice & Landim (2014). Essa regressão consiste na relação de uma variável chamada de dependente com uma ou mais variáveis independentes através de uma equação linear, cuja finalidade é projetar ou estimar novas observações (Medeiros & Bianchi, 2009). O teste foi aplicado com o uso da ferramenta gráfica do Excel, versão 15, da Microsoft Corporation, 2013, com a opção de ajuste da linha de tendência para o nível de significância de 5%.

Tendo em posse as curvas características para cada município estudado, deve-se analisar o coeficiente angular da reta, parâmetro que define se a tendência é de crescimento ou decréscimo. Valores positivos representam tendência de aumento nos índices de chuva e valores negativos indicam tendência de diminuição. Como o nível de significância foi de 5%, se o valor-p de significação for $< 0,05$, a regressão é significativa, mas se for $\geq 0,05$, a regressão não é significativa (Silva Filho & Souza, 2013).

O método da análise de agrupamento adota o seguinte procedimento: dado um conjunto de n indivíduos, onde uma gama de informações pode ser armazenada em p variáveis, o método agrupa os indivíduos em função da informação existente, de modo que os indivíduos de um grupo sejam tão semelhantes quanto possível (Viera, 2014). Neste trabalho, os indivíduos foram definidos como os municípios inseridos na região do Recôncavo Sul e as variáveis foram os dados das precipitações mensais dos mesmos. A organização dos dados e a análise de agrupamentos foram realizadas através do programa RStudio, versão 1.1.453, RStudio Inc., 2009.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estatística Descritiva

A análise estatística descritiva dos 26 anos de dados para os 15 municípios da região hidrográfica possibilitou a avaliação das medidas de tendência, que estão representadas graficamente na figura 3. A média de precipitação encontrada foi de 1282,31 mm, sendo que o conjunto de dados anuais apresentou uma variação de 150,1 mm a 3037,5 mm, o que pode ser explicado pela grande variabilidade climática no interior dessa região hidrográfica, representada principalmente pela presença do clima semiárido da Caatinga. Chierice & Landim (2014), no estudo da bacia do rio Mogi Guaçu verificaram a flutuação dos dados anuais entre 864,3 e 3029,5 mm, uma variação mais baixa,

Adotou-se para a medida de distância, a distância euclidiana, já que esta é a medida de dissimilaridade mais comumente aplicada para variáveis quantitativas, no caso, a precipitação pluviométrica (Chierice & Landim, 2014; Malfatti et al., 2018). A distância euclidiana (d) entre duas observações (i e j) p -dimensionais de uma variável (x), caracteriza-se como sendo:

$$d_{ij} = \|x_i - x_j\| = \left[\sum_{k=1}^p (x_{i,k} - x_{j,k})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \text{ Eq. 7}$$

Como representação de saída dos resultados da análise de agrupamentos têm-se uma forma gráfica conhecida como dendrograma, um gráfico em formato de árvore que dispõe o agrupamento entre os indivíduos similares em um eixo e a medida de similaridade entre as variáveis em outro. Os resultados da classificação hierárquica, quando organizados em um gráfico do tipo dendrograma, mostrarão as relações das amostras agrupadas (Landim et al., 2002). Os grupos formados através do dendrograma foram representados através de um mapa com as regiões homogêneas, feito com o auxílio do programa Surfer 9, utilizando-se como método de interpolação o inverso do quadrado da distância.

Essa metodologia de análise de agrupamentos tem sido amplamente empregada por inúmeros pesquisadores no campo da meteorologia, sempre quando o intuito é dividir regiões em zonas homogêneas quanto às características peculiares, ou seja, as técnicas estatísticas de homogeneização estão sendo cada vez mais importantes para captar características semelhantes e resultar em padrões regionalizados de chuvas similares (Freitas et al., 2013).

haja visto uma diversidade climática menor.

