

TENDÊNCIA E SAZONALIDADE DO REGIME TÉRMICO E DE PLUVIOSIDADE DO MUNICÍPIO DE BANDEIRANTES/PR

TREND AND SEASONALITY OF THE THERMAL AND PLUVIOSITY REGIME OF THE CITY OF BANDEIRANTES/PR

TENDENCIA Y ESTACIONALIDAD DEL RÉGIMEN TÉRMICO Y DE PLUVIOSIDAD DE LA CIUDAD DE BANDEIRANTES/PR

Alessandra Fagioli

Doutora e Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – FCA/UNESP/Botucatu. Professor do Centro Estadual de Educação Profissional Agrícola Fernando Costa.

alefagioli@hotmail.com / <http://orcid.org/0000-0002-9060-8698>

Mauro Januário

Bacharel em Meteorologia e Mestre em Agrometeorologia pela Universidade de São Paulo – USP. Professor do curso de Agronomia da Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP/Campus Luiz Meneghel/Bandeirantes-PR.

maurojanuario@uenp.edu.br / <http://orcid.org/0000-0002-7386-8690>

Maria Aparecida Valério

Graduada em Engenharia Agrônoma e Mestre em Estatística e Experimentação Agrônoma pela Universidade de São Paulo – USP. Professora Assistente na Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP/Campus Luiz Meneghel/Bandeirantes-PR.

mavalerio@uenp.edu.br / <http://orcid.org/0000-0002-3433-2922>

Recebido para avaliação em 12/02/2019; Aceito para publicação em 24/09/2019.

RESUMO

As diversas atividades na área rural são condicionadas pelo tempo e pelo clima. As pesquisas sobre as mudanças climáticas se baseiam em alterações verificadas nas séries históricas de dados meteorológicos. Para atender tanto as necessidades de informações confiáveis, quanto para constatar possíveis mudanças no conjunto de dados, modelos matemáticos e técnicas estatísticas são largamente utilizadas para a análise das informações meteorológicas. O presente trabalho se propôs a verificar a presença de sazonalidade e de tendência em séries das temperaturas máxima, mínima e média do ar e precipitação, obtidas em duas localidades de Bandeirantes/PR. Elas foram coletadas na Estação Agrometeorológica da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP) e no Posto Termo-Pluviométrico da Fazenda Nomura. Os dados da UENP compreendem os anos de 1974 a 2016 (42 anos) e aqueles da Nomura, entre 1943 e 2017 (74 anos). A avaliação da sazonalidade e da tendência de variação foram realizadas pela análise espectral e por meio do teste não paramétrico de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975). Os três dados diários da temperatura do ar e a precipitação, nas duas localidades, apresentaram sazonalidade de aproximadamente 365 dias. A análise mostrou que há uma tendência de aumento nas temperaturas do ar nos dois pontos: o clima de Bandeirantes está, portanto, mais quente. No entanto, as máximas do ar para a UENP são maiores do que aquelas da Nomura. A tendência foi verificada para todos os dados, com exceção da precipitação na Estação UENP.

Palavras-chave: Análise Temporal; Sazonalidade; Tendência.

ABSTRACT

The various activities in the rural area are conditioned by weather and climate. Research on climate change is based on changes in the historical series of meteorological data. To meet both the needs for reliable information and to verify possible changes in the data set, mathematical models and statistical techniques are widely used for the analysis of meteorological information. The present work aimed to verify the presence of seasonality and trend in series of maximum, minimum and average air temperatures and precipitation, obtained in two localities of Bandeirantes/PR. They were collected at the Agrometeorological Station of the State University of the North of Paraná (UENP) and at the Termo-Pluviometric Station of Fazenda Nomura. The data of the UENP comprise the years 1974 to 2016 (42 years) and those of Nomura, between 1943 and 2017 (74 years). The evaluation of the seasonality and the trend of variation were performed by spectral analysis and by the non-parametric Mann-Kendall test (MANN, 1945; KENDALL, 1975). The three daily air temperature and precipitation data in the two localities presented seasonality of approximately 365 days. The analysis showed that there is a tendency of increase in the air temperatures in the two points: the climate of Bandeirantes is, therefore, warmer. However, the air maxima for the UENP are larger than those of the Nomura. The trend was verified for all data, with the exception of precipitation at the UENP Station.

Keywords: Temporal Analysis; Seasonality; Trend.

RESUMEN

Las diversas actividades en el área rural están condicionadas por el tiempo y el clima. Las investigaciones sobre el cambio climático se basan en cambios en las series históricas de datos meteorológicos. Para atender tanto las necesidades de información confiable, como constatar posibles cambios en el conjunto de datos, modelos matemáticos y técnicas estadísticas son ampliamente utilizadas para el análisis de las informaciones meteorológicas. El presente trabajo se propuso verificar la presencia de estacionalidad y de tendencia en series de las temperaturas máxima, mínima y media del aire y precipitación, obtenidas en dos localidades de Bandeirantes/PR. Ellas fueron recolectadas en la Estación Agrometeorológica de la Universidad Estadual del Norte de Paraná (UENP) y en el Puesto Termo-Pluviométrico de la Hacienda Nomura. Los datos de la UENP comprenden los años 1974 a 2016 y los de Nomura, 1943 y 2017. La evaluación de la estacionalidad y de la tendencia de variación fueron realizadas por el análisis espectral y por medio del test no paramétrico de Mann-Kendall (MANN, 1945, KENDALL, 1975). Los datos de la temperatura del aire y la precipitación, presentaron estacionalidad de aproximadamente 365 días. El análisis mostró que hay una tendencia de aumento en las temperaturas del aire en los dos puntos: el clima de Bandeirantes está, por lo tanto, más caliente. Sin embargo, las máximas del aire para la UENP son mayores que las de la Nomura. La tendencia fue verificada para todos los datos, con excepción de la precipitación en la UENP.

Palabras clave: Análisis Temporal; Estacionalidad; Tendencia.

INTRODUÇÃO

Os dados climáticos, como a temperatura do ar e a precipitação, têm grande importância em empreendimentos agrônômicos, e para a caracterização adequada destes parâmetros meteorológicos é necessária a utilização de modelos matemáticos e técnicas estatísticas aliadas às ferramentas computacionais como a análise de séries temporais.

A análise de séries temporais é a abordagem sistemática pela qual se responde à questão de dados correlacionados no tempo. O estudo de séries temporais tem se mostrado de grande utilidade em várias áreas, como no estudo De Oliveira et al. (2017), no qual

afirmam que mudanças no comportamento das variáveis climáticas influenciam diretamente a produção das florestas plantadas; e, no acompanhamento das influências climáticas nas características fisiológicas de vacas mestiças em lactação (ARAÚJO et al., 2016).

