

Artigo

## Evidências de Mudanças Climáticas na Região de Transição Amazônia-Cerrado no Estado do Maranhão

Fabício Brito Silva, Jessflan Rafael Nascimento Santos,  
Francisco Emerson Carpegiane Silva Feitosa, Itallo Dirceu Costa Silva,  
Mayara Lucyane Santos de Araújo, Camila Everton Guterres, Juliana Sales dos Santos,  
Camila Viegas Ribeiro, Denilson da Silva Bezerra, Raimundo Luna Neres

*Laboratório de Geotecnologias, Universidade CEUMA, São Luís, MA, Brasil.*

Recebido 30/11/2015 – Aceito 8/3/2016

### Resumo

A zona de transição Amazônia-Cerrado é caracterizada pela alta diversidade de ecossistemas, biodiversidade e condições climáticas. Este trabalho tem como objetivo investigar evidências de mudanças climáticas na precipitação e temperatura no Estado do Maranhão. Os dados de normais climatológicas desde 1977 até 2014 provenientes de 12 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia, distribuídas no Estado foram utilizados para construir a série temporal de dados climáticos. Os dados foram divididos em dois grupos referentes às estações climáticas, seca e chuvosa. O teste de Mann-Kendall foi aplicado para detecção de tendências de aumento ou decréscimo, tanto na série temporal completa, quanto nos dados referentes aos períodos seco e chuvoso. Os resultados evidenciaram uma forte elevação na temperatura do ar em todas estações do Estado. No bioma amazônico em relação a precipitação, as estações de Bacabal e Zé Doca registraram tendências de aumento e diminuição, respectivamente. No bioma cerrado, as estações de Carolina e Colinas apresentaram tendências de aumento e diminuição, respectivamente. Os resultados apresentados neste trabalho mostraram que as mudanças climáticas ocorrem diferentemente no Estado do Maranhão, não necessariamente influenciada pelo bioma.

**Palavras-chave:** mudanças globais, desastres naturais, sensoriamento remoto.

## Evidence of Climate Change in the Amazon-Savanna Transition Region in Maranhão State

### Abstract

The Amazon-Savanna transition zone is characterized by high diversity of ecosystems, biodiversity and climatic conditions. This work aims to investigate evidences of climate change on precipitation and temperature in the Maranhão state. The climatological normal data from 1977 to 2014 provided from 12 meteorological stations of National Meteorological Institute distributed in state area was used to build the climatic time series. This dataset was divided in two groups according to climate stations, dry and rain seasons. The Mann-Kendall test was applied to detect increase and decrease trends regarding complete time series and both, dry and rain season series. The results show a strong climate change in air temperature. In the amazon biome, Bacabal and Zé Doca stations registered increase and decrease tendencies, respectively. In the savanna biome, in Carolina and Colinas stations presented increase and decrease tendencies, respectively. The results presented in this work shows that climate change occurred differently in Maranhão state, not influenced necessarily by biome.

**Keywords:** global change, natural disasters, remote sensing.

### 1. Introdução

Dentro do ciclo hidrológico, a precipitação e a temperatura são variáveis climáticas fundamentais para o enten-

dimento da dinâmica do meio físico. A compreensão do comportamento sazonal e da tendência de aumento ou decréscimo dessas variáveis é estratégica para o planejamento

do meio ambiente, geração de energia e manejo da agricultura, especialmente em condições tropicais (Mello e Silva, 2009).

Em 2014, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014) publicou mais um relatório a respeito dos avanços da ciência referente às mudanças climáticas globais. O cenário mais otimista prevê um aumento da temperatura terrestre entre 0,3 °C e 1,7 °C de 2010 até 2100 e, no pior cenário, a superfície da Terra poderá aquecer entre 2,6 °C e 4,8 °C ao longo deste século.