A figura 4 foi elaborada para retratar o comportamento da precipitação média para os municípios inseridos na área de estudo em relação à média de toda região. Analisando esse histograma, nota-se que o município com a maior pluviosidade média foi Valença, onde o volume médio foi de 2052,56 mm, seguido dos municípios de Aratuípe e Vera Cruz, onde os volumes médios foram 2030,95 mm e 1988,30 mm, respectivamente. Na situação inversa, o município com a menor pluviosidade média foi Milagres, quando o volume médio foi de 493,78 mm, seguido dos municípios de Iaçú e Santa Inês, onde os volumes médios foram 548,12 mm e 563,76 mm, respectivamente.

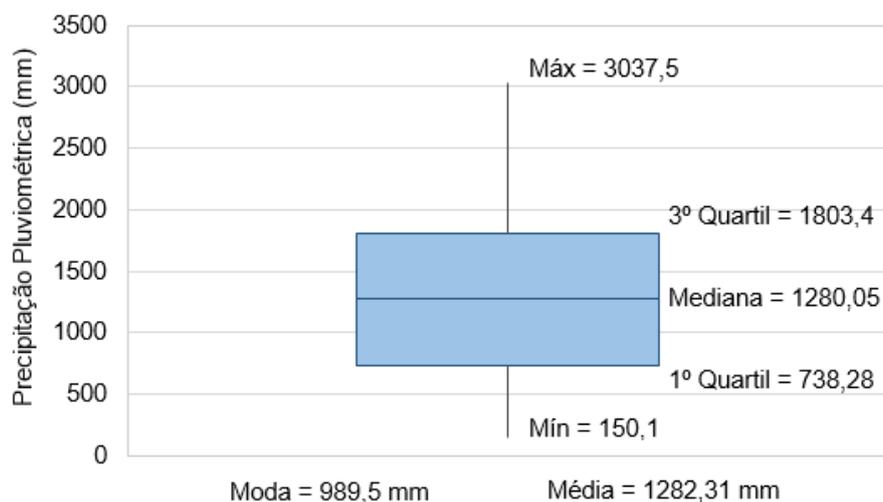


Figura 3 - Estatística descritiva para o conjunto de dados no período de 1985 a 2010.

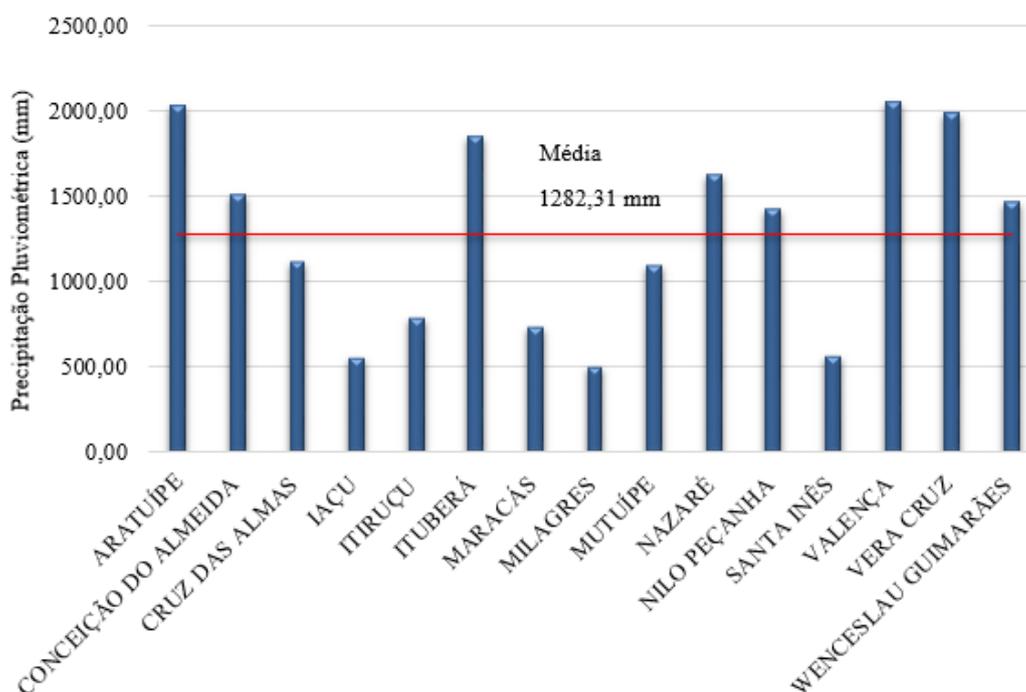


Figura 4 - Precipitação média anual para os municípios.