O estudo do padrão das variáveis climáticas de uma determinada região é uma preocupação constante dos pesquisadores da área de climatologia e meteorologia (BEZERRA, 2015; CARDIM, 2001; CARDOSO et al., 1998; CURI, 1984; LOMBARDI NETO e BRUGOWICH, 1994; SILVA et al., 2003a; VERONESE e GUIMARÃES, 2002).

Trabalhando com precipitação pluviométrica, Ferraz (1999) e Silva et al. (2003b) verificaram a presença de sazonalidade nas séries analisadas. Em relação a dados climáticos, trabalhos desenvolvidos por Ferraz (1999), Gonçalves (1983) e Lúcio et al. (1998) mostraram a aplicação da metodologia de análise de séries temporais nesse tipo de variável.

O estudo das séries climatológicas também vem sendo aplicado na verificação científica das mudanças climáticas regionais ou globais. Desde a 1ª Conferência das Partes (COP-1), em Berlim, em 1995, os climatologistas do mundo todo discutem e tentam quantificar as mudanças nos padrões dos elementos climáticos, associando tais alterações com as atividades humanas.

Na expectativa de identificar evidências relativas ao fenômeno do aquecimento global, Silva et al. (2017) desenvolveram estudo sobre alterações no comportamento da temperatura do ar e precipitação em Porto Velho/RO, concluindo que há tendências não significativas em relação aos valores médios, mas sugerem que se utilizem outros modelos estatísticos, que possibilitem análises mais detalhadas. De Oliveira e Borrozzino (2018), avaliando a existência ou não de tendências climáticas no estado do Paraná, utilizaram registros mensais de temperaturas máxima e mínima do ar e de precipitação, observando tendências de alteração climática para as temperaturas, mas foi inconclusiva para a precipitação.

A análise espectral deve ser utilizada para descobrir se existe sazonalidade na série de valores e verificar qual o seu ritmo. Com este tipo de análise é possível se identificar um padrão sazonal, mesmo dentro de uma variabilidade aleatória. A análise espectral utiliza um conjunto de funções que contêm seno e cosseno e tenta ajustá-las à variância observada em uma série de observações no tempo, levando em conta a amplitude das “ondas”, o período em que elas se repetem e a fase em que se iniciam (DIGGLE, 1992).

Araújo et al. (2009) e Alves et al. (2013), ao aplicarem a análise espectral em dados climáticos verificaram que existe sazonalidade nos conjuntos de dados. O teste não

paramétrico de Mann-Kendall é utilizado para detectar tendências crescentes ou decrescentes na série de dados. O teste de Mann-Kendall é um dos testes não paramétricos mais amplamente utilizados para detectar tendências significativas em séries temporais (HAMED, 2008) e um procedimento convencional para detecção de alterações em estudos climáticos (ESTEBANPARRA et al., 1995; WANG et al., 2007). Analisando a variabilidade climática no Nordeste do Brasil (NEB), com base no teste de Mann-Kendall, Silva (2004) observou tendências significativamente decrescentes em várias localidades desta região, e sugeriu que tal variabilidade pode estar relacionada com mudanças climáticas no Nordeste do Brasil, que atinge não apenas o semiárido da região, mas, também, a área litorânea.

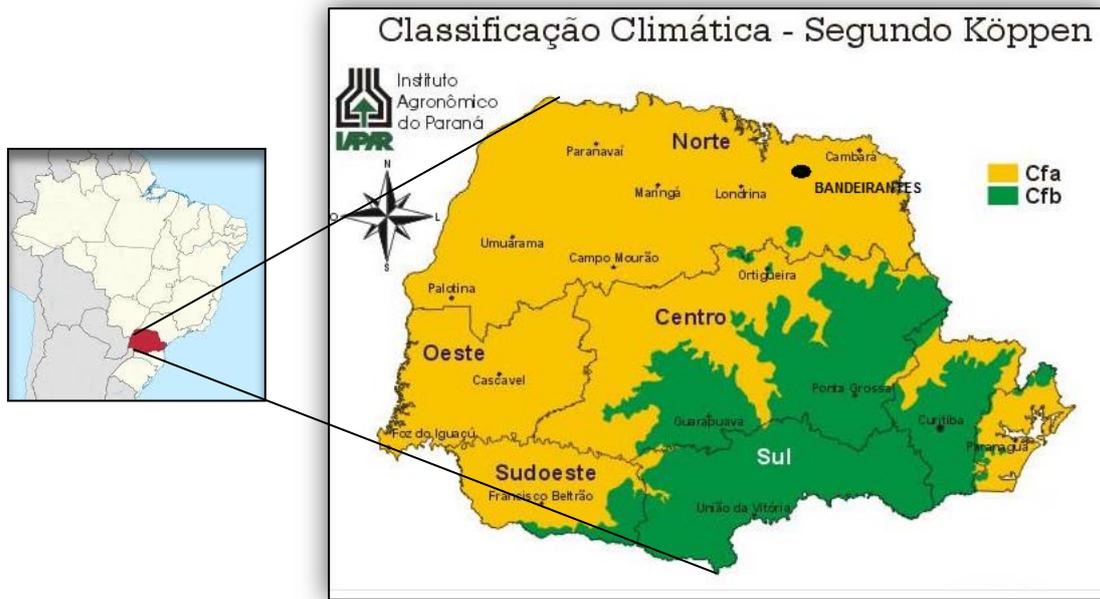
O agronegócio brasileiro apresenta elevada vulnerabilidade aos possíveis efeitos das alterações climáticas, assim, é extremamente importante o esforço científico para detectar e quantificar essas alterações, para o planejamento de medidas que possam amenizar seus possíveis efeitos sobre os recursos hídricos, produtividade das lavouras, segurança alimentar e qualidade de vida.

Assim, o objetivo deste trabalho foi aplicar a análise de séries temporais para verificar a presença de sazonalidade e de tendência em dados de temperatura e precipitação coletados em duas localidades do município de Bandeirantes/PR, cujas séries históricas cobrem várias décadas de informações. Em um dos locais, na Fazenda Nomura, fundada em 1926, situa-se um Posto Termo-Pluviométrico, cujos dados, que remontam aos anos 1940, nunca foram trabalhados estatisticamente e com este trabalho houve esta possibilidade. A Fazenda conta com uma área de 1.160 hectares de área preservada. A outra localidade, a Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), campus “Luiz Meneghel”, criada nos anos 1970, se encontra na região urbana da cidade de Bandeirantes/PR, inicialmente apenas com o curso de Agronomia e, atualmente, com seis cursos. A Estação da UENP, iniciada em 1974, faz parte do Convênio assinado entre a Universidade e o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR).

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Bandeirantes (lat. 23,1° S; long. 50,4° W; alt. 420 m; área territorial de 445,4 km²) localiza-se no norte do Paraná, na região Sul do Brasil, com uma população de aproximadamente 32 mil habitantes. O clima de Bandeirantes é classificado como Cfa (Figura 1), identificado como clima subtropical, mesotérmico (temperado quente), apresentando verões quentes, geadas pouco frequentes e concentrando as chuvas nos meses de verão e ocorrem ocasionalmente estiagens no inverno (PAVELHÃO, 2015).