Essas mudanças podem ser consideradas como uma das ameaças mais significativas à sobrevivência dos ecossistemas, com vários efeitos potenciais sobre indivíduos, populações e comunidades (Walther *et al.*, 2002), os quais já começam a ser detectados (Todd *et al.*, 2011; Lurgi *et al.*, 2012). Modificações na temperatura e precipitação também poderão acarretar em modificações nos recursos hídricos, afetando o abastecimento humano, geração de energia e agricultura (Nóbrega, 2008).

O Brasil apresenta elevada vulnerabilidade aos possíveis efeitos das alterações climáticas, principalmente se considerarmos as projeções atuais de mudança no clima global (Solomon *et al.*, 2007). O cenário climático brasileiro acompanha a mesma tendência de aquecimento global, em que as mudanças mais significativas são no aumento de temperatura, modificações nos padrões de chuvas e alterações na distribuição de extremos climáticos, tais como secas, enchentes e inundações (Assis *et al.*, 2012). Uma avaliação da variabilidade climática, ao longo do tempo no Brasil, mostra que, dependendo da região analisada, podem ocorrer alterações contínuas ou ciclos bem demarcados dos elementos meteorológicos, como a temperatura e a precipitação (Pinto *et al.*, 2003).

O Nordeste do Brasil é uma região cujo clima predominante é semiárido, que apresenta substanciais variações temporais e espaciais da precipitação pluvial, e elevadas temperaturas ao longo do ano (Nóbrega *et al.*, 2014). Apresenta temperaturas médias anuais sempre superiores a 18 °C, verificando-se desde territórios mais secos no interior até mais úmidos, na costa leste da região (Silva *et al.*, 2008).

No Maranhão a região de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado é caracterizada pela alta diversidade de ecossistemas e biodiversidade. A população, de forma geral, é fragilizada pelo baixo poder aquisitivo residindo em municípios que registram os mais baixos índices de desenvolvimento humano do país, como Marajá do Sena com o IDHM de 0.452 e Fernando Falcão ocupando o penúltimo lugar no ranking municipal de todo o Brasil com o IDHM de 0.443 (Brasil, 2013). Dessa forma, mudanças no clima poderão impactar de maneira trágica não apenas a biodiversidade da fauna e flora dos ecossistemas, mas, a qualidade da vida humana.

Entre os diversos esforços realizados para o melhor entendimento das alterações no padrão do clima e tempo, destaca-se os estudos com relação a detecção de indícios de variabilidades, mudanças em séries temporais com base em métodos estatísticos (Sena e Lucena, 2013).

O objetivo deste trabalho foi investigar evidências de mudanças climáticas na precipitação e temperatura, na região de transição entre Amazônia e Cerrado, no Estado do Maranhão.

## 2. Material e Métodos

O Maranhão está situado em uma área de transição entre a região nordeste e a região amazônica. O Estado encontra-se numa posição entre três macrorregiões brasileiras: Nordeste, Norte e Centro Oeste. Dessa forma, reúnem feições fitogeográficas e climatológicas características dessas áreas. Fisiograficamente, o Maranhão apresenta sete microrregiões: Litoral, Baixada Maranhense, Cerrados, Cocais, Amazônia, Chapadões e Planalto. O clima semi-úmido abrange grande porção do território maranhense onde os solos apresentam uma grande variedade (Maranhão (Estado), 2002).

O Estado abrange uma área de 331.935,5 km<sup>2</sup> e sua população atual é de 6.574.789 (IBGE, 2010), uma densidade populacional de 19,81 hab./km<sup>2</sup>, com 63,1% da população vivendo em áreas consideradas urbanas (4.147.149 habitantes).

Os dados climatológicos foram adquiridos a partir de 12 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, distribuídas no Estado do Maranhão. As estações foram segregadas quanto ao bioma, sendo quatro estações situadas no bioma amazônico e oito no bioma cerrado (Fig. 1). Foram utilizados registros mensais de precipitação, temperatura máxima, média e mínima, no período de 1977 a 2014.

