

INFLUÊNCIA DO EL NIÑO E LA NIÑA NO NÚMERO DE DIAS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO ESTADO DE GOIÁSⁱ

Influence of El Niño and La Niña on the Number of Days of Pluviometric Precipitation of the Goiás State, Brazil

Influencia de El Niño y La Niña en el Número de Días de Lluvia de el Estado de Goiás, Brasil

Vanessa Romeroⁱⁱ

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Brasil

Francisco Fernando Noronha Marcuzzoⁱⁱⁱ

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Brasil

RESUMO

As tendências dos eventos extremos, promotores de cheias ou secas, estão associadas às anomalias de temperatura registradas em porções específicas do oceano Pacífico. O objetivo deste trabalho foi investigar o grau de influência do ENOS sobre o número de dias de precipitação pluviométrica de Goiás, entre os anos de 1977 a 2006, através de análise estatística, regressão linear e polinomial. Para tal, utilizaram-se neste estudo 114 estações pluviométricas instaladas no estado cujos dados diários de precipitação pluvial máxima foram obtidos da Agência Nacional de Águas (ANA) e da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), sendo 88 estações com 30 anos de dados e 26 estações com 20 a 29 anos de dados. O estudo demonstra que a fase mais intensa da La Niña para o período foi em 1999 e a temperatura do Pacífico diminuiu, em média, 1,1 °C ocasionando cerca de 100 dias de chuva ao longo do ano no estado de Goiás. Os episódios mais fortes do El Niño para o período de estudo foram nos anos de 1987 e 1997, onde se registrou o aumento médio de 1,3 °C na temperatura do Pacífico ocasionando 105 e 118 dias de chuva no estado de Goiás, respectivamente. Este estudo mostra que durante os meses de junho de 2002, julho de 1988 e 2003 e agosto de 1988, perante manifestações do ENOS consideradas de normais a moderadas (de 0,4°C a -1,3°C), não houve registro de ocorrência de chuva.

Palavras-chave: chuva máxima diária; temperatura do oceano Pacífico; ENOS.

ABSTRACT

The trends of extreme events, promoters of floods or droughts, are associated with temperature anomalies recorded in specific portions of the Pacific Ocean. The objective of this study was to investigate the degree of influence of ENSO on the number of days of rainfall of Goiás, between the years 1977 to 2006, through statistical analysis, linear regression and polynomial. For this, we used in this study 114 rainfall stations installed in the state whose data maximum daily rainfall were obtained from the Agência Nacional de Águas (ANA) and the Companhia de Recursos Minerais (CPRM), and 88 stations with 30 years of data and 26 stations with 20 to 29 years of data. The study shows that the most intense phase of La Niña for the period was in 1999 and Pacific temperatures decreased on average 1.1 °C resulting in about 100 days of rain throughout the year in the state of Goiás. The strongest episodes of El Niño for the study period were in 1987 and 1997, where it recorded the average increase of 1.3 °C in Pacific's temperature leading 105 and 118 days of rain in the state of Goiás, respectively. This study shows that during the months of June 2002, July 1988 and 2003 and August 1988, before the ENSO events considered normal to moderate (0.4 °C to -1.3 °C), there was no record occurrence of rain.

Keywords: maximum daily rainfall; temperature of the Pacific ocean; ENSO.

RESUMEN

Las tendencias de los fenómenos extremos, los promotores de las inundaciones o las sequías, se asocian con anomalías en las temperaturas registradas en partes específicas del Océano Pacífico. El objetivo del estudio fue investigar el grado de influencia del ENSO en el número de días de lluvia de Goiás, entre los 1977 años de 2006, mediante un análisis estadístico de regresión lineal y polinómica. Con este fin, hemos utilizado en este estudio 114 estaciones pluviométricas instaladas en el estado cuyos datos de precipitación diaria se obtuvieron de la Agencia Nacional de Águas (ANA) y la Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), y 88 estaciones con 30 años de datos y 26 estaciones con 20 a 29 años de datos. El estudio muestra que la fase más intensa de La Niña durante el período fue en 1999 y las temperaturas del Pacífico disminuyó en promedio 1.1 °C que resultó en 100 días de lluvia durante todo año en Goiás. Los episodios más fuerte de El Niño para el período fueron en 1987 y 1997, donde se registró el aumento promedio de 1,3 °C en la temperatura del Pacífico que conduce a la 105 y 118 días de lluvia en Goiás, respectivamente. Este estudio muestra que durante los meses de junio de 2002, julio de 1988 y de 2003 y agosto de 1988, frente a los eventos ENOS que se considera normal a moderada (0,4 °C a -1.3 °C), no había ningún registro de ocurrencia de lluvia.