Figura 1 – Classificação climática das regiões do estado do Paraná, segundo Köppen



Fonte: PARANÁ, 2017; CAVIGLIONE et al., 2000.

Foram utilizadas séries históricas diárias de temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), temperatura média (°C) e precipitação (mm), visualizadas na Tabela 1, coletadas em duas localidades do município de Bandeirantes/PR: a Estação Agrometeorológica Convencional, situada no campus da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP); e o Posto Termo-Pluviométrico da Fazenda Nomura (Rodovia Gilberto Freire, PR-436, km 24), distantes, por estrada, 21 km, e em linha reta, aproximadamente 16 km. Na Imagem 1, pode-se ter a noção espacial das duas localidades, juntamente com o município de Bandeirantes/PR, com detalhes da cobertura vegetal da Fazenda Nomura e a ocupação do espaço urbano, no qual se encontra a Estação da UENP.

Imagem 1 – Imagem ilustrativa das duas localidades estudadas e o município de Bandeirantes/PR



Fonte: Google Earth Pro.

Verifica-se também na Tabela 1 que o período de anos das duas localidades, com os quais o trabalho foi desenvolvido, não são iguais. Mesmo assim, as análises foram desenvolvidas, pois a série histórica da Fazenda Nomura devia ser totalmente explorada, pela importância da grande quantidade de informações. Em situação análoga, se depararam De Oliveira e Borrozzino (2018) quando analisaram séries de dados de Estações do Paraná que se diferenciavam de 29 a 55 anos de informações. Há outras pesquisas que utilizaram comparações temporais em intervalos distintos, como Minuzi e Caramori (2011) e Ávila et al. (2014).

Tabela 1 – Informações da Estação Agrometeorológica Convencional da UENP e do Posto Pluviométrico da Fazenda Nomura, ambos em Bandeirantes/PR.

| Estação | Latitude (°) | Longitude (°) | Altitude (m) | Período (anos) | N |
|---------|--------------|---------------|--------------|----------------|-------|
| UENP | 23°6'37''S | 50°21'38''W | 446 | 1974-2016 | 15282 |
| NOMURA | 23°15'7''S | 50°21'35''W | 508 | 1943-2017 | 27168 |

N - Número de observações (=número de dias com dados).

As duas séries de dados não apresentaram nenhum período com falta de dados. Há poucos dias, nestes anos todos, sem informações, sendo desconsiderados devido à imensa massa de informações. Os dados foram analisados pela estatística descritiva por meio da determinação das medidas de posição (número de dados, valor mínimo, valor máximo e média) e de dispersão (variância e coeficiente de variação). Outra análise descritiva dos dados é a função autocorrelação. Em estatística, autocorrelação é uma medida que informa o quanto o valor de uma realização de uma variável aleatória é capaz de influenciar seus

vizinhos. Por exemplo, o quanto a existência de um valor mais alto condiciona valores também altos de seus vizinhos.

Segundo a definição da estatística, o valor da autocorrelação está entre 1 (correlação perfeita) e -1, o que significa anti-correlação perfeita. O valor 0 significa total ausência de correlação. A autocorrelação de uma dada variável se define pela distância, ou atraso com que se deseja medi-la. Quando essa distância é zero, tem-se o valor máximo 1, pois trata-se da variável correlacionada com ela mesma. Outros valores devem ser calculados caso a caso.

Supondo-se uma variável aleatória X_t discreta estacionária, dependente do tempo, com média μ , sua autocorrelação $\rho(k)$ é definida como:

$$\rho(k) = \frac{Cov(X_t, X_{t+k})}{Var(X_t)} = \frac{\gamma(k)}{\gamma(0)} = \frac{E[(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu)]}{\sigma^2}$$

onde $E[\]$ é o valor médio, esperança matemática ou expectativa da expressão, k é o deslocamento no tempo e σ^2 é a variância da variável X_t .

Podemos utilizar a denotação de γ que indica a autovariância entre as variáveis - pois, neste caso, estamos descrevendo as covariâncias entre duas variáveis do processo no instante t e no instante $t+k$. Observa-se no denominador que $\gamma(0)$ representa a autocorrelação ou covariância da variável com ela mesma - assim, por definição, ela é igual a sua variância $Var(X_t) = \sigma^2$. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Jarque-Bera a 5% de probabilidade, trata-se de um teste assintótico. As hipóteses a serem testadas são: H_0 : o erro do modelo de regressão linear possui distribuição normal, contra H_1 : o erro do modelo de regressão linear possui distribuição não-normal na família de Pearson. O procedimento do teste consiste em calcular os valores da assimetria e da curtose da amostra e utilizar a seguinte estatística de teste (FERREIRA, 2006):

$$JB = T \left(\frac{\hat{\alpha}_1}{6} + \frac{(\hat{\alpha}_2 - 3)^2}{24} \right) \quad (1)$$

onde $\hat{\alpha}_1$ e $\hat{\alpha}_2$ são, respectivamente, os coeficientes amostrais de assimetria e de curtose e T é o tamanho da amostra.

Sob a hipótese nula de que os erros se distribuem normalmente, Jarque e Bera (1987), mostraram que, assintoticamente, a estatística JB dada em (1) segue uma distribuição qui-quadrado com 2 graus de liberdade. Assim, rejeitamos a hipótese de normalidade dos erros se $JB > \chi^2_{\alpha, 2}$, onde $\chi^2_{\alpha, 2}$ é o quantil de nível $1 - \alpha$ da distribuição χ^2 com dois graus de liberdade.

A avaliação da sazonalidade e da tendência de variação dos dados climáticos nas séries históricas foi realizada pela análise espectral e por meio do teste não paramétrico de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975).

A análise espectral é conhecida historicamente por permitir investigar periodicidades “escondidas” nas séries temporais. Em modelos usuais de regressão da

forma $Y_t = \mu_t + X_t$ em que μ_t é uma função determinística e X_t uma variação não observada em torno de μ com média zero para todo t , sazonalidades ou efeitos cíclicos podem ser incorporados por funções cosseno. Assim a ideia de localizar frequências ou periodicidades escondidas na série temporal vem da repetição da análise para todas as frequências, correlacionando-as com a série para uma medida de intensidade. Em outras palavras, ela quantifica a importância de cada frequência para a série em questão. Ajustando um modelo para todas as frequências, tem-se a conhecida análise espectral.