As análises dos dados consistiram na avaliação estatística descritiva utilizando o conjunto global, estações climáticas (seca e chuvosa), nos diferentes biomas. A análise de tendência foi realizada através do teste Mann-Kendall, sendo este um teste não paramétrico, sugerido pela *World Meteorological Organization* (WMO) para avaliação de tendências em séries temporais de dados ambientais (Yue *et al.*, 2002).

O teste foi desenvolvido por Mann (1945) e tem sido amplamente utilizado para análise de tendências em séries temporais de dados ambientais (Hipel e McLeod, 2005).

Seja uma série temporal de observações,  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , representa  $n$  pontos em que  $x_j$  representa o ponto no tempo  $j$ . Então a estatística de Mann Kendall ( $S$ ) é dado por:

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

em que:



Figura 1 - Localização das 12 estações meteorológicas no Estado do Maranhão (INMET), destacando os biomas Amazônia e Cerrado.

$$sng(x) = \begin{cases} +1, & x > 0 \\ 0, & x = 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Valores positivos de  $S$  indicam uma tendência de crescimento no qual os valores crescem com o tempo, e valores negativos indica uma tendência negativa. Contudo, é necessário computar a probabilidade associada com  $S$  e a dimensão da amostra,  $n$ , para estatisticamente quantificar a significância da tendência.

Para uma dimensão da amostra  $> 10$ , as aproximações normais para o teste de Mann-Kendall pode ser usado.

Para esta, variância de  $S$  é obtida com,

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n-1) \sum_{j=1}^p t_j(t_j-1)(2t_j+5)}{18} \quad (3)$$

em que  $p$  é número de grupos contendo valores iguais na série de dados e  $t_j$  é o número de dados com valores iguais num certo grupo  $j$ .

Sabendo-se que  $S$  é normalmente distribuído e tem média zero e variância dada pela Eq. (1), pode se checar se a tendência positiva ou negativa é significativa diferente de

zero. Se  $S$  é significativa diferente de zero,  $H_0$  pode ser rejeitada para certo nível de significância apontando existência de tendência ( $H_1$  é aceita).

Mann (1945) e Kendall (1975) mostraram que mesmo para valores pequenos de  $n$ , pode-se assumir uma distribuição normal desde que o valor de estatística  $Z$  seja dado por:

$$|z| = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{V(S)}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{V(S)}} & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

### 3. Resultados e Discussão

De acordo com a Tabela 1, considerando a série total de dados, os índices de MK referentes à temperatura indicaram forte tendência de aumento na maioria das estações nos períodos chuvoso e seco, exceto para temperatura mínima em Turiaçu em ambos os períodos climáticos e anual.

As estações de São Luís, Turiaçu e Zé Doca e Bacabal registraram as maiores tendências de aumento da tempe-

**Tabela 1** - Localização das 12 estações meteorológicas no Estado do Maranhão (INMET), destacando os biomas Amazônia e Cerrado.  
Tabela 1 - Índice anual e sazonal do teste de Mann-Kendall para as temperaturas máxima, média e mínima.

