



**Brazilian Geographical Journal:  
Geosciences and Humanities research  
medium**



**ARTICLES/ARTIGOS/ARTÍCULOS/ARTICLES**

**Análise da Variabilidade Climática da Precipitação pluvial em Barra do Garças, Mato Grosso**

**Doutorando Elis Dener Lima Alves**

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Universidade de São Paulo, São Carlos, Rod. Domingos Innocentini, km 13, CEP: 13.560-970 - São Carlos, São Paulo, Brasil. **E-mail:** elisdener@usp.br

**Mestre Marcos Fernando do Prado**

Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367, CEP: 78060-900 - Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. **E-mail:** fisicoufmt@hotmail.com

**Doutorando Valdir Specian**

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo. Professor do Curso de Geografia, Universidade Estadual de Goiás, Unidade de Iporá, Rua R2, s/n, Jardim Novo Horizonte, CEP: 76200-000 - Iporá, Goiás, Brasil. **E-mail:** vspecian@sc.usp.br

**RESUMO**

**ARTICLE HISTORY**

**Received: 05 June 2011**  
**Accepted: 22 October 2011**

**PALAVRAS-CHAVES:**

Índice  
Clima  
Chuva  
Teste de hipóteses

As características das chuvas de uma região podem contribuir de forma efetiva para a compreensão de uma possível mudança do regime pluviométrico de um dado lugar e fornecer subsídios à compreensão do complexo sistema biosfera-atmosfera. O objetivo do trabalho foi analisar as mudanças ocorridas nas características e na variação da precipitação pluvial da cidade de Barra do Garças. Para tanto foram utilizados os dados históricos de precipitação de 1969-2010 da ANA (Agência Nacional de Águas). Os dados foram analisados por meio de Índices Climáticos de Extremos Propostos por Pesquisadores Canadenses do ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices), sendo utilizado teste de hipóteses para análise dos coeficientes angulares das retas de regressão. Os resultados evidenciaram que na série temporal completa (1968-2010), as tendências verificadas são consequência da aleatoriedade da série e não de um comportamento constante. Entretanto, ao se dividir a

série em grupos, observou-se tendência significativa nos índices P1 e IDP, sendo que no índice P1 o período de 1969-1979 apresentou tendência significativamente positiva, todavia, nos períodos posteriores, essa tendência não foi constatada, já no índice IDP, em três períodos (1969-1978, 1991-2000 e 2001-2010), observou-se tendência significativa, sendo esta negativa no primeiro e no segundo período e positiva no terceiro. Sendo que na última década (1991 a 2010) houve uma tendência de aumento da intensidade diária da precipitação em Barra do Garças.

---

**ABSTRACT:**

Index  
Climate  
Rain  
Hypothesis testing

**ABSTRACT – ANALYSIS OF CLIMATE VARIABILITY OF RAINFALL IN BARRA DO GARÇAS, MATO GROSSO.** The characteristics of rainfall in a region can effectively contribute to the understanding of a possible change in rainfall in a given place and provide a basis for understanding the complex biosphere-atmosphere system. The objective of this study was to analyze the changes in the characteristics and variability of rainfall in the city of Barra do Garças. Therefore, we used historical data of precipitation from 1969-2010 ANA (National Water Agency). Data were analyzed by the Climate Extremes Index proposed by researchers from the Canadian ETCCDI (Expert Team on Climate Change Indices Detection and), and hypothesis testing used for the analysis of angular coefficients of the regression lines. The results showed that the full time series (1968-2010), the trends are the result of randomness in the series rather than a constant behavior. However, by dividing the series into groups, there was a significant trend in rates and IDP P1, and P1 in the index for the period 1969-1979 showed a significant positive trend, however, in subsequent periods, this trend was not observed, since IDP in the index, in three periods (1969-1978, 1991-2000 and 2001-2010), there was a significant trend, which is negative in the first and second period and positive in the third. Since the last decade (1991-2010) there was a tendency to increase the intensity of daily precipitation in the Barra do Garças.