O teste de Mann-Kendall (MK) é frequentemente utilizado para detectar tendências em séries de dados climáticos e para avaliar a ocorrência de mudanças climáticas (BLAIN et al., 2009; BLAIN, 2010; PUJOL et al., 2007; SANSIGOLO e KAYANO, 2010). O teste de Mann-Kendall é um teste não-paramétrico (MANN, 1945; KENDALL, 1975) que consiste em comparar cada valor da série temporal com os valores restantes, sempre em ordem sequencial; é contado o número de vezes em que os termos restantes são maiores que o valor analisado. A presença de tendência estatisticamente significativa na série é usada para testar a hipótese nula de que nenhuma tendência existe. Neste trabalho se aplicaram os níveis de significância de $p = 0,01$ e $0,05$.

Este teste é amplamente utilizado em estudos de tendências, com séries temporais climatológicas, por apresentar comportamento robusto quanto aos desvios de normalidade e a não estacionariedade dos dados, em comparação a outros métodos (BLAIN et al., 2011). A hipótese nula (H_0) associado com este teste assume que a amostra está livre de tendências (na ausência de correlação em série significativa é também assumido). A H_0 é geralmente rejeitada se o valor p é menor ou igual a $0,05$. Assim, valores positivos do coeficiente de Mann-Kendall ($MK > 0$) indicam tendência de crescimento da variável em estudo, enquanto valores negativos ($MK < 0$) indicam tendência de diminuição. Para as análises estatísticas, utilizou-se o programa XLSTAT Versão 19.4, tendo em vista que é um programa amplamente utilizado para análise multivariada e análise de séries temporais.

Assim, segundo Araújo et al. (2009), como a função autocorrelação indica que existe uma dependência temporal dos valores, pode-se aplicar a metodologia de previsões de séries temporais e o ajuste de modelos do tipo ARMA (modelos autorregressivos) ou

ARIMA (modelos autorregressivos integrados de médias móveis), na estimação de dados perdidos ou mesmo para a estimação de valores futuros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as variáveis climáticas apresentaram distribuição normal, conforme o teste Jarque-Bera a 5% de probabilidade. A estatística descritiva foi utilizada para caracterizar o comportamento geral das duas séries históricas pesquisadas. Na Tabela 2 estão apresentadas as médias, as variâncias, os desvios padrão e os coeficientes de variação, para os anos das séries estudadas.

Tabela 2 – Medidas descritivas das variáveis climáticas utilizadas nas séries temporais.

| Estação | Variável | N | Mínimo | Máximo | Média | s | CV (%) |
|---------|--------------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|
| UENP | T Máx | 15191 | 11,80 | 40,90 | 28,76 | 4,21 | 14,66 |
| | T Mín | 15191 | -1,90 | 26,70 | 16,71 | 3,91 | 23,44 |
| | T Média | 15191 | 5,50 | 30,90 | 21,91 | 3,58 | 16,36 |
| | Precipitação | 15160 | 0,00 | 210,20 | 3,94 | 11,18 | 283,38 |
| NOMURA | T Máx | 27126 | 7,00 | 39,00 | 27,42 | 3,83 | 13,94 |
| | T Mín | 27118 | -3,00 | 35,00 | 16,87 | 3,79 | 22,45 |
| | T Média | 27114 | 5,75 | 35,00 | 22,14 | 3,55 | 15,59 |
| | Precipitação | 12505 | 0,00 | 173,00 | 8,58 | 14,67 | 170,92 |

T. Máx.: temperatura máxima (°C), T Mín: temperatura mínima (°C), T Média: temperatura média (°C) e precipitação (mm). N: número de observações; s: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

Observa-se que a máxima temperatura (40,9 °C) ocorreu na Estação da UENP em 17 de novembro de 1985, sendo que, neste mesmo dia, o Posto da Fazenda Nomura apresentou temperatura de 39,0 °C. Já a temperatura mínima (-3,0 °C) ocorreu em 17 de julho de 2000 no Posto da Fazenda, enquanto que neste dia na Estação UENP a temperatura foi de 0,2 °C. A temperatura mínima encontrada na Estação da UENP foi de -1,9 °C em 21 de julho de 1981 e, neste mesmo dia, a temperatura registrada no Posto da Fazenda foi de -2,0 °C.

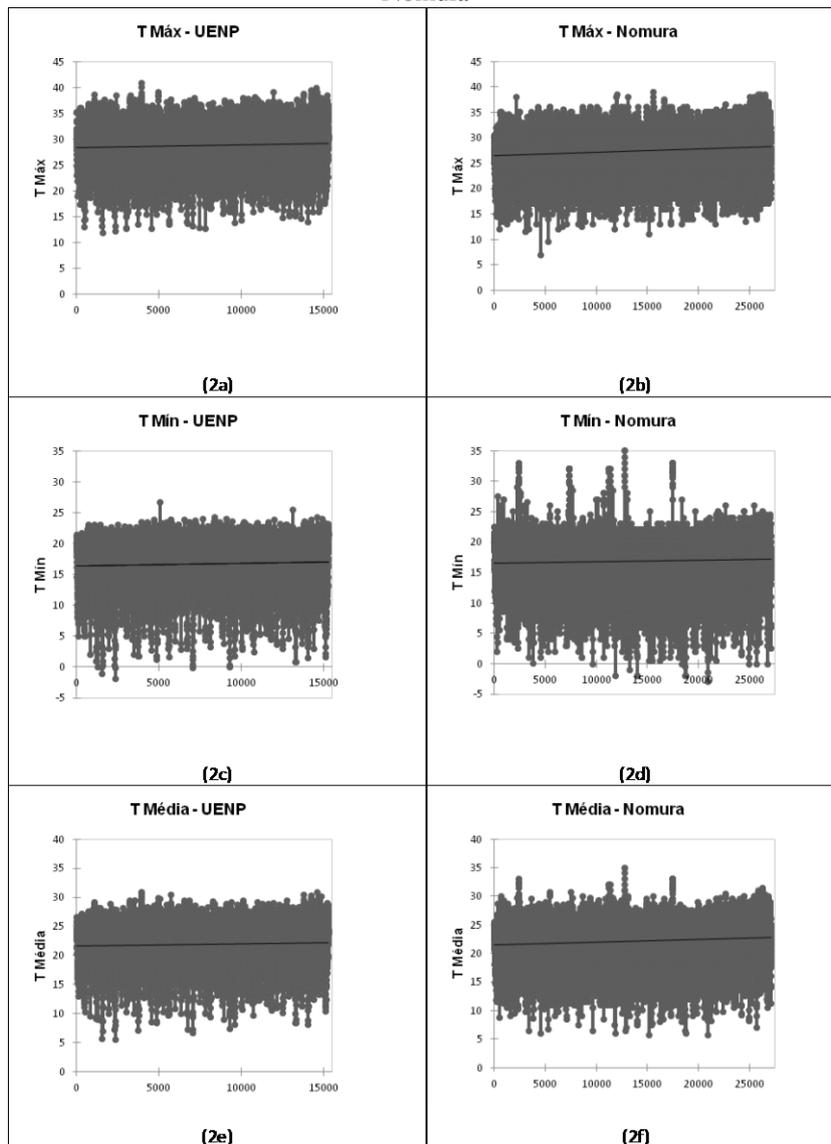
Quanto aos valores máximos de precipitação, na Estação da UENP ocorreu em 20 de junho de 2012, quando atingiu a marca de 210,2 mm; no Posto da Fazenda Nomura foi verificado em 25 de janeiro de 2004, com 173,0 mm. É surpreendente verificar que, para o dia no qual a precipitação foi máxima na UENP, na Fazenda Nomura não houve registro de chuva. Pode ser que uma célula de convecção localizada sobre a área da UENP tenha provocado essa enorme variação pluviométrica. No entanto, quando comparados os valores no dia 25 de janeiro de 2004, não foram tão discrepantes (173,0 mm contra 109,4 mm) como em 2012.