De forma análoga, a figura 5 ilustra a precipitação total anual média para a região no período de estudo, entre os anos de 1985 e 2010. As barras verticais indicam o valor da média para cada ano representado no eixo horizontal, enquanto a linha horizontal representa a média total.

Analisando esse gráfico, verifica-se que o ano com a maior pluviosidade média foi 1985, quando o volume médio foi de 1584,86 mm, seguido dos anos 1999 e 1989, onde os volumes médios foram 1583,81 mm e 1548,11 mm, respectivamente. Por outro lado, o ano com a menor pluviosidade média foi 1993, quando o volume médio foi de 900,58 mm, seguido dos anos 1987 e 2009, onde os volumes médios foram 960,31 mm e 1106,25 mm,

respectivamente.

Análise de Tendência

Mann-Kendall

O primeiro método de tendência desse estudo foi aplicado para os dados de cada município dentro do período de 26 anos. Após a realização do teste, verificou-se que sete municípios apresentaram valor de Z maior que zero, mesma quantidade de municípios com valor menor que zero e apenas um apresentou Z igual a zero. A análise foi feita para o nível de significância de 5%, constatando-se que apenas um, dentre os quinze municípios estudados, apresentou tendência significativa de diminuição. A Tabela 1 traz o resultado do teste Mann-Kendall com a respectiva tendência encontrada, para cada município do estudo.

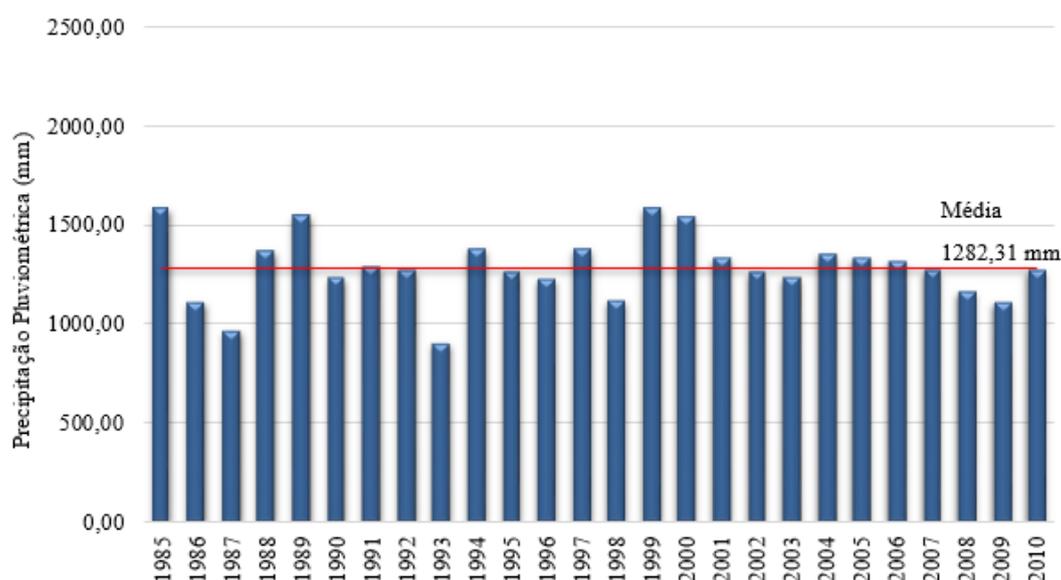


Figura 5 - Médias anuais do volume de chuva no período de 1985 a 2010.

