

Análise de tendências hidrológicas na bacia do rio das Mortes

analysis of hydrological trends in the Rio das Mortes watershed

Cássia Rosin¹, Ricardo Santos Silva Amorim² e Tábata Saturnina Trindade de Morais³

¹Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil.
cassiarosin@gmail.com

²Departamento de Solos e Engenharia Rural, Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia -
Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil
rsamorim@ufmt.br

³Departamento de Estatística, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil
tabata1805@hotmail.com

Recebido: 27/10/14 - Revisado: 08/01/15 - Aceito: 29/06/15

RESUMO

O estudo das variabilidades e tendências na precipitação é um dos aspectos mais importantes dos estudos de mudanças climáticas. Vários estudos de análises de tendências de precipitação foram realizados no Brasil, especificamente para as regiões Sudeste (Estados de São Paulo e Minas Gerais), Nordeste (Estado da Bahia) e Norte (Amazônia), nos quais predominou nos resultados ausência de tendência. No entanto, há carência de estudos sobre os efeitos da transformação do Cerrado em paisagem agropastoril. Dessa forma, esse estudo visa avaliar a tendência das alterações de precipitação e a vazão das estações distribuídas na bacia do Rio das Mortes. Possíveis alterações de precipitação e vazão foram avaliadas por meio da análise de tendência de Mann-Kendall a partir de séries de médias, máximas e mínimas diárias mensais e anuais dos períodos seco e chuvoso. As análises de tendências de Mann-Kendall para as séries temporais pluviométricas foram pouco expressivas resultando em apenas 11% das séries com tendências significativas, sugerindo que o sistema climatológico local depende muito pouco da evaporação da superfície da área. As análises de tendências de Mann-Kendall para as séries temporais fluviométricas apresentaram tendências tanto negativas como positivas. A estação cujas análises apresentaram em todas as séries tendência negativa, demonstra forte conexão em relação ao tipo de uso e sobre-exploração dos recursos hídricos. Já nas estações que apresentaram tendência de aumento, podemos notar que o tipo de uso e as características físicas do solo influenciam a dinâmica hídrica na bacia.

Palavras Chave: *Precipitação. Vazão. Teste de Mann-Kendall. Mudança hidrológica.*

ABSTRACT

The study of rainfall variability and trends is one of the most important issues of climate change research. Several analyses of precipitation trends have been carried out in Brazil, especially for the Southeast (the states of São Paulo and Minas Gerais), the Northeast (Bahia) and the North (Amazonia). Studies for these regions showed little to no measurable trends. However, there is a lack of studies on the effects of land use changes from Cerrado to pasture. Therefore, this study aims to evaluate changes in precipitation patterns and discharges recorded at the measuring stations throughout the Rio das Mortes catchment. Possible precipitation and discharge alterations were assessed based on the Mann-Kendall test for trends, using daily, monthly and yearly series of means, maximums and minimums from both the rainy season and the dry season. The trend analyses carried out with Mann-Kendall for the time series of pluviometers were not significant with only 11% of the series showing significant trends, suggesting that evapotranspiration from the surface area has little influence on the local climate system. The trend analyses carried out for fluvimetric time series showed negative as well as positive trends. The measuring station for which all trend analyses had negative results shows a strong relationship with the use and exploration of water resources. In measuring stations that show a trend to increase it can be concluded that land use and soil type, as well as physical characteristics of the soil influence the hydrological balance in the catchment.

Keywords: *Rainfall. Streamflow. Mann-Kendall test. Hydrological Change.*

INTRODUÇÃO

O Cerrado mato-grossense sofreu intenso processo de desmatamento a partir dos anos 60, que através de iniciativas do Governo Federal aliado a interesses internacionais, deram origem a pesquisa agrônômica e programas de regularização fundiária, que catalisaram o desenvolvimento da agricultura (COSTA; BOTTA; CARDILLE, 2003; FEARNSSIDE, 2001; JEPSON; BRANNSTROM; FILIPPI, 2010). Com todos os incentivos por parte do governo para que o cerrado fosse substituído por culturas, estimativas indicam a existência de um remanescente de apenas 55% de cerrado (BRANNSTROM et al., 2008).

No presente, o estado de Mato Grosso possui sua economia pautada sobre a agricultura, que contribui com 24% da produção nacional, sendo o maior produtor nacional de grãos (IBGE, 2014). Dessa forma o regime pluviométrico tem um papel crucial sobre a economia de Mato Grosso. Porém uma das grandes preocupações da comunidade científica nas últimas décadas diz respeito às alterações climáticas e suas consequências para a humanidade. Essas mudanças aliadas ao processo de uso e ocupação dos solos têm sido consideradas como as principais causas de alterações temporais da precipitação e da vazão (KLIMENT et al., 2011). Desta forma, o estudo das variabilidades e tendências na precipitação é um dos aspectos mais importantes dos estudos de mudanças climáticas (PATRA et al., 2011).