Os dados apresentados das duas localidades revelam grande variabilidade da precipitação. Tal fato deve estar relacionado com a sazonalidade das precipitações. A sazonalidade de um evento representa que ele habitualmente ocorre sempre num momento temporal específico. Tomando por base somente os valores de precipitação, há duas estações bem definidas: uma seca, compreendendo os meses entre abril e setembro; e uma chuvosa, entre os meses de outubro e março. O coeficiente de variação acima de 100% para os dados de precipitação mostra a variabilidade dos dados, indicando que em alguns dias a precipitação é baixa (0 mm) e, em outros, apresentam índices pluviométricos acima de 50 mm.

Observam-se na Figura 2 o comportamento diário da temperatura máxima (2a e 2b), temperatura mínima (2c e 2d) e temperatura média (2e e 2f) e da precipitação (3a e 3b), para ambas localidades de Bandeirantes/PR, sugerindo, inicialmente, a presença da componente sazonal significativa estatisticamente com periodicidade anual, visualizada por meio dos picos de ocorrência ao longo do tempo e a presença do componente tendência, pois ocorreu inclinação significativa estatisticamente quando a série é analisada como um todo.

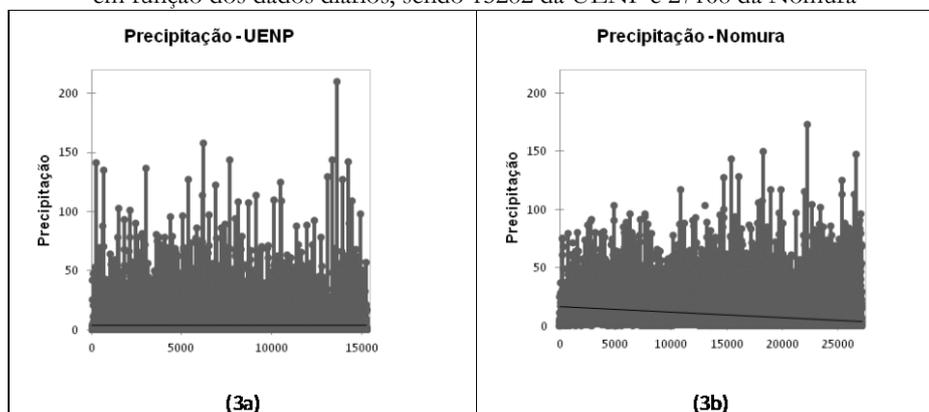
Verifica-se um aumento nos valores dos dados de temperatura (máxima, mínima e média) nos últimos anos, não havendo outros períodos onde se destaca aumento ou diminuição dos valores da temperatura nas séries de dados estudados. Analisando séries anuais de dados climáticos e hidrológicos na bacia do rio Parnaíba, Penereiro e Orlando (2013) revelaram vários locais com tendências significativas da temperatura do ar, chamando a atenção, pela similaridade, para o nosso estudo. Ferraz (1999) e Silva et al. (2003b) encontraram resultados semelhantes em relação a sazonalidade, e os autores argumentaram que a presença de sazonalidade em séries climatológicas é um fato bastante comum.

Figura 2 – Representação gráfica diária da temperatura máxima (2a e 2b), temperatura mínima (2c e 2d) e temperatura média (2e e 2f), todas em °C, em função dos dados diários, sendo 15282 da UENP e 27168 da Nomura



Fonte: UENP (1974-2016); Fazenda Nomura (1943-2017) – Bandeirantes-PR.

Figura 3 – Representação gráfica diária da precipitação (em mm) das duas localidades de Bandeirantes/PR, em função dos dados diários, sendo 15282 da UENP e 27168 da Nomura



Fonte: UENP (1974-2016); Fazenda Nomura (1943-2017) – Bandeirantes-PR.

Verifica-se que no Posto da Fazenda Nomura a temperatura máxima é, em geral, menor do que na Estação da UENP (Figuras 2a e 2b), e a possível componente de tendência é mais evidente no Posto. Talvez a menor temperatura máxima verificada na Fazenda esteja relacionada com a extensa mata nativa que se encontra ao redor do Posto. Uma outra razão, para esta verificação, esteja no fato de que a Estação da UENP encontra-se em área urbanizada e, conseqüentemente, mais aquecida.