Tabela 1 - Resultados do teste Mann Kendall para os municípios do estudo.

Município	Valor de Z	Tendência
Aratuípe	-1,058	Sem Tendência
Conceição do Almeida	-0,97	Sem Tendência
Cruz das Almas	0,353	Sem Tendência
Iaçu	-0,309	Sem Tendência
Itiruçu	1,234	Sem Tendência
Ituberá	0	Sem Tendência
Maracás	-0,264	Sem Tendência
Milagres	1,146	Sem Tendência
Mutuípe	1,543	Sem Tendência
Nazaré	0,705	Sem Tendência
Nilo Peçanha	-2,425	Diminuição
Santa Inês	1,322	Sem Tendência
Valença	-1,322	Sem Tendência
Vera Cruz	0,441	Sem Tendência
Wenceslau Guimarães	-0,617	Sem Tendência

Simões (2015) aplicou esse mesmo teste de tendência para 180 estações climáticas espalhadas no estado da Bahia. Nove municípios do presente estudo também foram avaliados pelo autor. Para o mesmo nível de significância, ambos estudos detectaram tendência significativa de decréscimo para o município de Nilo Peçanha. A Tabela 2 mostra um comparativo dos resultados encontrados pelas duas pesquisas.

Nota-se a presença de valores distintos de Z para todos os municípios e ainda sinais diferentes para o município de Nazaré. Essas divergências podem ser justificadas pela diferença entre o período adotado da série histórica. Enquanto Simões (2015) adotou o período de 1980-2012, nesta pesquisa utilizou-se o período de 1985-2010. Apesar de haver essa diferença temporal,

os resultados da tendência final foram os mesmos, uma vez que o período desta pesquisa está compreendido no período da pesquisa de Simões (2015).

Regressão Linear

O segundo método de tendência também foi aplicado individualmente para os dados de cada município. Feito o teste, verificou-se que oito municípios apresentaram coeficiente angular (α) maior que zero e nos outros sete municípios, α foi menor que zero. Para o nível de significância de 5% e baseado nos resultados para o valor-p, constatou-se que apenas o município de Nilo Peçanha apresentou tendência significativa de diminuição da precipitação. A Tabela 3 traz o resultado do teste de Regressão Linear com a respectiva tendência encontrada, para cada município do estudo.

Tabela 2 - Comparação entre os resultados do teste Mann-Kendall obtidos em diferentes estudos.

Município	Presente Estudo		Simões (2015)	
	Valor de Z	Tendência	Valor de Z	Tendência
Aratuípe	-1,058	Sem Tendência	-0,57	Sem Tendência
Iaçu	-0,309	Sem Tendência	-1,6	Sem Tendência
Ituberá	0,000	Sem Tendência	-1,72	Sem Tendência
Mutuípe	1,543	Sem Tendência	0,17	Sem Tendência
Nazaré	0,705	Sem Tendência	-0,88	Sem Tendência
Nilo Peçanha	-2,425	Diminuição	-3,33	Diminuição
Santa Inês	1,322	Sem Tendência	0,51	Sem Tendência
Valença	-1,322	Sem Tendência	-1,44	Sem Tendência
Wenceslau Guimarães	-0,617	Sem Tendência	-0,2	Sem Tendência

Tabela 3 - Resultados do teste Regressão Linear para os municípios do estudo.