Estudos sobre o comportamento da precipitação e vazão têm atraído muita atenção dos cientistas em todo o mundo. Oguntunde, Abiodun e Lischeid (2011) observaram, para o período de 1901 a 2000, tendência negativa ao norte da Nigéria, enquanto que no sul houve um aumento das chuvas nos meses de agosto e setembro causando inundações. Kliment et al. (2011), em um estudo realizado na República Checa, detectaram tendência de decréscimo na vazão para o verão sem conexão com decréscimo de precipitação. Porém encontraram tendência de aumento da vazão no inverno associado ao aumento de temperatura e diminuição da cobertura de neve. Resultado similar foi apresentado por Burn e Elnur (2002) para o Canadá, onde constataram tendência de decréscimo nas condições de gelo, além de decréscimo da vazão no sul e aumento no norte.

Na Ásia, resultados similares foram apresentados para análises de tendência de precipitação por Soltani, Saboohi e Yaghmaei (2011) e Patra et al. (2011), que constataram a ausência de tendência de forma predominante nas análises para o Irã e estado de Orissa na Índia, respectivamente. Porém na China, Gemmer, Becker e Jiang (2004) encontraram tendência negativa no outono e primavera, e positiva no verão.

Vários estudos de análises de tendências de precipitação foram realizados no Brasil, especificamente para as regiões Sudeste (Estados de São Paulo e Minas Gerais), Nordeste (Estado da Bahia) e Norte (Amazônia), nos quais predominou nos resultados ausência de tendência (ALEXANDRE; BAPTISTA; NAGHETTINI, 2010; BLAIN, 2010; LIMA et al., 2011; MARENGO; ALVES, 2005; MARENGO; TOMASELLA, 1998; MESCHIATTI et al., 2012).

No entanto, há carência de estudos sobre os efeitos da transformação do Cerrado em paisagem agropastoril (JEPSON; BRANNSTROM; FILIPPI, 2010). Dessa forma, esse estudo

visa avaliar a tendência das alterações de precipitação e a vazão das estações distribuídas na bacia do Rio das Mortes.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A bacia do rio Tocantins-Araguaia é a quarta maior bacia brasileira, sendo o rio Araguaia um importante rio dessa bacia. O rio das Mortes é o principal afluente da margem esquerda do rio Araguaia, encontrando-se no médio curso desse rio (MELO; TEJERINA-GARRO; MELO, 2007). A sub-bacia do Rio das Mortes, de acordo com a delimitação de Ottobacias (ANA, 2012) (Figura 1), possui uma área total de 61.684 Km² situados no Estado de Mato Grosso. Esta sub-bacia divide-se em Alto Rio das Mortes e Baixo Rio das Mortes de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2009), que subdividiu a bacia do rio Tocantins-Araguaia em 17 Unidades de Planejamento (UP) com base em informações hidrológicas.

A parte do Baixo do Rio das Mortes está localizada na planície do Bananal, que se estende em direção ao rio Araguaia. Tal planície é inundada na época das chuvas, por ascensão do lençol freático (LATRUBESSE; STEVAUX, 2006).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo AW, clima tropical, com inverno seco e verão chuvoso (ALVARES et al., 2013), ou seja, apresentando estações chuvosa e seca bem definidas, compreendendo a estação chuvosa os meses de outubro a abril e a estação seca os meses de maio a setembro (MARCUSO; MELO, 2011).

A sub-bacia do Rio das Mortes está inserida no Bioma Cerrado onde as principais regiões fitoecológicas presentes são: Savana Parque, Savana florestada, Savana Arborizada e Floresta Estacional Semidecidual (SEPLAN, 2001).

Conjunto de Dados

Para a realização do presente estudo, as observações diárias de precipitação e vazão foram obtidas da base de dados do Sistema de Informações Hidrológicas – Hidroweb - de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA, 2012). As estações fluviométricas e pluviométricas utilizadas foram selecionadas a partir do critério de distribuição espacial das estações localizadas no interior da Bacia do Rio das Mortes, no Estado de Mato Grosso.

Foram selecionadas as estações que possuíam no mínimo 22 anos de registros e com no máximo 25% de falhas em relação à quantidade de dados para o período de estudo, resultando em 11 estações (Tabela 1), sendo cinco fluviométricas e seis pluviométricas (Figura 1).

A partir dos dados diários de vazão (fluviométricos), foram preparadas séries de médias, máximas e mínimas diárias mensais, para cada estação, e então realizado o preenchimento de falhas pelo método de correlação e regressão. Com base nestas séries mensais já preenchidas, foram elaboradas séries de médias, máximas e mínimas anuais dos períodos seco e chuvoso, em que os meses de maio a setembro compreendem o período seco,

e outubro a abril o período chuvoso (MARCUIZZO; MELO, 2011). Os dados pluviométricos foram preparados e organizados da mesma maneira que os fluviométricos, a exceção das séries de mínimas diárias mensais e mínimas anuais dos períodos que não foram trabalhadas.

Análise de Séries Temporais

De posse das séries temporais, realizou-se a análise exploratória de dados (EDA), em que as séries de precipitação e

vazão foram plotadas em gráficos em função do tempo, onde se inseriram também as médias móveis de 10 termos e a Regressão LOWESS para análise visual prévia dos dados e identificação de possíveis tendências.