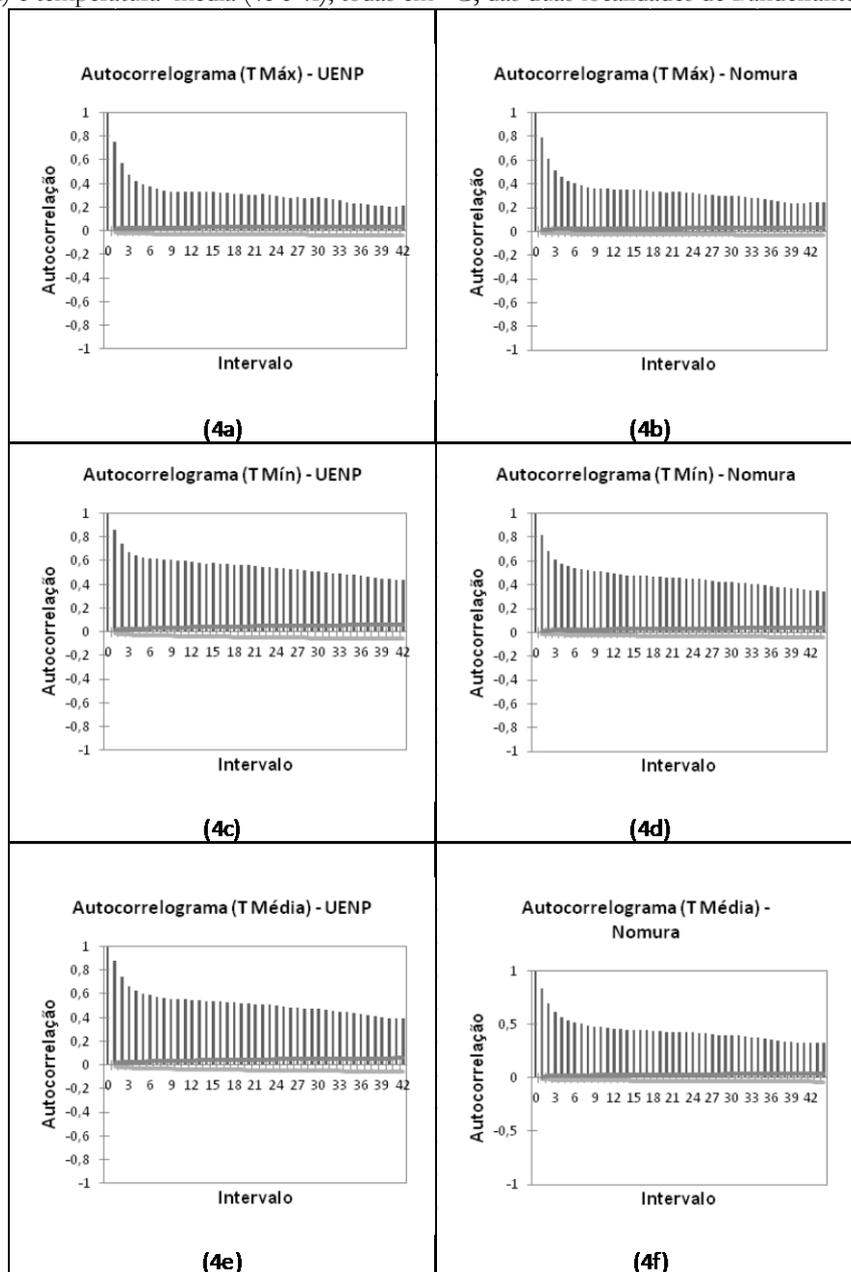
Em relação à temperatura mínima (Figuras 2c e 2d), pode ser observado que na Estação da UENP houve menor variação entre os valores mínimos e máximos, em relação ao Posto da Nomura, na qual a temperatura menor do que 0°C foi registrada várias vezes, quase sempre restritas aos meses de inverno, que pode ser atribuída à maior altitude do posto da Fazenda em relação à Estação da UENP. O Posto da Fazenda apresentou maiores variações dos valores de temperatura média (Figuras 2e e 2f), em relação à Estação da UENP, indicando maior variabilidade nas temperaturas máximas e mínimas.

Poder ser observado que a precipitação apresentou distribuição semelhante nas duas localidades (Figuras 3a e 3b) e as diferenças visualizadas são devido aos diferentes tempos dos conjuntos de dados.

Na verificação das componentes de tendência e de sazonalidade dos dados climáticos foi utilizada a função autocorrelação, na qual mostra os picos de ocorrência de frequências da variável ao longo do tempo. Quando os picos ocorrem de forma periódica tem-se a componente de sazonalidade. Conforme se observa nas Figuras 4 e 5, todos os dados das duas localidades apresentaram sazonalidade. Para determinar a periodicidade da sazonalidade foi utilizado o periodograma, que é resultado da análise espectral.

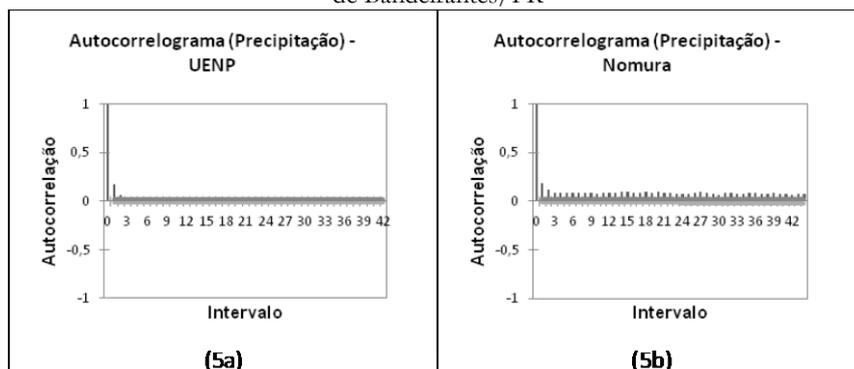
Ao analisar os gráficos da autocorrelação (Figuras 4 e 5) e do periodograma dos dados (Figura 6 e 7) podem ser constatados os picos próximos aos 365 dias, o que é indicativo de séries com sazonalidade a cada 365 dias, ou seja, um ano.

Figura 4 – Função autocorrelação para a série de dados diários da temperatura máxima (4a e 4b), mínima (4c e 4d) e temperatura média (4e e 4f), todas em °C, das duas localidades de Bandeirantes/PR



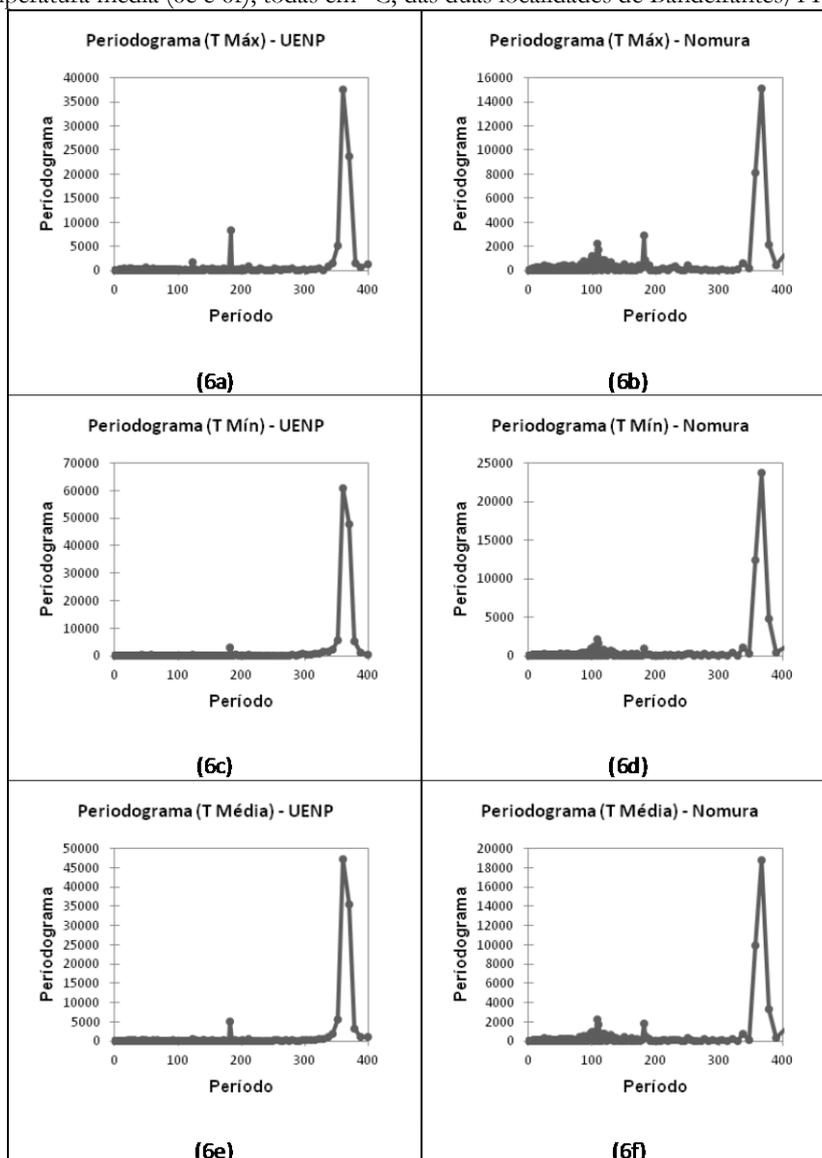
Fonte: UENP (1974-2016); Fazenda Nomura (1943-2017) – Bandeirantes-PR.