Município	Alfa	Valor-P	Tendência
Aratuípe	-5,66	0,486	Sem Tendência
Conceição do Almeida	-6,70	0,368	Sem Tendência
Cruz das Almas	3,09	0,584	Sem Tendência
Iaçu	-5,03	0,406	Sem Tendência
Itiruçu	1,74	0,751	Sem Tendência
Ituberá	3,85	0,649	Sem Tendência
Maracás	-0,87	0,829	Sem Tendência
Milagres	2,30	0,586	Sem Tendência
Mutuípe	10,92	0,058	Sem Tendência
Nazaré	8,07	0,293	Sem Tendência
Nilo Peçanha	-25,55	0,018	Diminuição
Santa Inês	8,85	0,274	Sem Tendência
Valença	-4,86	0,582	Sem Tendência
Vera Cruz	3,04	0,79	Sem Tendência
Wenceslau Guimarães	-7,88	0,361	Sem Tendência

Após realizados os dois testes de tendências citados anteriormente, pode ser feita uma comparação entre os resultados obtidos. Os dados obtidos em ambos testes foram compatíveis, uma vez que a maioria dos municípios avaliados tiveram o mesmo tipo de tendência (crescimento ou decréscimo), em virtude do valor Z e do alfa possuírem o mesmo sinal, com a ressalva de Ituberá, que no teste de Mann-Kendall não apresentou tendência. Além disso, a significância da tendência para um mesmo município, permaneceu igual nos dois testes.

Análise de Agrupamentos

Fazendo uso da análise multivariada, a área da região hidrográfica do Recôncavo Sul foi repartida em grupos homogêneos, obtidos por meio da análise de agrupamentos.

Essa análise resultou em três grupos homogêneos e um grupo anômalo, formado por dois municípios.

Freitas et al. (2013) constatou que a técnica de análise de agrupamentos foi a que melhor representou a natureza dos dados através da semelhança, utilizando como função de agrupamento a distância euclidiana. O dendrograma resultante da análise realizada está representado na figura 6.

A figura 7 apresenta um mapa com a distribuição espacial das três zonas homogêneas e das zonas consideradas anômalas dentro da área do Recôncavo Sul. Numa análise de agrupamentos semelhante, aplicada na bacia do Rio Mogi Guaçu, Chierice & Landim (2014) observaram que a técnica é eficaz, já que os resultados obtidos através do dendrograma

possibilitaram o agrupamento de regiões com características semelhantes e o distanciamento das regiões heterogêneas, evidenciando características marcantes na regionalização da

pluviosidade, o que se aplica no caso da diferença climática entre as porções inseridas no sertão e no litoral do Recôncavo Sul, que se encontram em agrupamentos distintos.

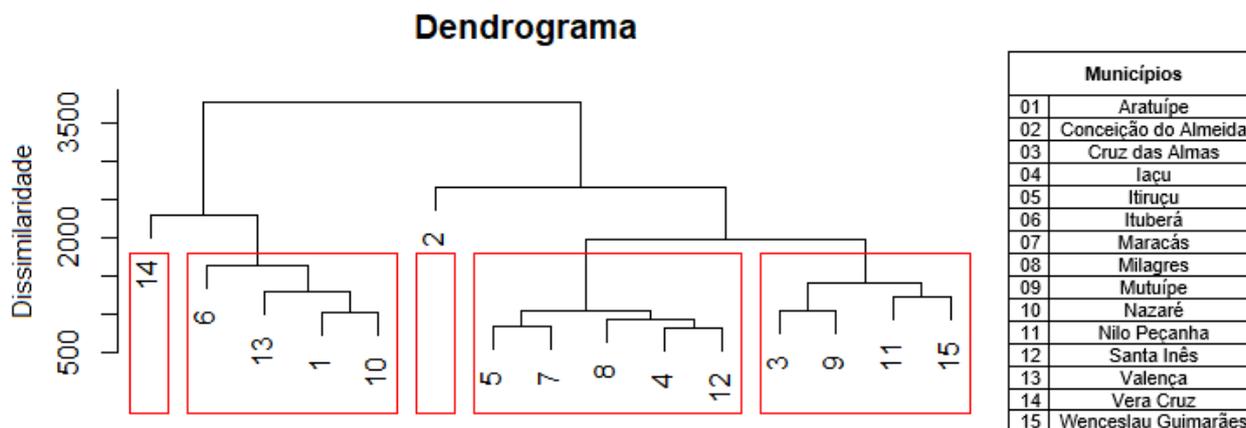


Figura 6 - Dendrograma dos 15 municípios localizados no Recôncavo Sul.