---

**PALABRAS-CLAVES:**

Índice  
Clima  
Lluvia  
Prueba de hipótesis

**RESUMEN. ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DE LA PRECIPITACIÓN EN BARRA DO GARÇAS, MATO GROSSO.** Las características de las precipitaciones en una región puede contribuir eficazmente a la comprensión de un posible cambio en las precipitaciones en un lugar determinado y proporcionar una base para entender el complejo sistema de la biosfera-atmósfera. El objetivo de este estudio fue analizar los cambios en las características y la variabilidad de las precipitaciones en la ciudad de Barra do Garças. Por lo tanto, se utilizaron los datos históricos de precipitación a partir de 1969-2010 ANA (Agencia Nacional del Agua). Los datos fueron analizados por el índice de clima extremos propuestos por los investigadores de la Agencia Canadiense ETCCDI (Grupo de Expertos sobre el Cambio Climático índices Detection and), y prueba de hipótesis para el análisis de los coeficientes angulares de las líneas de regresión. Los resultados mostraron que la serie de tiempo completo (1968-2010), las tendencias son el resultado de la aleatoriedad de la serie en lugar de un comportamiento constante. Sin embargo, al dividir la serie en grupos, se observó una tendencia significativa en las tasas y los desplazados internos P1 y P1 en el índice para el período 1969-1979 mostraron una tendencia positiva significativa, sin embargo, en los períodos siguientes, esta tendencia no se observó, ya que desplazados internos en el índice, en tres períodos (1969-1978, 1991-2000 y 2001-2010), hubo una tendencia significativa, lo cual es negativo

en el primer y segundo período y positivo en el tercero. En la última década (1991-2010) hubo una tendencia a aumentar la intensidad de la precipitación diaria en Barra de Garças.

---

## 1 Introdução

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para os estudos climáticos (ALVES, 2011). E por possuir, atualmente, a maior rede de coleta de dados do Brasil, vários estudos têm sido desenvolvidos, já que se torna mais fácil estudar as suas variabilidades e contribuir para o entendimento de uma possível mudança climática.

Com o intuito de identificar mudanças climáticas regionais, Hastenrath e Greischar (1993) examinaram séries históricas de precipitação em uma rede de estações bem distribuídas espacialmente sobre o Nordeste do Brasil e não observaram tendências significativas para condições mais úmidas ou secas na região. Porém, Haylock et al. (2006) ao elaborarem uma análise da precipitação sobre a América do Sul observaram tendência positiva no total anual de chuva.

No Brasil, vários estudos recentes foram feitos visando identificar alterações ou variabilidades climáticas em diversas localidades. Estudo apresentado por Santos e Brito (2007) detectou aumento da precipitação anual nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte correlacionado com as anomalias de temperatura da superfície do mar. Do mesmo modo, Dufek e Ambrizzi (2008) observaram que o volume anual de chuvas e as precipitações intensas apresentaram um crescimento no Estado de São Paulo no período de 1950 a 1999. De forma complementar, Santos et al. (2009) analisaram a tendência dos índices de extremos no Estado do Ceará e detectaram aumento de precipitação em alguns pontos do estado.

A discussão acerca das mudanças ocorridas no clima global tem dominado o debate nos últimos anos. Não obstante, pesquisas sobre o comportamento climático em escalas menores (regional ou local) têm crescido motivadas pela necessidade de se detectar e compreender os aspectos pontuais de tais mudanças.

As mudanças climáticas locais são observadas por meio de análise de séries históricas de variáveis meteorológicas, como temperatura do ar e precipitação pluviométrica. De acordo com as tendências temporais dessas variáveis para um determinado local é observado se ocorreram mudanças no clima. Entretanto, para melhor definir essa questão a Organização Meteorológica Mundial (OMM) criou um grupo chamado ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices) que elaborou índices de detecção de mudanças climáticas, tendo sido 27 índices, sendo que 11 são decorrentes da precipitação e 16 da temperatura do ar (SANTOS e BRITO, 2007).