Figura 5 – Função autocorrelação para a série de dados diários de precipitação (em mm) das duas localidades de Bandeirantes/PR



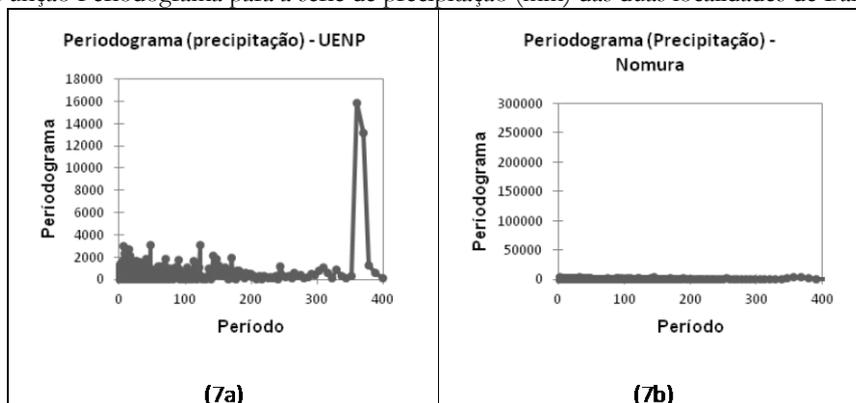
Fonte: UENP (1974-2016); Fazenda Nomura (1943-2017) – Bandeirantes-PR.

Figura 6 – Função Periodograma para a série de dados diários da temperatura máxima (6a e 6b) da mínima (6c e 6d) e temperatura média (6e e 6f), todas em °C, das duas localidades de Bandeirantes/PR



Fonte: UENP (1974-2016); Fazenda Nomura (1943-2017) – Bandeirantes-PR.

Figura 7 – Função Periodograma para a série de precipitação (mm) das duas localidades de Bandeirantes/PR



Fonte: UENP (1974-2016); Fazenda Nomura (1943-2017) – Bandeirantes-PR.

Na análise de tendência é verificado se há mudança no nível da série ao longo do tempo. Conforme observado na Figura 2, os dados apresentam tendência, cuja verificação

foi realizada pelo teste de Mann-Kendal, no qual foi encontrada tendência significativa estatisticamente de aumento das temperaturas (máxima, mínima e média) (Tabela 3), nas duas localidades, enquanto que a precipitação no Posto da Fazenda Nomura apresentou tendência significativa estatisticamente em diminuir e na Estação UENP não apresentou tendência.

Tabela 3 – Teste de tendência pelo método Mann-Kendall para a série diária da temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), temperatura média (°C) e da precipitação (mm) das duas localidades de Bandeirantes/PR

| Estação | Variável | Tau de Kendall | p-valor (bilateral) |
|---------|--------------|----------------|---------------------|
| UENP | T Máx | 0,056 | < 0,0001* |
| | T Mín | 0,083 | < 0,0001* |
| | T Média | 0,063 | < 0,0001* |
| | Precipitação | -0,006 | 0,357 |
| NOMURA | T Máx | 0,123 | < 0,0001* |
| | T Mín | 0,072 | < 0,0001* |
| | T Média | 0,114 | < 0,0001* |
| | Precipitação | -0,345 | < 0,0001* |

T. Máx.: temperatura máxima (°C), T Mín: temperatura mínima (°C), T Média: temperatura média (°C) e precipitação (mm). * Apresenta tendência considerando a sazonalidade, a 5% de probabilidade pelo teste de Mann-Kendall.

Estes resultados da análise de tendência dos dados climáticos de Bandeirantes permitirão um melhor planejamento das atividades a serem desenvolvidas na região, principalmente na definição dos cultivos agrícolas, bem como saber qual época do ano será mais adequada ao desenvolvimento das culturas.

CONCLUSÕES

A análise dos dados mostrou que as variáveis temperatura do ar e precipitação apresentam distribuição normal, e que, devido à sazonalidade, há uma grande variabilidade da precipitação para as duas localidades estudadas. O trabalho constatou uma componente sazonal significativa de periodicidade anual, para os dois conjuntos de parâmetros estudados nos dois pontos de coleta. Verificou-se que as temperaturas máximas do ar da UENP são maiores do que as correspondentes da Nomura, decorrente, em última análise, da área de vegetação nativa que cerca o posto da Fazenda. Ocorre uma menor variação das temperaturas mínimas e máximas para a UENP, mas a precipitação apresenta distribuições semelhantes entre os dois lugares. A tendência da precipitação, para a Nomura, é diminuir, mas os dados da UENP não apresentaram tendência. Os resultados mostraram que há uma tendência de aumentar as temperaturas (máxima, mínima e média) para as duas localidades.

Esta pesquisa poderá servir como base para trabalhos de simulação de elementos climáticos futuros, bem como para a definição das atividades econômicas que poderão ser desenvolvidas no município de Bandeirantes/PR.

REFERÊNCIAS

ALVES, D. B. M.; SOUZA, E. M.; KANESHIRO, V. Y.; SOUZA, J. S. Análise de séries temporais de multicaminho em estações de monitoramento contínuo. **Bol. Ciênc. Geod.**, Curitiba, v. 19, n. 3, p. 353-373, jul./set. 2013.

ARAÚJO, J. I. M.; ARAÚJO, A. C.; FONSECA, W. J. L.; BARROS, C. P. Jr.; LUZ, C. S. M.; ARAÚJO, J. M.; FARIAS, L. A.; SOUZA, S. C. Jr. Efeitos das variáveis climáticas sobre características fisiológicas de vacas mestiças (holandês x gir) em lactação. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 14, p. 185-193, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.puc.pr.br/index.php/cienciaanimal/article/view/12584>>. Acesso em: 04 out. 2017.

ARAÚJO, M. F. C.; GUIMARÃES, E. C.; CARVALHO, D. F.; ARAÚJO, L. B. Precipitação pluviométrica mensal no estado do rio de janeiro: sazonalidade e tendência. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 90-100, jul./ago. 2009.