Palabras clave: lluvia máxima diaria; temperatura del Océano Pacífico; ENSO.

INTRODUÇÃO

As influências dos fenômenos climáticos “El Niño”, “La Niña”, “ODP” (Oscilação Decadal do Pacífico) e ZCIT (Zona de Convergência

Intertropical) na intensidade dos ventos alísios, precipitação, secas e cheias que atingem o país, geram sérios impactos sociais e econômicos. As tendências dos eventos extremos promotores de

cheias ou secas, de ciclos curtos (média de 6 a 18 meses), estão associadas às anomalias de temperatura registradas em porções específicas do oceano Pacífico provocando o aquecimento superficial das águas do Pacífico Equatorial ou o resfriamento.

Segundo Marengo (2008), no ano de 2005 a seca intensa na bacia amazônica arruinou safras e deixou enormes quantidades de peixes mortos e deteriorados nos leitos secos. O autor conclui que, naquele ano, durante a estação de pico, que vai de fevereiro a maio, a chuva ficou quase 50-100 mm abaixo do normal e em 2009, os estados amazônicos experimentaram níveis pluviais entre 100 a 200 mm acima do normal. As chuvas anormalmente intensas foram causadas por dois fenômenos climáticos simultâneos: La Niña e Zona de Convergência Intertropical.

De acordo com Santos *et al.* (2010), a partir do estudo do Índice de Oscilação Sul (IOS) e dos Niños, pode-se fazer uma previsão para o aparecimento de eventos extremos de chuva ou seca em determinada região a fim de favorecer o setor agrícola, que depende das ocorrências de chuvas para uma produção significativa para o crescimento econômico da região em questão.

Mediante estudo sobre influência da ODP na precipitação de Goiânia/GO, Sousa *et al.* (2010) deduziram que a variabilidade da precipitação em Goiânia apresenta grande influência da ODP, uma vez que ficou evidente a perfeita relação direta entre a redução nos totais anuais de PRP (precipitação) e a frequência de dias com precipitação durante a fase fria da ODP, assim como aumento na precipitação anual e

frequência de dias com chuva durante a sua fase quente.

Cardoso *et al.* (2010) concluem que as chuvas na região metropolitana de Goiânia e seu entorno se concentraram, na análise anual, na região do município de Piracanjuba. Nas demais regiões dentro da área de estudos as chuvas se espacializaram de maneira homogênea variando na sua maioria entre 1400 mm e 1600 mm. Na análise mensal das chuvas pode-se notar um padrão na espacialização onde os maiores valores se concentram em uma faixa central que cobre toda a área de estudos de leste a oeste.

O objetivo deste estudo foi investigar o grau de influência da variação da temperatura do oceano Pacífico sobre o número de dias de precipitação pluviométrica no estado de Goiás, entre os anos de 1977 a 2006.

MATERIAL E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DADOS UTILIZADOS

O estado de Goiás localiza-se na região centro-oeste do Brasil (FIGURA 1), no Planalto Central, e possui uma área de 340.103,467 km² (IBGE, 2010). Está delimitado pelos estados do Tocantins, Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e pelo Distrito Federal. O uso do solo em Goiás está mais concentrado em atividades pecuaristas (FIGURA 1). Utilizou-se neste estudo 114 estações pluviométricas (FIGURA 1) cujos dados diários de precipitação pluvial máxima diária foram obtidos da Rede Hidrometeorológica Nacional da Agência Nacional de Águas (ANA) e da CPRM-SGB (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil), sendo 88 estações