Considerando que a série temporal com maior tempo de registro, possui apenas 38 anos de dados, não realizamos teste para análise de mudanças abruptas para evitar a fragmentação da série histórica em pequenos segmentos em que uma análise de tendência não seria significativa (GUERREIRO; KILSBY; SERINALDI, 2014).

Tabela 1 - Estações fluviométricas e pluviométricas utilizadas no presente estudo

| Código | Tipo | Município | Lat | Long | Período de observação |
|----------|---------------|--------------------|---------|---------|-----------------------|
| 26040000 | Fluviométrica | Primavera do Leste | -15.315 | -54.176 | 1976-2007 |
| 26050000 | Fluviométrica | Barra do Garças | -15.249 | -53.055 | 1969-2007 |
| 26100000 | Fluviométrica | Nova Xavantina | -14.673 | -52.355 | 1969-2007 |
| 26200000 | Fluviométrica | Cocalinho | -14.087 | -51.696 | 1981-2007 |
| 26300000 | Fluviométrica | Novo Santo Antônio | -12.292 | -50.964 | 1970-2007 |
| 1250001 | Pluviométrica | Novo Santo Antônio | -12.29 | -50.966 | 1970-2007 |
| 1351000 | Pluviométrica | Cocalinho | -14.088 | -51.699 | 1985-2007 |
| 1452000 | Pluviométrica | Nova Xavantina | -14.672 | -52.355 | 1969-2007 |
| 1552002 | Pluviométrica | Barra do Garças | -15.25 | -52.055 | 1972-2007 |
| 1554005 | Pluviométrica | Primavera do Leste | -15.315 | -54.176 | 1977-2007 |
| 1555005 | Pluviométrica | Campo Verde | -15.836 | -55.322 | 1977-2007 |

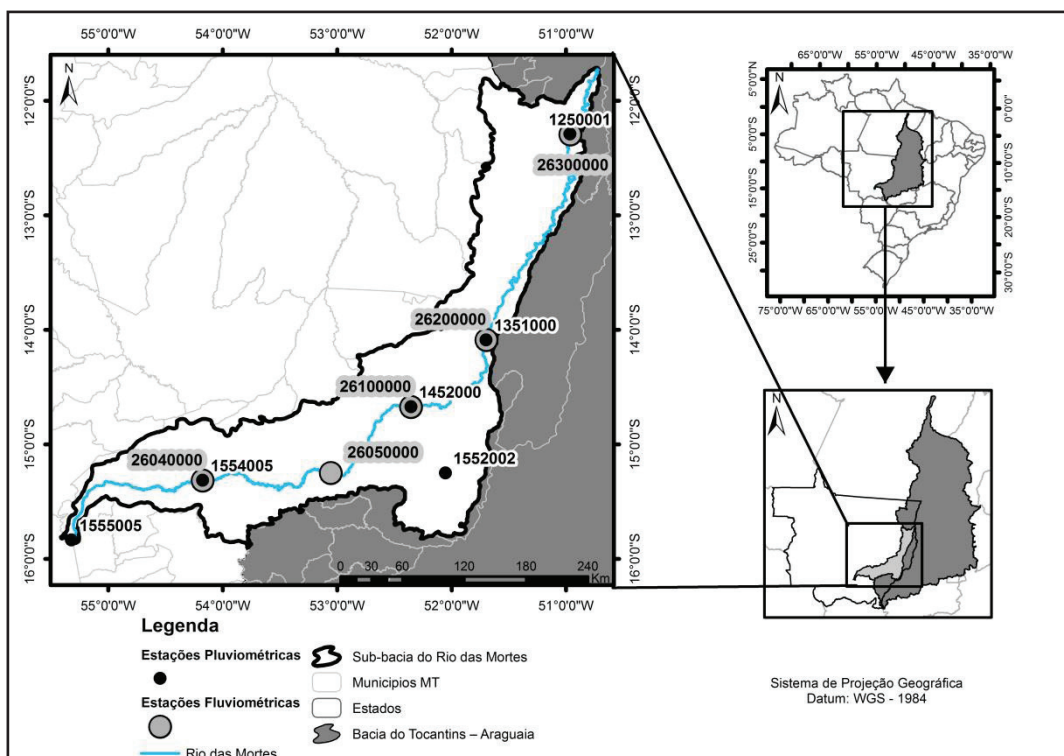


Figura 1 - Mapa da localização da área de estudo contendo as estações fluviométricas e pluviométricas

Os dados das séries temporais de precipitação e vazão (médias, máximas e mínimas) diárias mensais e anuais dos períodos seco e chuvoso, foram analisados sob os critérios de Bayazit e Önöz (2007), para verificar se o processo de Pre-whitening (PW), método que permite detectar e remover a autocorrelação dos dados, se fazia necessário. Visto que os mesmos não recomendam a realização deste processo se uma, das seguintes condições, for atendida:

1) Conjunto de dados possui valor muito pequeno de coeficiente de variação ($CV \leq 0,1$), ou

2) Conjunto de dados com grande valor de CV ($CV > 0,1$), mas o tamanho da amostra é grande o suficiente (ou seja $n \geq 50$) com alta magnitude de inclinação (ou seja, $|Q| \geq 0,01$).