Estação	Bioma	Temperatura máxima			Temperatura média			Temperatura mínima		
		Anual	Chuvoso	Seco	Anual	Chuvoso	Seco	Anual	Chuvoso	Seco
Bacabal	Amazônia	0,30	0,38	0,34	0,32	0,36	0,35	0,25	0,27	0,25
		p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001
São Luís	Amazônia	0,32	0,31	0,55	0,33	0,32	0,47	0,31	0,31	0,40
		p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001
Turiaçu	Amazônia	0,36	0,43	0,57	0,31	0,34	0,44	0,03	0,01	0,06
		p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p = 0,3631	p = 0,7828	p = 0,2230
Zé Doca	Amazônia	0,18	0,25	0,21	0,37	0,40	0,43	0,49	0,50	0,50
		p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001
Alto Parnaíba	Cerrado	0,19	0,25	0,24	0,21	0,32	0,17	0,16	0,36	0,08
		p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p = 0,0008	p < 0,0001	p < 0,0001	p = 0,0645
Balsas	Cerrado	0,23	0,36	0,30	0,32	0,40	0,34	0,09	0,14	0,07
		p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p = 0,0063	p = 0,0024	p = 0,1539
Barra do Corda	Cerrado	0,22	0,46	0,26	0,34	0,46	0,33	0,28	0,32	0,25
		p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001
Carolina	Cerrado	0,21	0,35	0,31	0,29	0,37	0,33	0,31	0,47	0,26
		p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001
Caxias	Cerrado	0,27	0,46	0,30	0,30	0,44	0,30	0,34	0,43	0,33
		p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001
Chapadinha	Cerrado	0,19	0,31	0,18	0,23	0,24	0,27	0,32	0,35	0,32
		p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001
Colinas	Cerrado	0,20	0,37	0,27	0,26	0,33	0,24	0,13	0,22	0,05
		p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p = 0,2968
Imperatriz	Cerrado	0,29	0,45	0,40	0,30	0,33	0,41	0,10	0,10	0,13
		p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p = 0,0014	p = 0,0276	p = 0,0039

ratura, com valores KT mais altos e com o valor-p de significância menor que 0,0001.

Em Bacabal, centro maranhense, a média da temperatura máxima na estação seca, para o período de 1977 a 1984, foi de 33,53 °C (DP = 0,91). Esse aumento na última década foi de 2,19 °C. Na região oeste do Estado, em Imperatriz esse aumento foi de 2,12 °C e Turiaçu foi de 1,73 °C. Em São Luís, norte maranhense, esse aumento foi de 0,91 °C. Estas estações estão situadas na região pré-amazônica.

Na região de cerrado, a maioria das estações também registraram forte tendência de aumento da temperatura, exceto em Barra do Corda e Colinas para a temperatura mínima no período seco, porém as tendências registradas foram em menor magnitude do que a região amazônica.

Em Caxias, leste maranhense, a média da temperatura máxima na estação seca, para o período de 1977 a 1984, foi de 33,87 °C (DP = 0,58). Esse aumento na última década foi de 2,08 °C. Na região sul do Estado, em Carolina, Balsas e Alto Parnaíba esse aumento foi de 1,98 °C, 1,46 °C e 0,83 °C, respectivamente. Na região do centro maranhense, em Barra do Corda esse aumento foi de 1,5 °C. Em Colinas,

região leste maranhense, esse aumento foi de 1,4 °C e em Chapadinha esse aumento foi de 0,95 °C.

De acordo com a Tabela 2, os valores do teste MK para a série de precipitação no bioma amazônico indicaram que apenas as estações de Bacabal no período chuvoso (Kendall Tau = 0,0947, p = 0,0333) e Zé Doca no período seco (Kendall Tau = -0,1492, p = 0,0009) registraram tendência positiva e negativa, respectivamente.

A precipitação anual média no período de 1977 a 2014 em Bacabal fica em torno de 1.724,86 mm (DP = 483,63). Na estação chuvosa a média da precipitação atinge cerca de 1.558,86 mm (DP = 512,35) e na estação seca a precipitação fica em torno de 166,00 mm (DP = 110,61). A precipitação anual média da estação chuvosa no período de 1977 a 1984 foi de 1.060,60 mm (DP = 568,12). Esse valor aumenta para 1.660,86 mm (DP = 482,61) na última década. O ano de 2009 teve um dos maiores registros de precipitação do período chuvoso com a média de 2.105,70 mm (DP = 154,01), onde nesse período houve inundações na cidade e em cidades próximas banhadas pelo Rio Mearim. A precipitação anual média da estação seca no período de 1977 a 1984 fica em torno de 180,10 mm