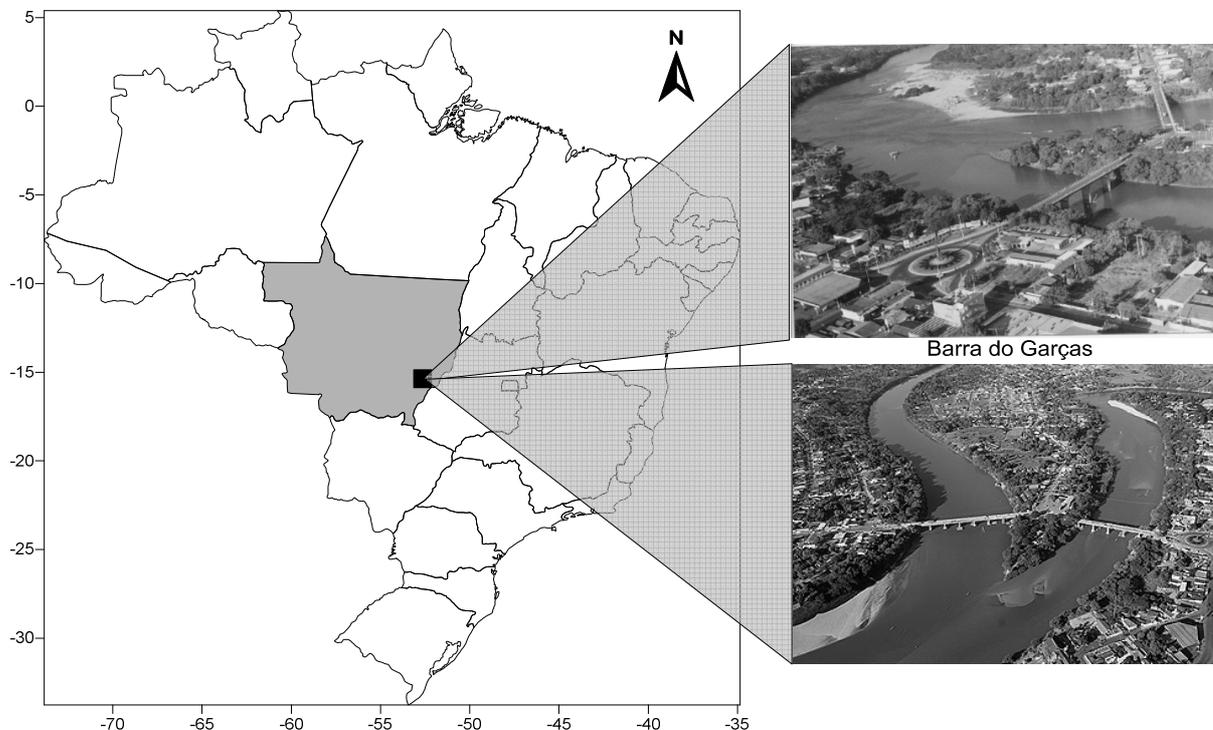
Esses índices foram utilizados por vários pesquisadores podendo-se citar os trabalhos realizados por Alexander et al. (2006) que utilizaram os índices de temperatura e precipitação para verificar mudanças climáticas globais. Nos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba destacam-se os trabalhos realizados por Santos e Brito (2007). Na Bahia destaca-se o trabalho de Silva e Azevedo (2008) e em São Paulo se verifica as pesquisas realizadas por Salvador e Santos (2010).

Diante do contexto, o objetivo do trabalho foi analisar as mudanças ocorridas nas características e no comportamento da precipitação pluviométrica da cidade de Barra do Garças-MT, fronteira com o estado de Goiás, por meio de índices climáticos de extremos propostos por pesquisadores canadenses do ETCCDI.

## 2 Material e Métodos

### 2.1 Caracterização da área de estudo

Foram utilizados dados diários de precipitação do posto pluviométrico 1452000 - Barra do Garças, da Agência Nacional de Águas (ANA) do período de 1969-2010, localizada no município de Barra do Garças, Mato Grosso (Figura 1).



**Figura 1.** Localização do município de Barra do Garças, Mato Grosso

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen (1948), é do tipo AW (clima quente e úmido) com duas estações bem definidas, verão chuvoso (outubro a março) e inverno seco (abril a setembro). A precipitação média anual é 1578,9 mm e a temperatura média anual 25,6 °C. No período de outubro a março, ocorrem as maiores precipitações pluviométricas e as primeiras chuvas ocorrem no mês de setembro. A precipitação média no período chuvoso (outubro a março) é 1400,6 mm e a temperatura 26,3 °C. No período seco (abril a setembro) a precipitação média é 178,3 mm e a temperatura 24,9 °C (BARTIMACHI et al., 2008).

O município está em uma região de origem sedimentar com serras e chapadas pertencentes ao Planalto do Alto Xingú-Araguaia e Planalto do Médio Rio das Mortes, como a Serra das Gerais, Serra do Roncador e a Serra Azul. A altitude em relação ao nível do mar varia entre 247 e 923 metros (MACHADO e CEDRO, 2009). A vegetação predominante no município é o Cerrado (Savana Arborizada), com grande presença de Campo Cerrado (Savana Parque), fragmentos de Cerradão (Savana Florestada), Matas de Galeria, Veredas e Florestas Aluviais (Floresta Estacional Semidecidual Aluvial) (MACHADO e CEDRO, 2009).