Após tal avaliação, foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Kendall, conforme descrito por Barua et al. (2013), com nível de significância de 5%, para análise de possíveis tendências em todas as séries temporais, em que o Z positivo indica tendência crescente e negativo tendência decrescente. Por fim, o estimador de inclinação de Sen (1968) foi usado para calcular a magnitude das tendências verificadas.

Todas as análises estatísticas das séries temporais foram realizadas com o auxílio do software R (R CORE TEAM, 2013), sendo necessária a utilização do pacote Kendall (MCLEOD, 2011) para determinação das tendências.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise exploratória de dados (EDA) foi preliminar à aplicação dos testes de Pre-whitening e Mann-Kendall (MK). Os gráficos das séries plotados em função do tempo, onde se inseriram também as médias móveis de 10 termos e a Regressão LOWESS, demonstraram apenas em algumas séries pluviométricas ligeira tendência (Figura 2a e 2b). Enquanto que, para os dados fluviométricos das estações 26050000 e 26100000, nota-se a tendência de aumento nas séries anuais e nas mínimas do período chuvoso (Figura 2c, 2d, 2e, 2f). De maneira oposta, todas as séries da estação 26040000 apresentaram tendência negativa (Figura 2g e 2h).

Após análise das séries históricas sob os critérios de Bayazit e Önöz (2007), constatou-se que o processo de Pre-whitening era desnecessário.

Pelas análises de tendência de Mann-Kendall, das séries pluviométricas de médias e máximas diárias mensais e anuais dos períodos seco e chuvoso, verificou-se que somente houve tendência estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) em quatro séries (Tabela 2). Dessas, duas pertencentes à estação 1555005, sendo máxima diária mensal e máxima anual do período chuvoso, ambas com tendência positiva. Porém, para as séries de média anual do período chuvoso da estação 1552002 e a média anual do período seco da estação 1351000, houve tendência negativa. Destas quatro análises de tendência significativa, que resultam em apenas 11% das séries, três possuem valor muito baixo de inclinação da reta determinada pelo método de Sen (Tabela 2).

As análises de tendência de Mann-Kendall das séries fluviométricas (médias, máximas e mínimas) diárias mensais e anuais dos períodos seco e chuvoso, resultaram em 40% das séries

com tendências significativas, sendo que estas concentram-se nos dados de três estações (Tabela 3). As estações 26200000 e 26300000 não apresentaram tendências significativas em nenhuma das séries analisadas. As análises das estações 26050000 e 26100000 apresentaram resultados similares para os mesmos períodos, em que há tendência positiva para as séries de médias, máximas e mínimas diárias mensais e mínima anual do período chuvoso. Entretanto, todas as séries da estação 26040000 apresentaram tendência negativa com valor considerável de inclinação de Sen.

As estações fluviométricas que não apresentaram tendência estão situadas na região do Baixo Rio das Mortes (ANA, 2009), a qual pertence à planície inundável do Bananal, que possui altitude média de 200 metros (SEMA, 2010) e extensas áreas sazonalmente inundáveis que dificulta a atividade agrícola na região. Aquino, Stevaux e Latrubesse (2005) realizaram um trabalho sobre regime hidrológico e aspectos morfohidráulico do Rio Araguaia, onde concluíram que a planície aluvial amorteceria a variabilidade dos fluxos. Desta forma, a ausência de tendência destas estações possivelmente, tenha sua fundamentação pautada na condição topográfica da região e/ou discreta antropização quando comparada a região do Alto Rio das Mortes (MMA, 2006).

A estação fluviométrica 26040000 está localizada no Alto Rio das Mortes, que é a região de maior extensão de áreas plantadas da Região Hidrográfica do Tocantins – Araguaia (SEMA, 2010). Tais áreas são caracterizadas por agricultura moderna, intenso uso de insumos, associadas com processo de urbanização, ou seja, região com processo de antropização bem avançado. Esta região também possui uma das maiores áreas irrigadas do estado em que há estabelecidos conflitos pelo uso da água (SEMA, 2010). De acordo com MMA (2006), esta captação de água sem controle para irrigação, poderá proporcionar escassez hídrica em anos mais secos. Desta forma, podemos compreender os resultados encontrados nesta estação, que apresentaram em todas as séries tendência negativa, como sendo o efeito da sobre-exploração dos recursos hídricos desta região, concordando com os resultados de Marengo e Alvez (2005) e Groppo et al. (2005).

Segundo Costa, Botta e Cardille (2003), espera-se que a substituição da vegetação tropical natural por pastagem ou culturas, cause uma queda na evapotranspiração e um aumento associado na vazão média e máxima anual. Tal efeito sobre a vazão pode ser observado nas estações 26050000 e 26100000, em que não somente as séries de médias e máximas diárias mensais apresentaram tendência significativa de aumento como também as mínimas.