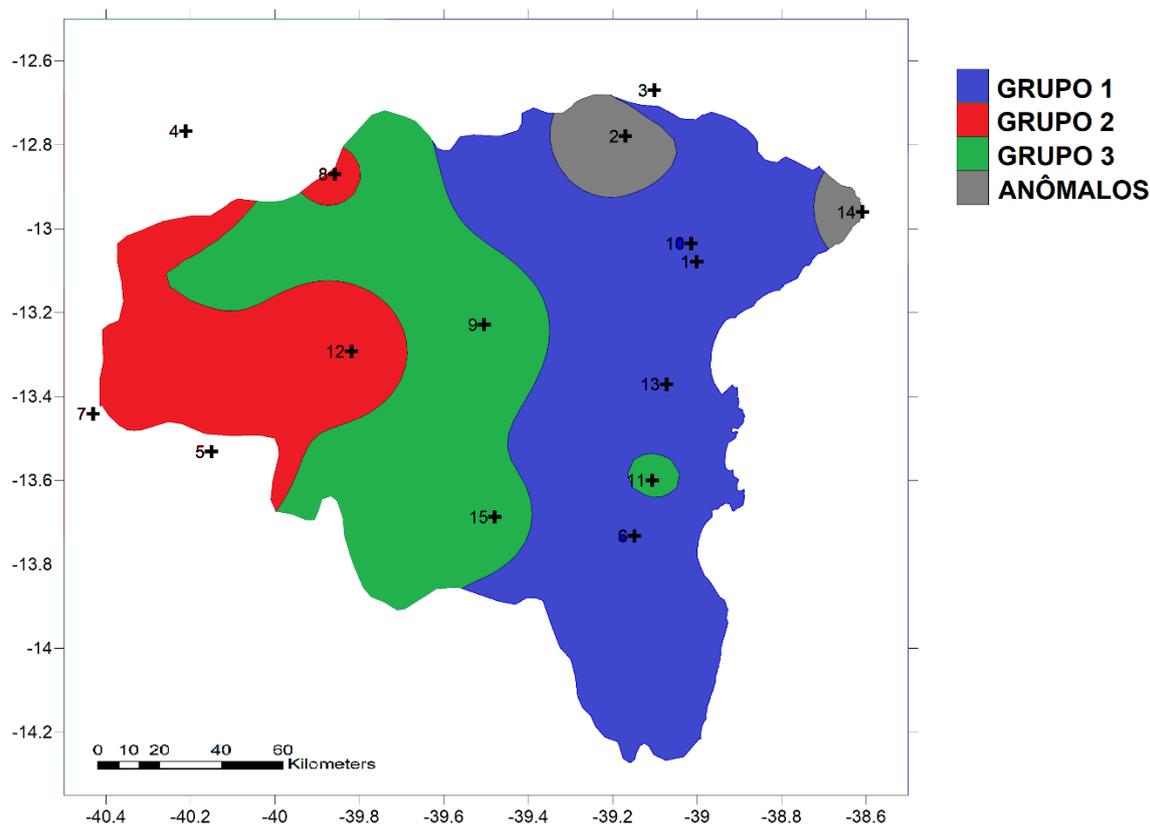


Figura 7 - Distribuição espacial dos grupos homogêneos.

O grupo 1 abrange os municípios de Aratuípe, Ituberá, Nazaré e Valença, que estão localizados na porção leste do Recôncavo Sul e apresentam os valores pluviométricos mais elevados, com a pluviosidade média anual de 1886,15 mm. Este fato pode ser justificado pela maior proximidade da região com o oceano, tomando praticamente toda extensão litorânea. Vale ressaltar que as altitudes desses municípios não ultrapassam os 40 m em relação ao nível do mar.