**Tabela 2** - Índice anual e sazonal do teste de Mann-Kendall para precipitação.

Estação	Bioma	Precipitação		
		Anual	Chuvoso	Seco
Bacabal	Amazônia	0,0320 p = 0,3089	0,0947 p = 0,0333	0,0174 p = 0,6984
São Luís	Amazônia	-0,0247 p = 0,4312	-0,0191 p = 0,6557	-0,0481 p = 0,3058
Turiaçu	Amazônia	-0,0134 p = 0,6715	-0,0127 p = 0,7611	-0,0319 p = 0,5149
Zé Doca	Amazônia	-0,0408 p = 0,1945	0,0161 p = 0,7159	-0,1492 p = 0,0009
Alto Parnaíba	Cerrado	-0,0110 p = 0,7339	-0,0313 p = 0,4886	-0,0480 p = 0,3128
Balsas	Cerrado	0,0112 p = 0,7252	0,0604 p = 0,1815	-0,0499 p = 0,2785
Barra do Corda	Cerrado	0,0240 p = 0,446	-0,0480 p = 0,3432	-0,0217 p = 0,593
Carolina	Cerrado	0,0420 p = 0,1826	0,0852 p = 0,0427	-0,0146 p = 0,7635
Caxias	Cerrado	-0,0106 p = 0,7394	-0,0551 p = 0,2505	-0,0233 p = 0,5968
Chapadinha	Cerrado	-0,0044 p = 0,8885	0,0615 p = 0,1756	0,0092 p = 0,835
Colinas	Cerrado	0,0272 p = 0,3902	-0,0374 p = 0,4136	-0,0810 p = 0,0679
Imperatriz	Cerrado	0,0218 p = 0,4921	0,0055 p = 0,9045	-0,0192 p = 0,6696

(DP = ,88). Esse valor diminui para 176,25 mm (DP = 78,53) na última década.

A precipitação anual média no período de 1977 a 2014 em Zé Doca, fica em torno de 1.786,60 mm (DP = 348,29). Na estação chuvosa a média da precipitação atinge cerca de 1.584,23 mm (DP = 367,83) e na estação seca a precipitação fica em torno de 202,36 mm (DP = 87,43). A precipitação anual média na estação chuvosa de 1977 a 1984 foi de 1.344,36 mm (DP = 582,49). Esse valor aumenta para 1.541,02 (DP = 321,31) na última década. A precipitação anual média na estação seca de 1977 a 1984 foi de 281,47 mm (DP = 109, 27). Esse valor diminuiu no período de 2004 a 2014 para 179,47 mm (DP = ,46). Estes resultados evidenciam em Zé Doca uma alteração no ciclo hidrológico com a redução da precipitação no período seco.

No bioma cerrado apenas as estações de Carolina no período chuvoso (Kendall Tau = 0,0852, p = 0,0427) e Colinas no período seco (Kendall Tau = -0,0810, p = 0,0679), registraram tendência positiva e negativa,

respectivamente. As demais estações no bioma amazônico e cerrado não apresentaram tendência.

A precipitação anual média no período de 1977 a 2014 em Carolina fica em torno de 1.660,26 mm (DP = 357,26). Na estação chuvosa a média da precipitação atinge cerca de 1.505,28 mm (DP = 380,41) e na estação seca a precipitação fica em torno de 141,43 mm (DP = 89,00). A precipitação anual média da estação chuvosa no período de 1977 a 1984 foi de 1.096, 14 mm (DP = 386,18). Esse valor aumenta para 1.686, 24 mm (DP = 149,93) na última década. A precipitação anual média da estação seca no período de 1977 a 1984 fica em torno de 179,90 mm (DP = 100,22). Esse valor diminui para 116,33 mm (DP = 70,75) na última década.

A precipitação anual média no período de 1977 a 2014 em Colinas, fica em torno de 1.261,68 mm (DP = 300,55). Na estação chuvosa a média da precipitação atinge cerca de 1.089,73 mm (DP = 312,09) e na estação seca a precipitação fica em torno de 167,85 mm (DP = 86,73). A precipitação anual média na estação chuvosa de 1977 a 1984 foi de 836,19 mm (DP = 276,48). Esse valor aumenta para 1.247,05 (DP = 222,31) na última década. A precipitação anual média na estação seca de 1977 a 1984 foi de 202,75 mm (DP = 107,29). Esse valor diminuiu no período de 2004 a 2014 para 100,66 mm (DP = 69,42). Estes resultados evidenciam em Colinas uma alteração no ciclo hidrológico com a redução da precipitação no período seco.