As séries de mínimas diárias mensais e mínimas anuais do período chuvoso apresentaram tendência de aumento para essas duas estações, corroborando com os argumentos de Tucci e Clarke (1997). Estes sugerem que se as condições de infiltração do solo após o desmatamento forem favoráveis, a água que seria absorvida e evapotranspirada pela floresta, atinge o solo e infiltra, portanto o aquífero tem uma maior recarga, aumentando as vazões mínimas.

O que sugere ainda que a infiltração possui uma maior dependência das características do solo que da cobertura vegetal em si.

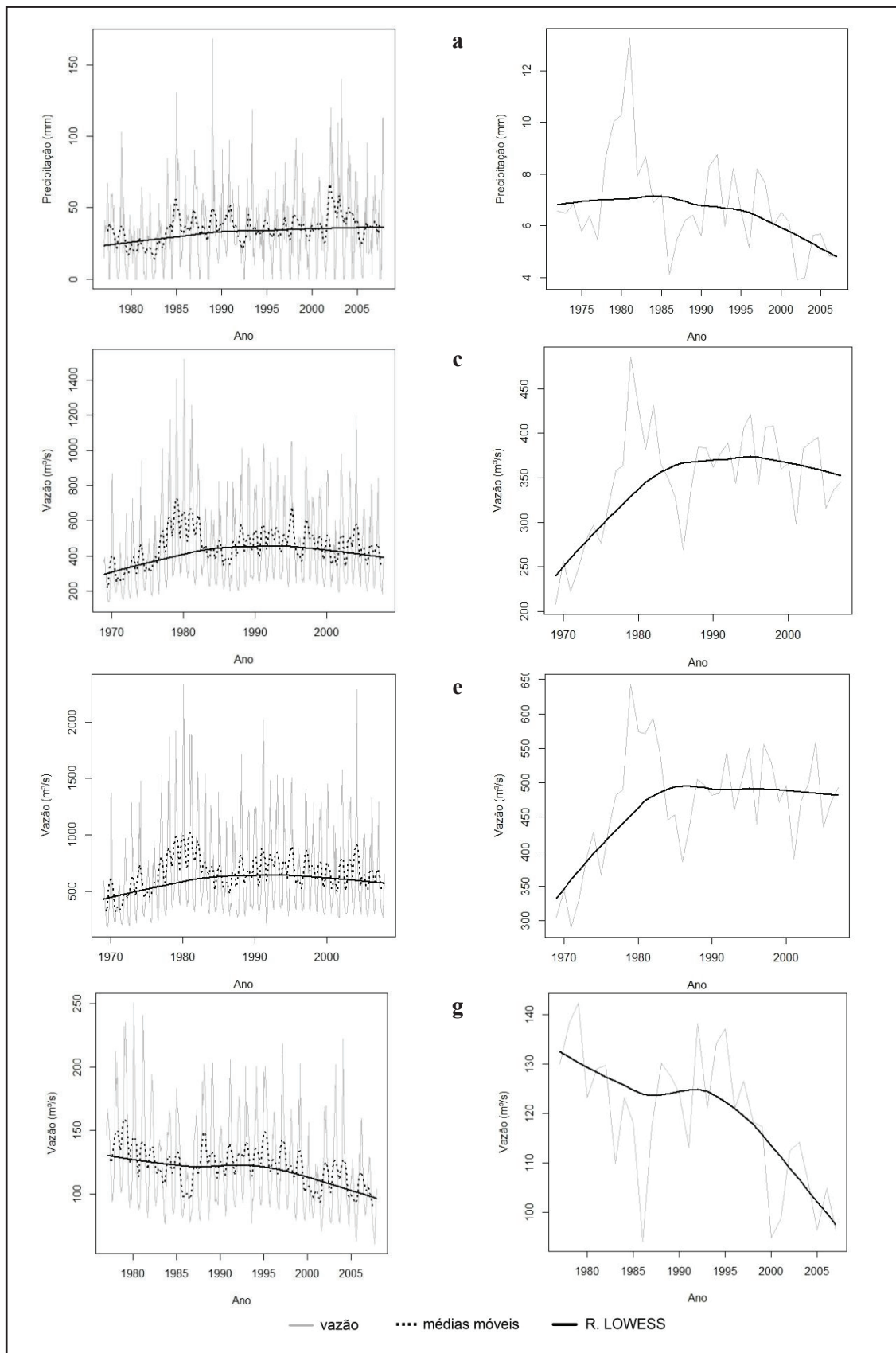


Figura 2 - Análise Exploratória dos Dados com Regressão LOWESS e médias móveis. (a)- Máximas diárias mensais da estação 1555005, (b)- Médias anuais do período chuvoso da estação 1552002, (c)- Máximas diárias mensais da estação 26050000, (d)- Mínimas anuais do período chuvoso da estação 26050000, (e)- Máximas diárias mensais da estação 26100000, (f)- Mínimas anuais do período chuvoso da estação 26100000, (g)- Médias diárias mensais da estação 26040000, (h)- Mínimas anuais do período chuvoso da estação 26040000.