O grupo 2 contém os municípios de Iaçu, Itiruçu, Maracás, Milagres e Santa Inês, que

estão localizados na porção oeste do Recôncavo Sul e apresentam os valores pluviométricos mais reduzidos, com a pluviosidade média anual de 623,56 mm. A região está inserida na faixa semiárida, motivo pelo qual apresentou os menores índices pluviométricos. Além disso, os municípios desse grupo possuem as maiores altitudes dentre os municípios avaliados no presente estudo.

O grupo 3 é composto pelos municípios de Cruz das Almas, Mutuípe, Nilo Peçanha e Wenceslau Guimarães, que estão localizados na

porção central do Recôncavo Sul e apresentam pluviosidade média anual de 1269,84 mm. A região está inserida na faixa de transição, entre o litoral e o sertão. Já o grupo 4 contempla aqueles municípios que foram considerados anômalos na análise de agrupamentos, são eles: Conceição do Almeida e Vera Cruz. É considerável que os dados pluviométricos de Vera Cruz possam ser

destacados como diferenciados dentre os demais municípios desse estudo, visto que o município é o mais próximo do Oceano Atlântico, tem a altitude mais baixa de todas (13 m) e ainda apresenta uma das maiores médias de chuva dentro do período de estudo, inclusive possuindo o maior índice anual: 3037,50 mm no ano de 1989.

CONCLUSÕES

O ano e o município de maior pluviosidade média foram 1985 e Valença, respectivamente, enquanto 1993 e Milagres foram o ano e a cidade com a menor pluviosidade. Em ambos métodos de análise de tendência utilizados (Mann-Kendall e Regressão Linear Simples) o resultado foi o

mesmo: apenas o município de Nilo Peçanha possui tendência significativa de diminuição na precipitação. A análise de agrupamentos resultou na divisão da área do Recôncavo Sul em três grupos homogêneos e um grupo anômalo, formado por dois municípios.

AGRADECIMENTOS

Esse artigo faz parte do trabalho de conclusão do curso de Engenharia Civil do autor principal. Os autores gostariam de agradecer à Universidade Estadual de Feira de Santana, pela oportunidade de realização da pesquisa e por proporcionar um ambiente de estudo saudável.