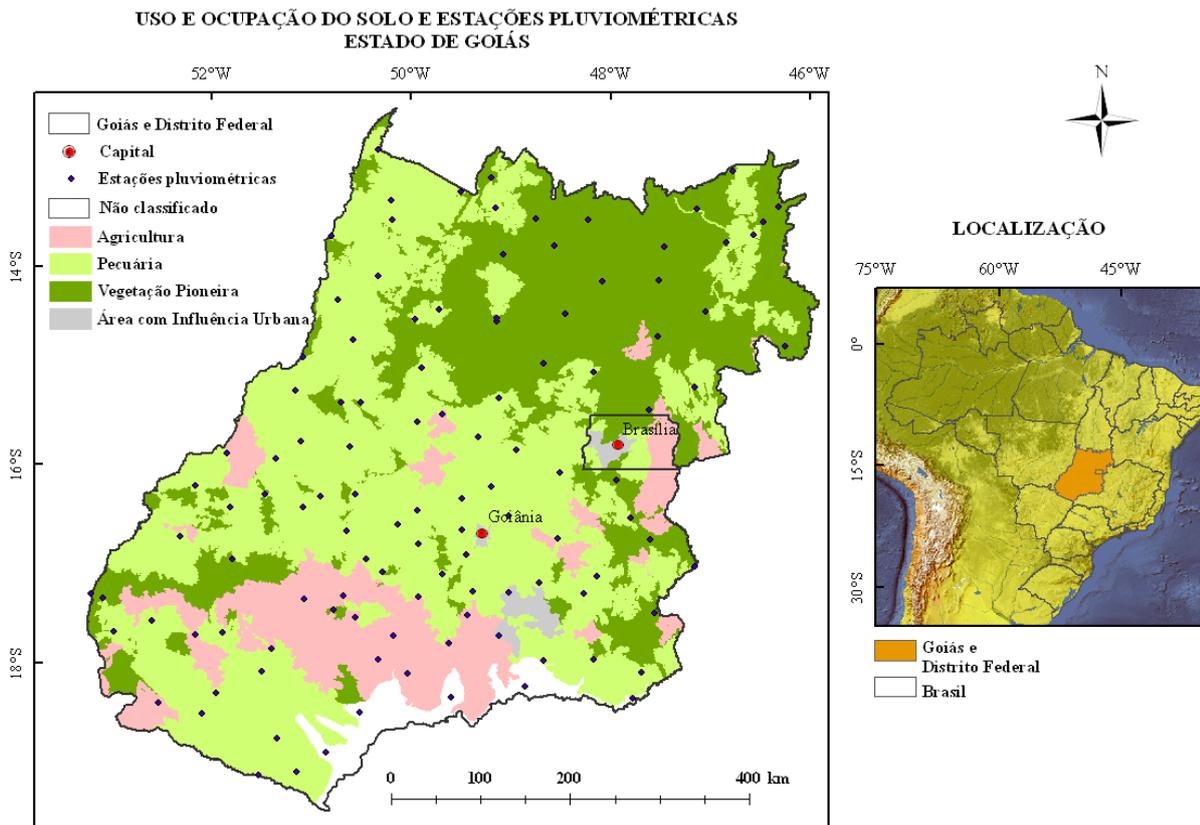


FIGURA 1 - Localização das estações pluviométricas e sua inserção no uso e ocupação do solo e a localização do estado de Goiás.
 Elaborado pelos autores.

com 30 anos de dados e 26 estações com 20 a 29 anos de dados. Estes dados diários de precipitação pluvial máxima diária foram compilados, consistidos, organizados e tratados estatisticamente, com informação diária, mensal, anual e sazonal.

O ION (Índice Oceânico Niño(a)) é um índice que identifica as anomalias da superfície do oceano Pacífico através de uma média móvel de três meses (QUADRO 1). Quando o ION for maior que +0,5 °C por no mínimo cinco meses consecutivos o período é caracterizado como El Niño e quando o índice for menor que -0,5 °C

por no mínimo cinco meses consecutivos o período é caracterizado como La Niña.

Os dados de intensidade dos fenômenos ENOS (TABELA 1) foram obtidos do Serviço Climatológico Nacional dos Estados Unidos (NOAA - National Weather Service), onde os valores em vermelho, azul e preto correspondem respectivamente ao El Niño, La Niña e valores considerados normais de aumento ou redução de temperatura do Pacífico.