Tabela 2. Precipitações médias e máximas diárias mensais e anuais do período seco e chuvoso: estatística Z de MK, significância (p) e inclinação da reta determinada pelo método de Sen (Q) para as séries de precipitação. Valores estatisticamente significativos nos níveis de 5% encontram-se em negrito.

| ID | Período | Estat. | Anual Seco | | Anual Chuvoso | | Diária Mensal | |
|---------|-----------|--------|--------------|-------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| | | | Méd | Máx | Méd | Máx | Méd | Máx |
| 1555005 | 1977-2007 | Z | 0.41 | 1.38 | 1.56 | 2.48 | 1.37 | 2.79 |
| | | p | 0.68 | 0.17 | 0.12 | 0.01 | 0.17 | 0.01 |
| | | Q | 0.01 | 0.33 | 0.07 | 0.69 | 0.00 | 0.03 |
| 1554005 | 1977-2007 | Z | -1.73 | -1.60 | 0.78 | 0.58 | -0.37 | -0.24 |
| | | p | 0.08 | 0.11 | 0.43 | 0.56 | 0.71 | 0.81 |
| | | Q | -0.02 | -0.23 | 0.02 | 0.16 | 0.00 | 0.00 |
| 1552002 | 1972-2007 | Z | -1.10 | -1.23 | -2.55 | -1.87 | -1.91 | -1.39 |
| | | p | 0.27 | 0.22 | 0.01 | 0.06 | 0.06 | 0.16 |
| | | Q | -0.01 | -0.13 | -0.06 | -0.23 | 0.00 | -0.01 |
| 1452000 | 1969-2007 | Z | -0.58 | -0.77 | -0.51 | -0.31 | -0.37 | -0.44 |
| | | p | 0.56 | 0.44 | 0.61 | 0.75 | 0.71 | 0.66 |
| | | Q | 0.00 | -0.08 | -0.01 | -0.07 | 0.00 | 0.00 |
| 1351000 | 1985-2007 | Z | -2.06 | -1.90 | -0.18 | -1.16 | -0.48 | -1.19 |
| | | p | 0.04 | 0.06 | 0.86 | 0.25 | 0.63 | 0.23 |
| | | Q | -0.02 | -0.46 | 0.00 | -0.24 | 0.00 | 0.00 |
| 1250001 | 1970-2007 | Z | -0.05 | -0.23 | -1.71 | 0.01 | -1.43 | -0.60 |
| | | p | 0.96 | 0.82 | 0.09 | 0.99 | 0.15 | 0.55 |
| | | Q | 0.00 | -0.02 | -0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Tabela 3 - Vazões médias, máximas e mínimas diárias mensais e anuais dos períodos seco e chuvoso: estatística Z de MK, significância (p) e inclinação da reta determinada pelo método de Sen (Q) para as séries de vazão. Valores estatisticamente significativos nos níveis de 5% encontram-se em negrito.

| ID | Período | Estat. | Anual Seco | | | Anual Chuvoso | | | Diária Mensal | | |
|----------|------------|--------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| | | | Méd | Máx | Min | Méd | Máx. | Min | Méd | Máx | Min |
| 26040000 | 1977 -2007 | Z | -3.33 | -3.43 | -3.20 | -3.50 | -2.55 | -3.50 | -4.57 | -4.02 | -5.02 |
| | | p | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | Q | -0.59 | -0.68 | -0.50 | -1.13 | -1.23 | -0.96 | -0.07 | -0.07 | -0.06 |
| 26050000 | 1969 -2007 | Z | 1.28 | 1.35 | 1.40 | 1.79 | 1.19 | 2.56 | 3.24 | 2.64 | 3.97 |
| | | p | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.07 | 0.24 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| | | Q | 1.09 | 1.35 | 1.06 | 2.58 | 2.39 | 2.41 | 0.14 | 0.15 | 0.12 |
| 26100000 | 1969 -2007 | Z | 1.55 | 0.97 | 1.81 | 1.60 | 1.26 | 2.23 | 2.90 | 2.21 | 3.68 |
| | | p | 0.12 | 0.33 | 0.07 | 0.11 | 0.21 | 0.03 | 0.00 | 0.03 | 0.00 |
| | | Q | 1.32 | 0.91 | 1.49 | 3.07 | 3.69 | 2.52 | 3.09 | 0.20 | 0.16 |
| 26200000 | 1981 -2007 | Z | -41.42 | -1.04 | -0.75 | -0.33 | -0.63 | -0.04 | -1.38 | -1.37 | -1.05 |
| | | p | 1.00 | 0.30 | 0.45 | 0.74 | 0.53 | 0.97 | 0.17 | 0.17 | 0.29 |
| | | Q | -0.96 | -1.50 | -0.29 | -0.22 | -1.41 | 1.50 | -0.19 | -0.24 | 0.50 |
| 26300000 | 1970 -2007 | Z | 0.68 | 0.83 | 28.07 | 0.45 | 0.10 | 0.88 | 1.06 | 0.98 | 1.29 |
| | | p | 0.50 | 0.41 | 0.43 | 0.65 | 0.92 | 0.38 | 0.29 | 0.33 | 0.20 |
| | | Q | 1.59 | 1.98 | 1.06 | 1.99 | 1.61 | 2.38 | 0.15 | 0.18 | 0.13 |