Os autores também agradecem às contribuições do colega Eduardo Cohim, cujas sugestões aprimoraram o trabalho realizado.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, G.R.; BAPTISTA, M.B.; NAGHETTINI, M. Estudo para identificação de tendências do regime pluvial na região metropolitana de Belo Horizonte a partir de métodos estatísticos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 2, p. 115-126, Abr/Jun 2010.
- ANDRADE, E.M.; ARAÚJO, L.F.P.; ROSA, M.F.; DISNEY, W.; ALVES, A.B. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 683-690, 2007.
- BASTOS, J.L.D. & DUQUIA, R.P. Medidas de dispersão: os valores estão próximos entre si ou variam muito?. **Scientia Medica**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 40-44, 2007.
- CASTELLANO, G.R.; MORENO, L.X.; MENEGÁRIO, A.A.; GOVONE, J.S.; GASTMANS, D. Quantificação das emissões de CO₂ pelo solo em áreas sob diferentes estádios de restauração no domínio da Mata Atlântica. **Química Nova**, v. 40, n. 4, p. 407-412, 2017.
- CHIERICE, R.A.F. & LANDIM, P.M.B. Variabilidade espacial e temporal de precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu. **Geociências**, UNESP, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 157-171, 2014.
- DEPINÉ, H.; CASTRO, N.M.R.; PINHEIRO, A.; PEDRO, O. Preenchimento de Falhas de Dados Horários de Precipitação Utilizando Redes Neurais Artificiais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 1, p. 51-63, 2014.
- FREITAS, J.C.; ANDRADE, A.R.S.; BRAGA, C.C.; NETO, A.H.G.; ALMEIDA, T.F. Análise de agrupamentos na identificação de regiões homogêneas de índices climáticos no estado da Paraíba, PB - Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 4, p. 732-748, 2013.
- INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - INEMA. **CBH Recôncavo Sul**. Disp. em: <www.inema.ba.gov.br/gestao-2/comites-de-bacias/comites/cbh-reconcavo-sul>. Acesso em: 17 de out. 2017.
- LANDIM, P.M.B. **Análise estatística de dados geológicos multivariados**. Rio Claro, SP: UNESP, 120 p., 2000.
- LANDIM, P.M.B. **Introdução à análise estatística de dados geológicos multivariados**. Rio Claro, SP: UNESP, 229 p., 2010
- LANDIM, P.M.B.; MONTEIRO, R.C.; CORSI, A.C. **Introdução à confecção de mapas pelo software SURFER**. Rio Claro, SP: UNESP, 21 p., 2002.
- MALFATTI, M.G.L.; CARDOSO, A.O.; HAMBURGER, D.S. Identificação de regiões pluviométricas homogêneas na bacia hidrográfica do Rio Paraná. **Geociências**, v. 37, n. 2, p. 409-421, 2018.
- MEDEIROS, F.S.B.; BIANCHI, R.C.A aplicação do método regressão linear simples na demanda de produtos sazonais: um estudo de caso. **Disciplinarum Scientia**, Ciências Sociais Aplicadas, v. 5, n. 01, p. 35-53, 2009.
- MELLO, Y.R.; KOHLS, W.; OLIVEIRA, T.M.N. Uso de diferentes métodos para o preenchimento de falhas em estações pluviométricas. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 35, n. 1, p. 112-121, 2017.
- MENEZES, F.P. & FERNANDES, L.L. Análise de tendência e variabilidade da precipitação no Estado do Pará. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 13, n. 24, p. 1580-1591, 2016.
- MOLINA, S.K.M.; ALMEIDA, I.K.; STEFFEN, J.L.; ALVES SOBRINHO, T. Caracterização de disponibilidade hídrica e comparação de metodologia de regionalização de vazões. **Geociências**, v. 33, n. 3, p. 506-515, 2014.
- OLIVEIRA, L.F.C.; FIOREZE, A.P.; MEDEIROS, A.M.M.; SILVA, M.A.S. Comparação de metodologias de

- preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluviométrica anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p. 1186-1192, 2010.
- PASSOS, B.M.F. **Avaliação dos Serviços de Água e Esgoto na RPGA Recôncavo Sul: Diagnóstico e Desafios frente as Políticas de Recursos Hídricos e de Saneamento Básico**. Cruz das Almas, 2016. 104 p. Dissertação (Mestrado), Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.
- RIBEIRO, R.E.P.; ÁVILA, P.L.R.; BRITO, J.I.B.; SANTOS, E.G.; SOUSA, L.F. Análise da tendência climática nas séries temporais de temperatura e precipitação de Tucuruí-Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 798-807, 2014.
- SALVIANO, M.F.; GROppo, J.D.; PELLEGRINO, G.Q. Análise de Tendências em Dados de Precipitação e Temperatura no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, p. 64-73, 2016.
- SILVA FILHO, A.S. DE. & SOUZA, A.C. O uso da regressão linear na logística reversa no Brasil. **Revista de Ciências Gerenciais**, v. 17, n. 25, p. 255-264, 2013.
- SIMÕES, Y.S. **Análise de tendências do comportamento de chuvas no estado da Bahia**. Feira de Santana, 2015. 230 p. Trabalho (Conclusão de Curso), Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana.
- TUCCI, C.E.M. & BRAGA B. (orgs.). **Clima e Recursos hídricos no Brasil**. Porto Alegre: Coleção ABRH, 2003. 348 p.
- ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. Botucatu, 2001. 114 p. Tese (Livre-Docência em Levantamento do Solo e Fotopedologia), Universidade Estadual Paulista

Submetido em 22 de abril de 2019

Aceito em 30 de março 2020