## 2.2 Descrição da pesquisa

Com o intuito de obter uma perspectiva uniforme sobre as variações e extremos climáticos, o ETCCDI definiu um conjunto de índices. Tais índices descrevem as características particulares de eventos extremos, incluindo a frequência, amplitude e persistência. O conjunto inclui 27 índices de extremos, sendo 16 para temperatura e 11 para precipitação.

Neste trabalho, a análise dos dados diários de precipitação foi feita com base em alguns dos índices de precipitação propostos pelo ETCCDI. Os índices utilizados para este estudo foram: 1) PT – precipitação total anual; 2) P1 – número de dias com precipitação significativa igual ou maior que 1 mm; 3) P10 – número de dias com precipitação igual ou maior que 10 mm, 4) P20 – número de dias com precipitação igual ou maior que 20 mm, 5) P50 – número de dias com precipitação igual ou maior que 50 mm, 6) IDP – índice simples de intensidade diária. A descrição detalhada é apresentada no Quadro 1.

**Quadro 1.** Descrição dos índices climáticos utilizados.

Índices	Significado dos índices	Definição	Unidade
PT	Precipitação (P) total anual dos dias úmidos	Precipitação (P) anual total de dias úmidos ( $P \geq 1$ mm)	mm
P1	Nº de dias úmidos com $P >$ ou $= 1$ mm	Nº de dias no ano em que $P \geq 1$ mm	dia
P10	Nº de dias úmidos com $P >$ ou $= 10$ mm	Nº de dias no ano em que $P \geq 10$ mm	dia
P20	Nº de dias úmidos com $P >$ ou $= 20$ mm	Nº de dias no ano em que $P \geq 20$ mm	dia
P50	Nº de dias úmidos com $P >$ ou $= 50$ mm	Nº de dias no ano em que $P \geq 50$ mm	dia
IDP	Índice simples de intensidade diária	Precipitação anual total dividida pelo Nº de dias úmidos (definidos por $P \geq 1$ mm) em um ano	mm.dia <sup>-1</sup>

Assim como no trabalho de Salvador e Santos (2010) também foi feita uma análise de dois períodos de 11 anos (1969-1979 e 1980-1990) e dois períodos de 10 anos (1991-2000 e 2001-2010), visando detectar as variações climáticas existentes em períodos menores dentro da série utilizada.

Foi utilizado o teste de hipóteses para análise dos coeficientes angulares das retas de regressão. Para tanto foi utilizado o modelo de regressão linear, dada pela seguinte equação:-

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (1)$$

em que:

$y$  = é a variável dependente;

$\beta_0$  = o coeficiente linear;

$\beta_1$  = o coeficiente angular;

$x$  = a variável independente;

$\varepsilon$  = o erro aleatório.

Os parâmetros  $\beta_0$  e  $\beta_1$  foram determinados por meio das equações 2 e 3.

$$\beta_1 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

$$\beta_0 = \frac{1}{n}(\sum Y_i - \beta_1 \sum X_i) \quad (3)$$

O coeficiente  $\beta_1$  indica a tendência da série temporal representada pela declividade da reta de regressão. A significância estatística das séries foi verificada mediante a aplicação do teste de hipótese para o coeficiente de regressão linear ( $\beta_1$ ) dado por:

H<sub>0</sub>:  $\beta_1 = 0$ , não existe tendência.

H<sub>1</sub>:  $\beta_1 \neq 0$ , existe tendência em dado nível de significância.

Normalmente, em estudos climáticos, fixa-se o nível de significância do teste (probabilidade de se rejeitar  $H_0$  dado que ele é verdadeiro) em 0,05 ou 0,10 (SALVADOR e SANTOS, 2010). Sendo considerado, neste estudo, como não significativo qualquer valor acima 0,05.

### 3 Resultados e Discussão

Na Tabela 1 encontra-se o tipo de tendência (positiva ou negativa) e o *p-value* de cada índice calculado no período de 1969 a 2010. Também apresenta se a tendência foi significativa ou não, considerando o nível de significância de 5%.