No Brasil, foram realizadas análises de tendência em poucos estados, concentrando os trabalhos em São Paulo, Minas Gerais e Bahia. Com exceção das análises realizadas por Groppo et al. (2005) que encontrou tendência positiva para precipitação, nos demais trabalhos o predomínio dos resultados foi de ausência de tendência para precipitação (ALEXANDRE;

BAPTISTA; NAGHETTINI, 2010; BLAIN, 2010; LIMA et al., 2011; MARENGO; ALVES, 2005; MESCHIATTI et al., 2012).

Desta forma, pode-se notar que o tipo de uso e as características físicas do solo, demonstram forte ligação em relação à alteração da dinâmica hídrica na bacia. Porém, de acordo com as análises dos dados pluviométricos, em que 89% das séries

não apresentaram tendências, conclui-se que o tipo de uso ou cobertura pouco influenciaram a precipitação local. Tal pressuposição encontra suporte no trabalho de Tucci e Clarke (1997), em que afirmam que após a remoção da vegetação há redução da evaporação, podendo trazer efeitos na precipitação, porém, o sistema climatológico local depende muito pouco da evaporação da superfície da área. Segundo Bruijnzeel (2004), em seu trabalho de revisão, alguns autores concluíram que as influências oceânicas tendem a dominar variabilidade da precipitação muito mais do que a cobertura do solo, conclusão análoga a que chegaram Tao et al. (2011) e Chowdhury e Beecham (2010).

CONCLUSÃO

As análises de tendências de Mann-Kendall para as séries temporais pluviométricas foram pouco expressivas resultando em apenas 11% das séries com tendências significativas, sugerindo que sistema climatológico local depende muito pouco da evaporação da superfície da área.

As análises de tendências de Mann-Kendall para as séries temporais fluviométricas apresentaram tendências tanto negativas como positivas. A estação cujas análises apresentaram em todas as séries tendência negativa, demonstra forte conexão em relação ao tipo de uso e sobre-exploração dos recursos hídricos. Já nas estações que apresentaram tendência de aumento, podemos notar que o tipo de uso e as características físicas do solo influenciam a dinâmica hídrica na bacia.

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, 2010.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. DE M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. HidroWeb: Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 9 out. 2012.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Plano estratégico de recursos hídricos da bacia hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia: relatório síntese. Brasília: ANA, 2009.
- AQUINO, S.; STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. Regime hidrológico e aspectos do comportamento morfohidráulico do Rio Araguaia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 6, n. 2, p. 29–41, 2005.
- BARUA, S.; MUTTL, N.; NG, A. W. M.; PERERA, B. J. C. Rainfall trend and its implications for water resource management within the Yarra River catchment, Australia. *Hydrological Processes*, v. 27, n. 12, p. 1727–1738, 15 jun. 2013.
- BAYAZIT, M.; ÖNÖZ, B. To prewhiten or not to prewhiten in trend analysis? *Hydrological Sciences Journal*, v. 52, n. 4, p. 611–624, ago. 2007.
- BLAIN, G. C. Tendências e variações climáticas em séries anuais de precipitação pluvial do Estado de São Paulo. *Bragantia*, v. 69, n. 3, p. 765–770, 2010.
- BRANNSTROM, C.; JEPSON, W.; FILIPPI, A. M.; REDO, D.; XU, Z.; GANESH, S. Land change in the Brazilian Savanna (Cerrado), 1986–2002: Comparative analysis and implications for land-use policy. *Land Use Policy*, v. 25, n. 4, p. 579–595, out. 2008.
- BRUIJNZEEL, L. A. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 104, p. 185–228, set. 2004.
- BURN, D. H.; ELNUR, M. A. H. Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology*, v. 255, n. 1-4, p. 107–122, jan. 2002.
- CHOWDHURY, R. K.; BEECHAM, S. Australian rainfall trends and their relation to the southern oscillation index. *Hydrological Processes*, v. 24, n. 4, p. 504–514, 2010.
- COSTA, M. H.; BOTTA, A.; CARDILLE, J. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia. *Journal of Hydrology*, v. 283, p. 206–217, dez. 2003.
- FEARNSIDE, P. M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Environmental Conservation*, v. 28, n. 1, p. 23–38, 2001.
- GEMMER, M.; BECKER, S.; JIANG, T. Observed monthly precipitation trends in China 1951–2002. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 77, n. 1-2, p. 39–45, 1 mar. 2004.
- GROPPO, J. D.; MORAES, J. M. DE; BEDUSCHI, C. E.; MARTINELLI, L. A. Análise de séries temporais de vazão e precipitação em algumas bacias do Estado de São Paulo com diferentes graus de intervenções antrópicas. *Geociências*, v. 24, n. 2, p. 181–193, 2005.
- GUERREIRO, S. B.; KILSBY, C. G.; SERINALDI, F. Analysis of time variation of rainfall in transnational basins in Iberia: abrupt changes or trends? *International Journal of Climatology*, v. 34, n. 1, p. 114–133, 11 jan. 2014.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Produção Agrícola 2014*. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Comentarios/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Comentarios/)>

lspa_201403comentarios.pdf>. Acesso em: 24 out. 2014.