Neste trabalho utilizou-se dados do projeto SRTM (Shuttle Radar Topology Mission) com

Evento	Índice Oceânico Niño(a)	Intensidade
El Niño	0,5 a 0,9	Fraca
	1,0 a 1,4	Moderada
	≥ 1,5	Forte
La Niña	-0,5 a -0,9	Fraca
	-1,0 a -1,4	Moderada
	≤ -1,5	Forte

QUADRO 1 - Classificação da intensidade do Índice Oceânico Niño(a).
 Fonte: Golden Gate Weather Services (2008).

Ano	Índice Niño no Oceano Pacífico												Média
	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	
1977	0,6	0,5	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,5
1978	0,7	0,4	0	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	-0,2
1979	-0,1	0	0,1	0,1	0,1	-0,1	0	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,2
1980	0,5	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0	-0,1	-0,1	0	-0,1	0,1
1981	-0,3	-0,5	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1	-0,3
1982	0	0,1	0,1	0,3	0,6	0,7	0,7	1	1,5	1,9	2,2	2,3	1
1983	2,3	2	1,5	1,2	1	0,6	0,2	-0,2	-0,6	-0,8	-0,9	-0,7	0,5
1984	-0,4	-0,2	-0,2	-0,3	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,3	-0,6	-0,9	-1,1	-0,5
1985	-0,9	-0,8	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	-0,3	-0,4	-0,6
1986	-0,5	-0,4	-0,2	-0,2	-0,1	0	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2	0,3
1987	1,2	1,3	1,2	1,1	1	1,2	1,4	1,6	1,6	1,5	1,3	1,1	1,3
1988	0,7	0,5	0,1	-0,2	-0,7	-1,2	-1,3	-1,2	-1,3	-1,6	-1,9	-1,9	-0,8
1989	-1,7	-1,5	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1	-0,6
1990	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
1991	0,4	0,3	0,3	0,4	0,6	0,8	1	0,9	0,9	1	1,4	1,6	0,8
1992	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2	0,8	0,5	0,2	0	-0,1	0	0,2	0,8
1993	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,5
1994	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,9	1,2	1,3	0,6
1995	1,2	0,9	0,7	0,4	0,3	0,2	0	-0,2	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	0,1
1996	-0,7	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	-0,1	0	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,3
1997	-0,4	-0,3	0	0,4	0,8	1,3	1,7	2	2,2	2,4	2,5	2,5	1,3
1998	2,3	1,9	1,5	1	0,5	0	-0,5	-0,8	-1	-1,1	-1,3	-1,4	0,1
1999	-1,4	-1,2	-0,9	-0,8	-0,8	-0,8	-0,9	-0,9	-1	-1,1	-1,3	-1,6	-1,1
2000	-1,6	-1,4	-1	-0,8	-0,6	-0,5	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7
2001	-0,6	-0,5	-0,4	-0,2	-0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0	-0,1	-0,1	-0,1
2002	-0,1	0,1	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,3	1,5	1,4	0,8
2003	1,2	0,9	0,5	0,1	-0,1	0,1	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,4	0,5
2004	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,6
2005	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	-0,1	-0,4	-0,7	0,2
2006	-0,7	-0,6	-0,4	-0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,9	1,1	1,1	0,3

TABELA 1 - Intensidade do El Niño e da La Niña durante o período de 1977 a 2006. Elaborado pelos autores.

resolução de 90 metros. As imagens SRTM foram agrupadas em um programa GIS (Geographic Information System) e posteriormente o MDE (Modelo Digital de Elevação) foi delimitado, permitindo analisar a hipsometria do estado de Goiás que se caracteriza por terras cujas altitudes variam de 178 a 1667 metros, resultando num gradiente altimétrico de 1489 metros. As terras mais altas de Goiás localizam-se na região do Distrito Federal e proximidades (FIGURA 2). Em sua

maior parte, Goiás encontra-se inserido no bioma do cerrado, pequena parte do estado está inserida na mata atlântica (FIGURA 2).