Outros estudos no Brasil, também evidenciam mudanças no clima pelo aumento da temperatura e alterações no ciclo da precipitação. Ribeiro *et al.* (2014), ao analisar tendências climáticas nas séries temporais de temperatura e precipitação em Tucuruí-PA, no período de 1972-2012, constatou que as séries de temperaturas médias e mínima apresentaram uma tendência positiva significativa. Para temperatura mínima, verificou-se uma acentuada variação positiva com um aumento de 2,85 °C ao longo da série estudada. Quanto a precipitação total anual, não foi possível afirmar que houve uma tendência de aumento ao longo do período estudado, porque embora a variabilidade interanual tenha apresentado tendência de aumento o coeficiente de regressão linear não apresentou significância estatística.

Ávila *et al.* (2014) analisou dados de temperatura em 43 estações no Estado de Minas Gerais e constatou um aumento de 0,5 °C até 1 °C na escala anual de temperatura máxima e mínima.

Souza e Azevedo (2012) avaliou dados de precipitação e das temperaturas máximas e mínimas referentes a estação climatológica em Recife-PE. Este trabalho constatou que em relação as índices associados a temperaturas, todos apontaram tendências positivas, indicando um aumento das temperaturas máximas e mínimas em torno de 1 °C. Além do aumento na temperatura, Souza e Azevedo

(2012) também constatou tendências de diminuição da precipitação, porém não foram estatisticamente significativas.

Lopes e da Silva (2013), ao aplicar o teste de Mann-Kendall para análise de tendências pluviométrica no Estado do Ceará, constatou tendências de diminuição com significância estatística para as precipitações em todos os parâmetros analisados para a Região Litoral Leste/Jaguaribe. Entretanto, na Região do Sertão Central, as tendências indicam uma diminuição bem significativa. Na região do Cariri/Centro Sul houve diminuição somente nos valores do período seco, havendo aumento nos outros períodos. Em Crateús houve aumento em todas as séries, exceto no período seco, quando não há significância.

Pinheiro *et al.* (2013) ao avaliar a tendência das séries temporais de precipitação da região sul do Brasil, observou uma tendência positiva dos máximos diários anuais ao longo do tempo, assim como significativa elevação dos totais mensais e anuais em 16 das 18 estações.

#### 4. Conclusões

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que as mudanças nas variáveis climáticas no estão ocorrendo de forma diferente em diferentes regiões do Estado do Maranhão. Em relação a temperatura, o comportamento é homogêneo, ou seja, todas as estações registraram a tendência de aumento, de forma intensa e estatisticamente significativa. Em relação à precipitação, a estação de Zé Doca no bioma amazônico e a estação de Carolina no bioma do cerrado apresentaram tendências de diminuição na precipitação no período seco. As estações de Bacabal no bioma amazônico e a estação de Carolina no bioma cerrado apresentaram tendência de aumento na precipitação no período chuvoso. Dessa forma, evidenciamos que os períodos chuvosos estão mais intensos enquanto os períodos secos estão menos úmidos.