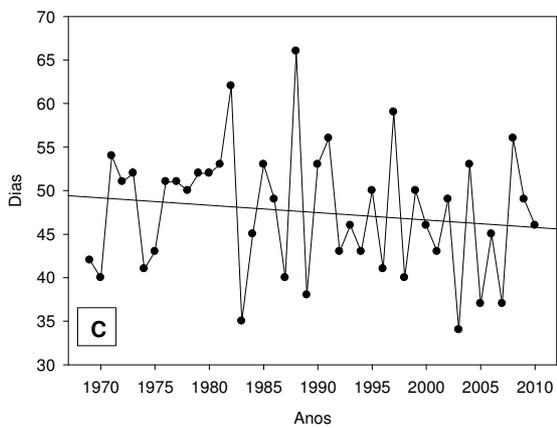
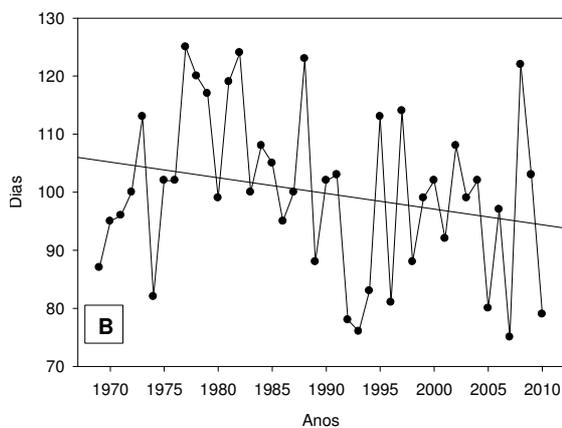
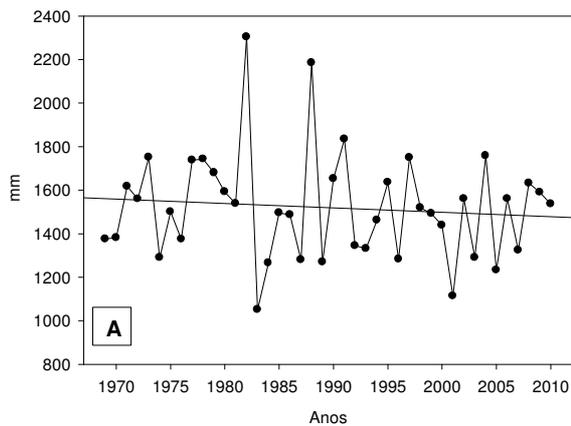
Dessa forma, na série temporal do período analisado, cinco índices apresentaram tendências negativas (PT, P1, P10, P20 e P50) e apenas um positivo (IDP), entretanto as tendências não são significativas, pois os *p-value* não são  $\leq 0,05$ . Isso permite afirmar que tal resultado é meramente consequência da aleatoriedade da série e não de um comportamento constante.

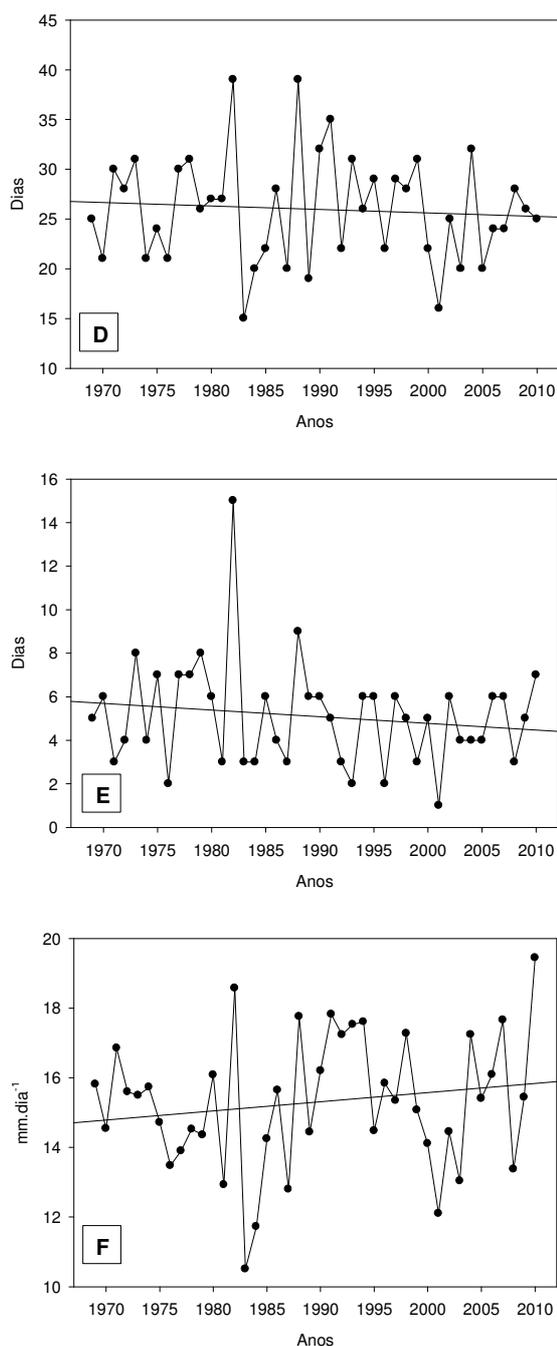
**Tabela 1.** Coeficiente angular e *p-value* de cada índice avaliado.