Com uma população de 6.003.788 habitantes e 246 municípios, o estado de Goiás possui baixa densidade demográfica sendo a cidade mais densa do estado, a capital, Goiânia, com aproximadamente 103 hab.(km²)⁻¹. O município de menor densidade demográfica é Aporé (FIGURA 3) com aproximadamente 1 hab.(km²)⁻¹ (IBGE, 2010). Segundo a classificação

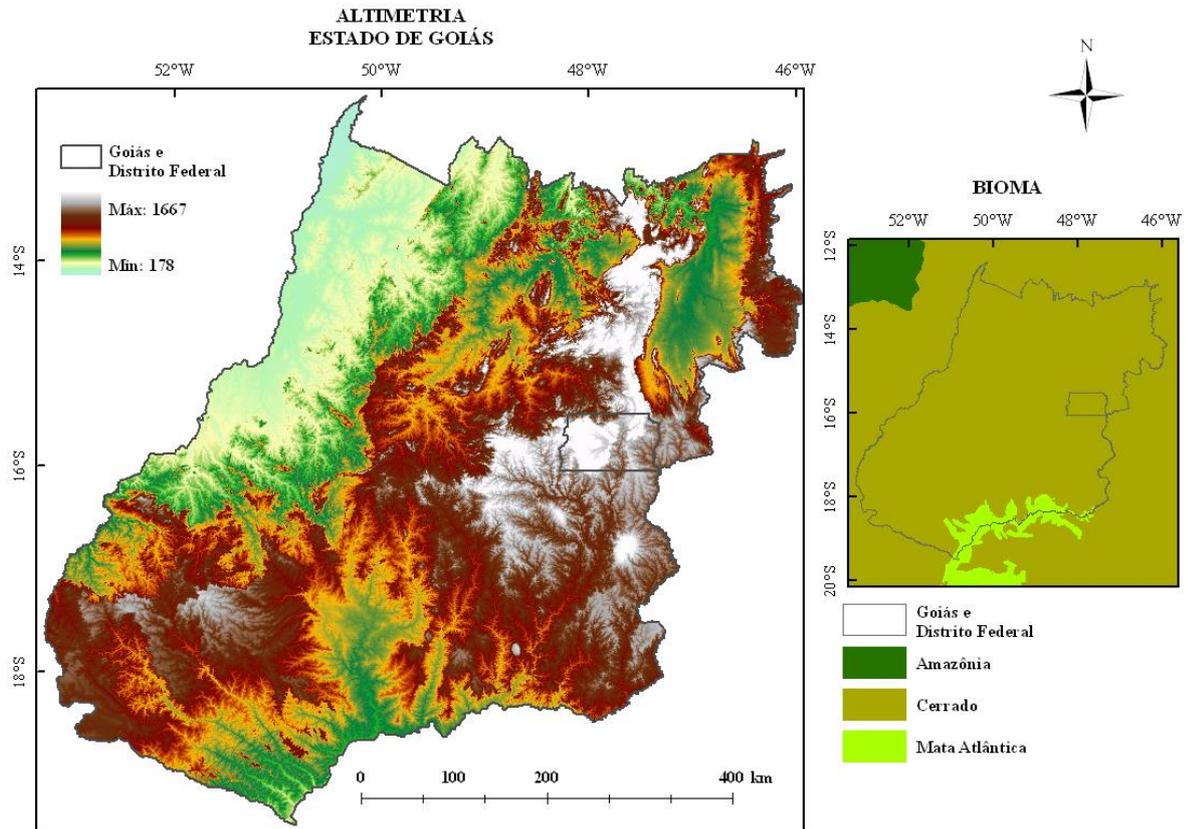


FIGURA 2 - Localização das estações pluviométricas na altimetria e bioma do estado de Goiás. Elaborado pelos autores.

climática de Köppen, existem três climas atuantes no estado: o clima tropical com estação seca no inverno (Aw), o clima temperado úmido

com inverno seco e verão quente (Cwa) e o clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado (Cwb) (FIGURA 3).