#### Referências

- ASSIS, J.M.O.; LACERDA, F.F.; SOBRAL, M.C.M. Análise de detecção de tendências no padrão pluviométrico na bacia hidrográfica do Rio Capibaribe. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.2, p.320-331, 2012.
- ÁVILA, L.F.; MELLO, C.R.; YANAGI, S.N.M.; NETO, O.B.S. Tendências de temperaturas mínimas e máximas do ar no Estado de Minas Gerais. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 49, n. 4, p. 247-256, 2014.
- BRASIL, A. **Atlas do Desenvolvimento humano no Brasil 2013**. Ranking. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/ranking/>. Acesso em: 27 nov. 15.
- HIPEL, K.W.; MCLEOD, A.I. **Time series modelling of water resources and environmental systems**. Elsevier, 1994.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate change 2014: working group II: **Impacts, adaptations and vulnerability**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/index.htm>. Acesso em: setembro de 2015.
- KENDALL, M.G. **Rank correlation methods**, 2 ed, New York: Hafner, 1975.
- LOPES, J.R.F.; DA SILVA, D.F. Aplicação do teste de Mann-Kendall para análise de tendência pluviométrica no Estado do Ceará. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 30, n. 3, p. 192-208, 2013.
- LURGI, M.; LÓPEZ, B.C.; MONTOYA, J.M. Climate change impacts on body size and food web structure on mountain ecosystems. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 367, n. 1605, p. 3050-3057, 2012.
- MANN, H.B., Nonparametric test against trend. **Econometria**, v. 13, 1945.
- MARANHÃO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais. **Atlas do Maranhão**. Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico/ Laboratório de Geoprocessamento - UEMA. 2. ed. São Luís: GEPLAN, 2002. 44 p.
- MELLO, C.R. DE; SILVA, A.M. DA. Modelagem estatística da precipitação mensal e anual e no período seco para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 68-74, 2009.
- MONTES, M.L. Zoneamento geoambiental do Estado do Maranhão: diretrizes gerais para a ordenação territorial. **Salvador, Ministério de Planejamento, Orçamento e Coordenação/IBGE**, 1997.
- NÓBREGA, J.N.; SANTOS, C.A.C.; GOMES, O.M.; BEZERRA, B.G.; BRITO, J.I.B. Eventos extremos de precipitação nas mesorregiões da Paraíba e suas relações com a TSM dos oceanos tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 2, p. 197-208, 2014.
- NÓBREGA, R.N. **Modelagem de Impactos do Desmatamento nos recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Jaramari (RO) Utilizando Dados de Superfície e do TRMM. 2008. 213p.** 2008. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande-PB-UFCG, Campina Grande, 2008.
- PINHEIRO, A.; GRACIANO, R.L.G.; SEVERO, D.L. Tendência das séries temporais de precipitação da região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 3, p. 281-290, 2013.
- PINTO, H.S.; ASSAD, E.D.; ZULLO JUNIOR, J.; ÁVILA, A.M.H. Variabilidade climática. In: HAMADA, E. (Ed.). **Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios**. Jaguarina: Embrapa Meio Ambiente, 2003. cap. I, 1 CD-ROM.
- 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, 2015.
- SENA, J.P. DE O.; LUCENA, D.B. Identificação de tendência da precipitação na Microrregião do cariri paraibano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 5, p. 1400-1416, 2013.
- SILVA, A.M., COSTA, D.L.C.R., LINS, C.J.C. Precipitações no Nordeste Brasileiro: tendências de variação e possíveis implicações na agricultura. **Anais... Semana do Meio Ambiente**, Recife, 2008.

- SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.B.; TIGNOR, M.; MILLER, H.L. (E.D). **Climate change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge: Cambridge University, p.996, 2007.
- SOUZA, W.M.; AZEVEDO, P.V. Índices de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 1, p. 143-159, 2012.
- TODD, B.D.; SCOTT, D.E.; PECHMANN, J.H.K.; GIBONS, J.W. Climate change correlates with rapid delays and advancements in reproductive timing in an amphibian community. **Proceedings of The Royal Society**, p.2191-2197, 2011.
- WALTHER, G.R.; POST, E.; CONVERY, P.; MENZEL A. Ecological responses to recent climate change. **Nature**, v. 416, p. 389-395, 2002.
- YUE, P.S; YANG, T.C.; WU, C.K. Impact of climate change on water resources in southern Taiwan. **Journal of Hydrology**, v. 260, p. 161-175, 2002.

All the contents of this journal, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution License CC-BY.