Índice	Coeficiente angular ( $\beta_1$ )	<i>p-value</i>
PT	-2	0.52
P1	-0.27	0.13
P10	-0.084	0.36
P20	-0.03	0.62
P50	-0.03	0.33
IDP	0.026	0.28

Observando-se a Figura 2 nota-se, em todos os índices, baixa inclinação da reta de regressão. Na figura 2A observa-se que o ano 1982 foi o mais chuvoso com 2.304 mm e o mais seco foi 1983 com 1.051 mm, possivelmente devido à fatores regionais, conforme o observado por Santos e Brito (2007). Na Figura 2B tem-se a série temporal da quantidade de dias úmidos (precipitação  $\geq 1$  mm.dia<sup>-1</sup>), nota-se que o ano de 1977 teve 125 dias de chuva, enquanto que 2007 apenas 75 dias.

Nas Figuras 2C, 2D e 2E tem-se, respectivamente, o número de dias, em um ano, em que a precipitação foi  $\geq 10$  mm,  $\geq 20$  mm e  $\geq 50$  mm. Na Figura 2C verifica-se que o ano de 1988 apresentou a maior quantidade de dias com precipitação  $\geq 10$  mm (66 dias) e 2003 a menor quantidade (34 dias). Observa-se que 1982 e 1988 apresentaram 39 dias com precipitação  $\geq 20$  mm, enquanto, 1983 obteve somente 15 dias (Figura 2D). A Figura 2E mostra o número de dias que a precipitação foi  $\geq 50$  mm, nota-se que 1982 teve o maior número de dias (15 dias) e 2001 o menor, apenas um dia. Verifica-se que o ano de 1982 e 2010 apresentaram as maiores intensidades diárias de precipitação (18.5 mm.dia<sup>-1</sup> e 19.4 mm.dia<sup>-1</sup>), e 1983 a menor intensidade (10.5 mm.dia<sup>-1</sup>) do período analisado.