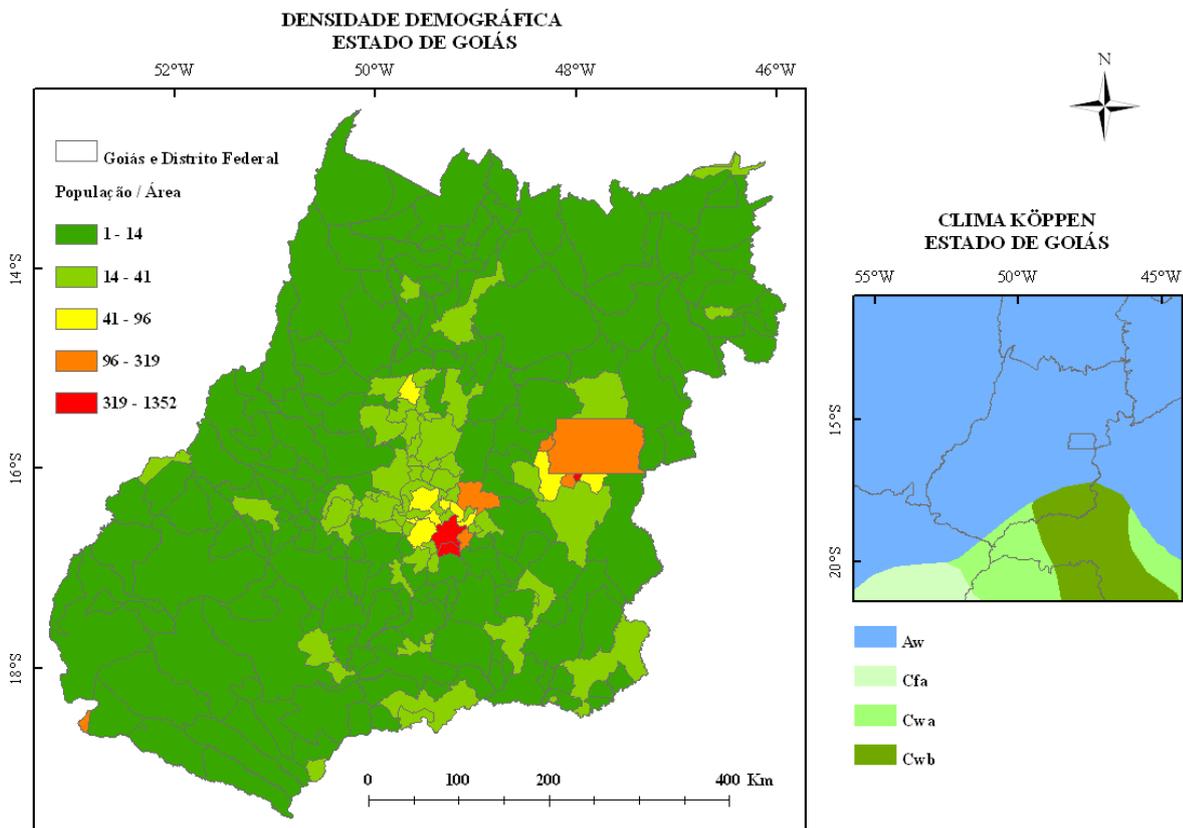


FIGURA 3 - Densidade demográfica e clima (classificação de Köppen) do estado de Goiás. Elaborado pelos autores.

REGRESSÃO LINEAR E POLINOMIAL

São métodos para se estimar a condicional de uma variável Y, dados os valores de algumas outras variáveis X. A regressão, em geral, trata da questão de se estimar um valor condicional esperado. Em muitas situações, uma relação linear pode ser válida para sumarizar a associação entre as variáveis Y e X. Já a regressão polinomial tende a descrever o caminhar da evolução da variável dependente Y conforme as modificações da variável X. As regressões linear e polinomial são, respectivamente, descritas como:

$$Y = \beta_6 X^6 + \beta_5 X^5 + \dots + \beta_1 X + \beta_0 \quad (1)$$

$$Y = \beta_6 X^6 + \beta_5 X^5 + \dots + \beta_1 X + \beta_0 \quad (2)$$

em que, Y é a variável linear dependente; $\beta_6, \beta_5, \dots, \beta_1$, e β_0 são os coeficientes da regressão; X é a variável independente.

VERIFICAÇÃO ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Através da estatística descritiva, podemos ter características essenciais para a formação de histograma de frequências relativas de uma amostra de dados hidrológicos (Naghetini & Pinto, 2007). Para este estudo foram calculadas as seguintes medidas de tendência central e de dispersão:

i) Medidas de tendências central

A média é a medida de posição mais freqüentemente usada e tem um significado teórico importante na estimativa de amostras. É calculada pela seguinte fórmula:

$$\bar{X} = \frac{X_1, \dots, X_n}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^n X_i \quad (3)$$

em que, \bar{X} é a média; N é o tamanho da amostra e X_i até X_n são os somatórios da amostra.