ÁVILA, L. F.; MELLO, C. R.; YANAGI, S. N. M.; SACRAMENTO NETO, O. B. Tendências de temperaturas mínimas e máximas do ar no Estado de Minas Gerais. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 49, n. 4, p. 247-256, abr. 2014.

BEZERRA, M. L. F. D. Comportamento microclimático urbano. Estudo de caso de um recorte urbano em João Pessoa/PB. **Revista Campo do Saber**, Paraíba, v. 1, n. 1, jan./jun. 2015. Disponível em: <<http://periodicos.iesp.edu.br/index.php/campodosaber/article/view/5>>. Acesso em: 04 out. 2017.

BLAIN, G. C. Considerações estatísticas relativas a seis séries mensais de temperatura do ar da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, p. 279-296, 2011.

BLAIN, G. C. Séries anuais de temperatura máxima média do ar no estado de São Paulo: variações e tendências climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 25, n. 1, p. 114-124, 2010.

BLAIN, G. C.; ARAUJO, M. C.; LULU, J. Análises estatísticas das tendências de elevação nas séries anuais de temperatura mínima do ar no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 807-815, 2009.

CARDIM, M. **Mapeamento do comportamento multivariado das principais variáveis climáticas de interesse agrícola do estado de São Paulo**. 2001. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2001.

CARDOSO, C. O.; ULMANN, M. N.; BERTOL, I. Análise de chuvas intensas a partir da desagregação das chuvas diárias de Lages e de Campos Novos (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 13-40, 1998.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD.

CURI, P. R. Análise de agrupamento complementada com ordenação pelos componentes principais e análise de variância multivariada. Um exemplo biológico. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 37, n. 6, p. 879-888, 1984.

DE OLIVEIRA, Dalziza; BORROZZINO, Edmirson. Sazonalidade das tendências de temperatura do ar e precipitação pluvial no estado do Paraná. **Agrometeoros**, v. 26, n. 1, 2018. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/agrometeoros/article/view/26315>>. Acesso em: 03 out. 2019.

DIGGLE, P. J. **Time series: a biostatistical introduction**. Oxford: Oxford University Press, 1992.

ESTEBANPARRA, M. J.; RODRIGO, F. S.; CASTRODIEZ, Y. Temperature trends and change-points in the northern Spanish plateau during the last 100 years. **Int. J. Climatol.**, v. 15, n. 9, p. 1031-1042, 1995.

FERRAZ, M. I. F. **Uso de modelos de séries temporais na previsão da série de precipitações pluviiais mensais no município de Lavras – MG**. 1999. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

FERREIRA, M. R. P. Análise da sensibilidade dos testes de normalidade de jarque-bera e lilliefors em modelos de regressão linear. **Rev. Mat. Estat.**, São Paulo, v.2 4, n. 4, p. 89-98, 2006.

GONÇALVES, E. B. **Comparação de modelos para previsão de séries temporais - séries de precipitações pluviiais mensais no município de Pindorama - SP**. 1983. 162 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.

JARQUE, C. M.; BERA, A. K. A test for normality of observations and regression residuals. **Int. Stat. Rev.**, Woodbury, v. 55, p. 163-172, 1987.

KENDALL, M. G. **Rank correlation methods**. London: Charles Griffi, 1975. 210 p.

LOMBARDI NETO, F.; BRUGOWICH, M. I. Manual técnico de manejo e conservação de solo e água. Potencialidades agrícolas das terras do estado de São Paulo. **CATI**, Campinas, v. 2, n. 39, 168 p., 1994.

LÚCIO, P. S.; TOSCANO, E. M. M.; ABREU, M. L. **Técnicas de análise multivariada aplicadas a séries temporais**. Estudo de caso: climatologia de Belo Horizonte – MG. Belo Horizonte: UFMG, 1998. 31 p. (Relatório Técnico).

MANN, H. B. Nonparametric test against trend. **Econometrika**, Chicago, v. 13, p. 245-259, 1945.

MINUZZI, R. B.; CARAMORI, P. H. Variabilidade climática sazonal e anual da chuva e veranicos no Estado do Paraná. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 5, p. 593-602, set./out. 2011.

OLIVEIRA, C. M. M.; DELGADO, R. C.; ARAÚJO, E. J. G.; ALMEIDA, A. Q.; ROSA, T. C.; OLIVEIRA, J. F. Jr. Influência das variáveis climáticas na produção florestal via modelo 3-PG no norte de Minas Gerais. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 114, p. 393-404, jun. 2017. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/leitura_impressao.asp?Article=15&Number=114>. Acesso em: 04 out. 2017.

PAVELHÃO, T. R. **Valores orientadores de qualidade para metais pesados em solos cultivados no Município de Bandeirantes/PR**. 2015. 156 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015.

PENEREIRO, J. C.; ORLANDO, D. V. Análises de tendências em séries temporais anuais de dados climáticos e hidrológicos na bacia do rio Parnaíba entre os estados do Maranhão e Piauí/Brasil. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 7, n. 2, p. 5-21, 2013. Disponível em: <<https://revista.ufrb.br/index.php/rga/article/view/2988>>. Acesso em: 05 out. 2017.

PUJOL, N.; NEPPEL, L.; SABATIER, R. Regional tests for trend detection in maximum precipitation series in the French Mediterranean region. **Hydrological Sciences Journal**, Oxford, v. 52, n. 5, p. 956-973, 2007.

SANSIGOLO, C. A.; KAYANO, M. T. Trends of seasonal maximum and minimum temperatures and precipitation in Southern Brazil for the 1913-2006 period. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 101, p. 209-216, 2010.

SILVA, J. W.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 665-674, 2003a.

SILVA, M. I. S.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Análise da precipitação pluviométrica mensal de Uberlândia - MG, usando ferramentas de séries temporais. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA (RBRAS), 48.; SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA A EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA (SEAGRO), 10., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2003b. p. 713-718.

SILVA, V. P. R. On climate variability in Northeast of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 58, p. 574-596, 2004.

SILVA, M. J. G.; QUERINO, C. A. S.; NETO, L. A. S.; SILVA, D. C.; SARAIVA, F. A. M. Tendência nas variáveis meteorológicas de Porto Velho – Rondônia. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 02, n. 04, p. 474-481, 2017. Disponível em: <<http://journals.ufrpe.br/index.php/jeap/article/view/1478/1510>>. Acesso em: 04 out. 2017.

VERONESE, D. O.; GUIMARÃES, E. C. Análise geoestatística da temperatura média de Uberaba - MG, nas quatro estações do ano. **Ciência e Engenharia**, Uberlândia, v. 11, n. 2, p. 21-26, 2002.

WANG, Y.; JIANG, T.; BOTHE, O.; FRAEDRICH, K. Changes of pan evaporation and reference evapotranspiration in the Yangtze River basin. **Theor. Appl. Climatol.**, v. 90, n. 1-2, p. 13-23, 2007.