**Figura 2.** Série temporal da PT (A), P1 (B), P10 (C), P20 (D), P50 (E) e IDP (F)

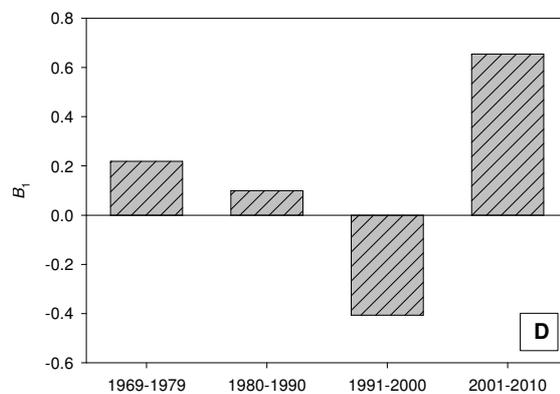
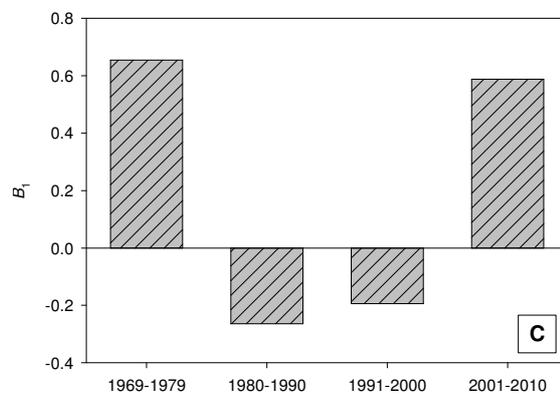
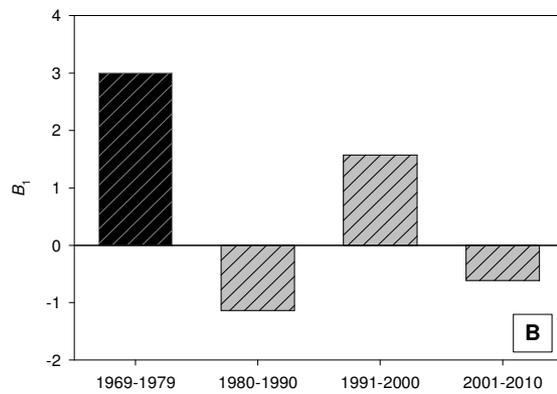
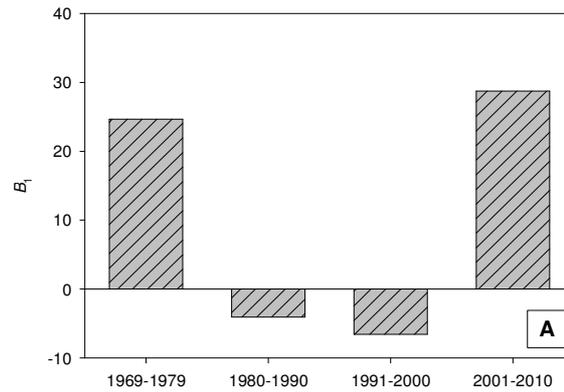
A fim de se identificar o índice que melhor explica a variabilidade da precipitação total anual, foi calculado o coeficiente de correlação e o coeficiente de determinação (Tabela 2), em que foi possível observar que o número de dias com chuvas  $\geq 20$  mm (índice P20), apresentou o maior valor do coeficiente de correlação (0.89) e de determinação (0.8), mostrando ser capaz de explicar a maior parte da variabilidade dos totais anuais de precipitação.

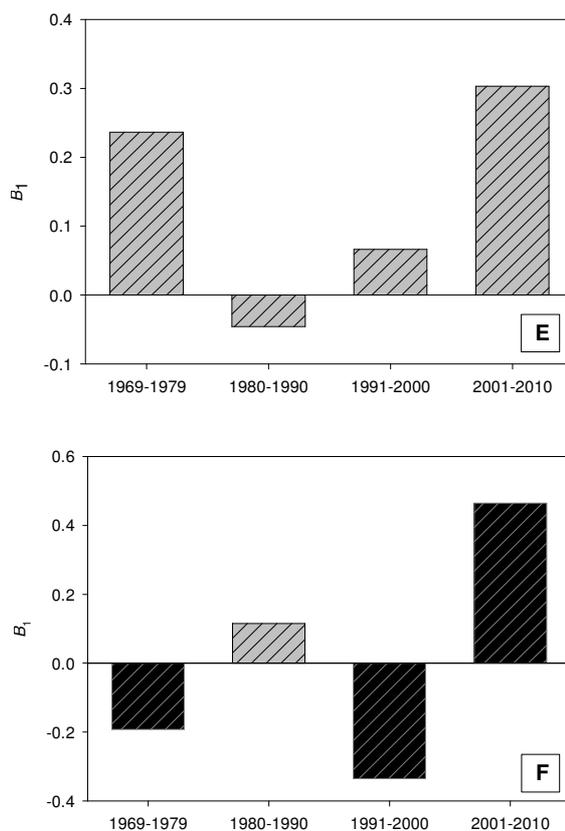
**Tabela 2.** Coeficientes de correlação (r) e determinação ( $r^2$ ) dos índices P1, P10, P20, P50 e IDP em relação ao índice de precipitação total anual (PT).

<b>Coeficiente</b>	<b>PT-P1</b>	<b>PT-P10</b>	<b>PT-P20</b>	<b>PT-P50</b>	<b>PT-IDP</b>
R	0.65	0.85	0.89	0.74	0.48
$r^2$	0.43	0.73	0.80	0.55	0.23

Na Tabela 1 e Figura 2 ficou evidente que para todo o período (1969-2010), não houve tendência significativa nos índices de precipitação. No entanto, a fim de se verificar a variabilidade climática dentro da série, dividiu-se a mesma em quatro grupos e foram calculados os seus respectivos coeficientes angulares para todos os índices (Figura 3).