A mediana é uma outra medida de posição mais resistente do que a média, por ser imune à eventual presença de valores extremos discordantes na amostra. É calculada pela equação:

$$X_{med} = \frac{X_{\frac{N}{2}} + X_{(\frac{N}{2}+1)}}{2} \quad (4)$$

em que, X_{med} é a mediana; N é o tamanho da amostra e X é a posição da amostra.

ii) Medidas de dispersão

O desvio padrão é fortemente influenciado pelos menores e maiores desvios, constituindo-se na medida de dispersão mais freqüentemente usada. É calculado pela seguinte expressão:

$$S = \frac{1}{N-1} \sum_{i=0}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (5)$$

em que, N é o tamanho da amostra; X_i é o valor de cada amostra e \bar{X} é a média.

Utilizando-se as medidas de tendência central e de dispersão podem-se verificar analiticamente os parâmetros, e observar se as amostras são diferentes ou semelhantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ENOS é um fenômeno que exerce forte influência sobre o clima provocando secas anormais, ciclones ou totais pluviométricos acima da média normal nas áreas onde é registrada sua atuação. A fase quente (El Niño) está associada aos períodos secos enquanto que a fase fria (La Niña) é marcada por eventos contrários: períodos úmidos.

Nota-se na Figura 4 que, nos meses de janeiro de 1977 a 2006, quanto maior a intensidade dos episódios de La Niña, o número de dias de chuva em Goiás tendia a aumentar. Na fase mais intensa da La Niña para essa série histórica, a temperatura oceânica diminuiu 1,7 °C ocasionando 17 dias de chuva, aproximadamente, no mês de janeiro de 1989 no estado de Goiás. Em períodos de El Niño a temperatura oceânica aumentou até 2,3 °C e provocou a ocorrência de chuva em cerca de 22 dias durante o mês de janeiro de 1983 e de 15 dias de chuva ao longo de janeiro de 1989. Na Figura 4, observa-se ainda, que há uma tendência média de aumento de dias de chuva, em Goiás, para o mês de janeiro à medida que a intensidade do Niño(a) aumenta. Conforme a série histórica utilizada nesse estudo, observou-se que o mês de janeiro de 1985 registrou o maior número de dias de chuva (aproximadamente 24) para um valor de -0,9 °C de resfriamento das águas do Pacífico. Ao passo que, o menor número de dias de chuva em janeiro (aproximadamente 11), no estado de Goiás, estava sob influência fraca do ENOS (0,3°C) em 1993.

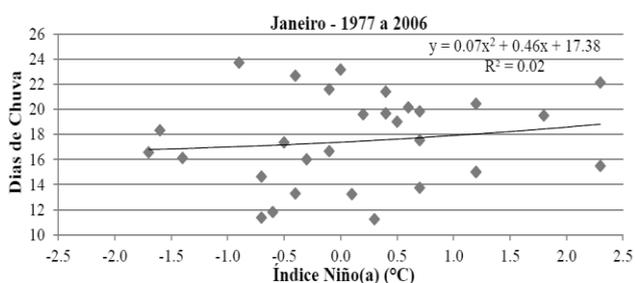


FIGURA 4 – Dispersão em janeiro da média de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período. Elaborado pelos autores.

Segundo a Figura 5, durante os meses de fevereiro da série histórica de 1977 a 2006,

registrou-se ligeira diminuição no número de dias de chuva conforme enfraquecimento da La Niña. Na fase mais forte da La Niña para os meses de fevereiro, do período histórico analisado, a temperatura do oceano Pacífico diminuiu até 1,5 °C (1989) provocando, no total, 15 dias de chuva ao longo do mês de fevereiro no estado de Goiás. Já no episódio mais forte do El Niño, durante os anos de 1977 a 2006, a temperatura do oceano Pacífico aumentou até 2,0 °C (1983) ocasionando chuva em 14 dias de fevereiro. De acordo com a Figura 5 nota-se uma tendência média de aumento no número de dias de chuva para fevereiro durante as fases quentes do ENOS. Nas fases da La Niña verificou-se diminuição no total de dias de chuva durante o mês de fevereiro desta série considerada. Ao longo de fevereiro de 1981 registrou-se o menor número de dias de chuva (aproximadamente 7 dias) para um resfriamento das águas do Pacífico na escala de 0,5°C. Enquanto que o menor número de dias de chuva verificado para um valor de 0,5°C de El Niño, correspondeu a 9 dias em 2005 (FIGURA 5).