JEPSON, W.; BRANNSTROM, C.; FILIPPI, A. Access Regimes and Regional Land Change in the Brazilian Cerrado, 1972–2002. *Annals of the Association of American Geographers*, n. 100, p. 87–111, 2010.

KLIMENT, Z.; MATOUŠKOVÁ, M.; LEDVINKA, O.; KRÁLOVEC, V. Trend analysis of rainfall-runoff regimes in selected headwater areas of the Czech Republic. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, v. 59, n. 1, p. 36–50, 1 jan. 2011.

LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C. Características físico-bióticas e problemas ambientais associados à planície aluvial do Rio Araguaia, Brasil Central. *Revista UnG – Geociências*, v. 5, n. 1, p. 65–73, 2006.

LIMA, J. R. A.; NEVES, D. J. D.; ARAÚJO, L. E. DE; AZEVEDO, P. V. DE. Identificação de tendências climáticas no Estado da Bahia. *Revista de Geografia*, v. 28, n. 3, p. 172–187, 2011.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 16, n. 4, p. 157–167, 2011.

MARENCO, J. A.; ALVES, L. M. Tendências hidrológicas da Bacia do Rio Paraíba do Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 20, n. 2, p. 215–226, 2005.

MARENCO, J. A.; TOMASELLA, J. Trends in streamflow and rainfall in tropical South America : Amazonia , eastern Brazil , and northwestern Peru. *Journal of Geophysical Research*, v. 103, p. 1775–1783, 1998.

MCLEOD, A. I. Kendall: *Kendall rank correlation and Mann-Kendall trend test*, 2011. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/package=Kendall>>. Acesso em: 24 out. 2014

MELO, T. L. DE; TEJERINA-GARRO, F. L.; MELO, C. E. DE. Diversidade biológica da comunidade de peixes no baixo Rio das Mortes , Mato Grosso , Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 24, n. 3, p. 657–665, 2007.

MESCHIATTI, M. C.; FONTOLAN, M. R.; PENEREIRO, J. C.; FERREIRA, D. H. L. Caracterização estatística de tendências em séries anuais de dados hidro-climáticos no Estado de São Paulo. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 6, n. 1, p. 52–64, 2012.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Caderno da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia. Brasília: MMA, 2006.

OGUNTUNDE, P. G.; ABIODUN, B. J.; LISCHIED, G. Rainfall trends in Nigeria, 1901–2000. *Journal of Hydrology*, v. 411, n. 3, p. 207–218, dez. 2011.

PATRA, J. P.; MISHRA, A.; SINGH, R.; RAGHUWANSHI, N. S. Detecting rainfall trends in twentieth century (1871–2006) over

Orissa State, India. *Climatic Change*, v. 111, n. 3-4, p. 801–817, 26 ago. 2011.

R CORE TEAM. R: *A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria. R Foundation for Statistical Computing, , 2013. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>. Acesso em: 9 out. 2012

SEMA. SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. *Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água - Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia - 2007 a 2009*. Cuiabá: SEMA, 2010.

SEN, P. K. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. *Journal of the American Statistical Association*, v. 63, n. 324, p. 1379–1389, 1968.

SEPLAN. SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL. Diagnóstico Sócio-Econômico-Ecológico do Estado de Mato Grosso. Cuiabá: SEPLAN, 2001. (CD-ROM).

SOLTANI, S.; SABOOHI, R.; YAGHMAEI, L. Rainfall and rainy days trend in Iran. *Climatic Change*, v. 110, n. 1-2, p. 187–213, 13 jul. 2011.

TAO, H.; GEMMER, M.; BAI, Y.; SU, B.; MAO, W. Trends of streamflow in the Tarim River Basin during the past 50 years: Human impact or climate change? *Journal of Hydrology*, v. 400, n. 1-2, p. 1–9, mar. 2011.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 2, n. 1, p. 135–152, 1997.

Contribuição dos autores:

Cássia Rosin: Aquisição, tabulação e análise estatística dos dados dos pluviométricos e fluviométricos; interpretação dos dados; idealização do artigo, elaboração do texto, figuras e tabelas do artigo.

Ricardo Santos Silva Amorim: Aquisição, tabulação e análise estatística dos dados dos pluviométricos e fluviométricos; interpretação dos dados; idealização do artigo, elaboração do texto, figuras e tabelas do artigo.

Tábata Saturnina Trindade de Morais: Análise estatística dos dados dos pluviométricos e fluviométricos; interpretação dos dados; idealização do artigo e revisão do texto, figuras e tabelas do mesmo.