Nota-se que, diferentemente da série temporal completa, nas séries de grupos, houve tendência significativa nos índices P1 (Figura 3B) e IDP (Figura 3F). No índice P1 o período de 1969-1979 apresentou tendência significativamente positiva, todavia, nos períodos posteriores, essa tendência não se perpetuou. No índice IDP, em três períodos (1968-1978, 1991-2000 e 2001-2010), observou-se tendência significativa, no primeiro e no segundo foi negativa e no terceiro foi positiva, no trabalho de Silva e Azevedo (2008) também foi constatado mudanças na intensidade diária da precipitação (IDP) e precipitação total anual (PT), entretanto, neste trabalho não se observou modificação para no índice PT. Além disso, foi possível notar que os coeficientes angulares, em todos os períodos analisados de todos os índices apresentaram alternância entre coeficientes positivos e negativos.





**Figura 3.** Gráfico dos coeficientes angulares ( $\beta_1$ ) dos grupos de 1969-1979, 1980-1990, 1991-2000 e 2001-2010 para a PT (A), P1 (B), P10 (C), P20 (D), P50 (D) e IDP (F)

#### 4 Conclusão

Os índices utilizados mostraram-se importantes para a análise climática da precipitação, fornecendo informações sobre o comportamento das chuvas em Barra do Garças-MT.

Na série temporal de 1968 a 2010, cinco índices apresentaram tendências negativas (PT, P1, P10, P20 e P50) e apenas um positivo (IDP), entretanto as tendências não foram significativas, pois os *p-value* foram  $> 0,05$ , denotando que as tendências verificadas são meramente consequência da aleatoriedade da série e não de um comportamento constante.

Ao se dividir a série em grupos, constatou-se tendência significativa nos índices P1 e IDP, sendo que no índice P1 o período de 1969-1979 apresentou tendência significativamente positiva, todavia, nos períodos posteriores, essa tendência não foi constatada, já no índice IDP, em três períodos (1968-1978, 1991-2000 e 2001-2010), observou-se tendência significativa, sendo esta negativa no primeiro e no segundo período e positiva no terceiro. Porém, nos outros índices foi verificada alternância entre coeficientes não significativos positivos e negativos. Na última década (1991 a 2010) houve uma tendência de aumento da intensidade diária da precipitação em Barra do Garças-MT.

#### Referências

ALEXANDER, L. V. et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **Journal of Geophysical Research**, v. 111, n. 5, p. 1-22, 2006.

ALVES, E. D. L. Frequência e probabilidade de chuvas no município de Iporá-GO. **Caminhos de Geografia**, v. 12, n. 37, p. 65-72, 2011.

BARBETTA, P. A. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais**. 6. ed. Florianópolis. Ed. UFSC, 2006. 315p.

BARTIMACHI, A.; NEVES, J.; PEDRONI, F. Predação pós-dispersão de sementes do angico *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. (Leguminosae-Mimosoideae) em mata de galeria em Barra do Garças, MT. **Revista Brasil. Bot**, v. 31, n. 2, p. 215-225, 2008.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 5. ed. São Paulo. Ed. Saraiva, 2006. 321p.

DUFEK, A. S.; AMBRIZZI, T. Precipitation variability in São Paulo State, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 93, n. 3-4, p. 167-178, 2008.

HAYLOCK, M. R. et al. Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. **Journal of Climate**, v. 19, n. 8, p. 1490-1512, 2006.

MACHADO, L. E. G.; CEDRO, D. B. Evolução do uso agropecuário no período de 1975 a 2008 no município de Barra do Garças – MT. In: **XIII Anais Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada**, Viçosa, Minas Gerais, p. 1-13, 2009.

SALVADOR, M. de A.; SANTOS, L. S. F. C. dos. Análise da precipitação na cidade de São Paulo no período 1961-2009. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 7, n. 1, p. 7-19, 2010.

SANTOS, C. A. C. dos.; BRITO, J. I. B. de. Análise dos índices de extremos para o semi-árido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.3, p. 303-312, 2007.

SANTOS, C. A. C. dos. et al. Tendências dos índices de precipitação no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n.1, p. 39-47, 2009.

SILVA, G. B.; AZEVEDO, P. V. de. Índices de mudanças climáticas no estado da Bahia. **Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 141-151, 2008.