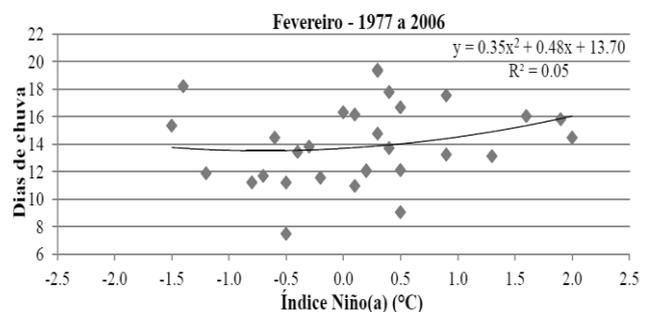


FIGURA 5 – Dispersão em fevereiro da média de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período. Elaborado pelos autores.

Nos meses de março da série histórica utilizada neste estudo, o resfriamento das águas

do Pacífico (La Niña) provocou, quanto mais forte fosse sua intensidade, aumento de dias de chuva em Goiás (FIGURA 6). A fase mais intensa deste fenômeno foi no ano de 1989 e a temperatura do oceano Pacífico diminuiu até 1,1 °C provocando um total de 13 dias de chuva, em média, ao longo de março. Nas fases de El Niño, de modo usual, os dias de chuva em Goiás diminuíram conforme aumento da intensidade do fenômeno (FIGURA 6). O maior aumento da temperatura das águas do oceano Pacífico registrado nos meses de março da série de 1977 a 2006 foi de 1,5 °C nos anos de 1983, 1992 e 1998 provocando, no máximo, 14 dias de chuva (1983) ao longo do mês. Observa-se na Figura 6 que tanto o maior número de dias de chuva (19 dias) quanto o menor (7 dias) no estado de Goiás, para março de 1977 a 2006, ocorreram em períodos normais, ou seja, períodos que não estavam sob influência dos Niños.

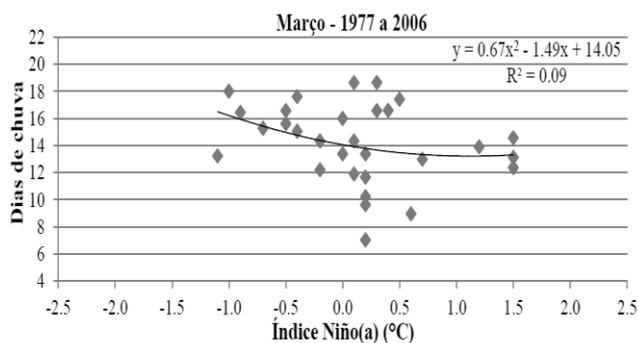


FIGURA 6 - Dispersão em março da média de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período. Elaborado pelos autores.

De acordo com a Figura 7, houve uma tendência de aumento do número de dias de chuva no estado de Goiás nos meses de abril, de 1977 a 2006, conforme a La Niña enfraquecia e o El Niño se intensificava. A maior diminuição da temperatura oceânica registrada durante o período considerado neste estudo foi de 0,8 °C

(La Niña fraca) nos anos de 1989, 1999 e 2000 acarretando um total de 6,4 e 6 dias de chuva, respectivamente, durante o mês de abril dessa série histórica analisada. Enquanto que nas fases de El Niño, o maior aumento de temperatura das águas, foi de 1,4 °C em 1992 provocando um total de 10 dias de chuva, em média, no decorrer do mês de abril. Durante os anos de 1977 a 2006, o maior número de dias de chuva ocorreu em abril de 2004 (aproximadamente 10 dias) para um aumento de temperatura normal de 0,2°C das águas do Pacífico; e o menor, foi de 3 dias de chuva (2002), aproximadamente, para um aumento de temperatura, também considerado normal, de 0,4 °C das águas do oceano Pacífico.

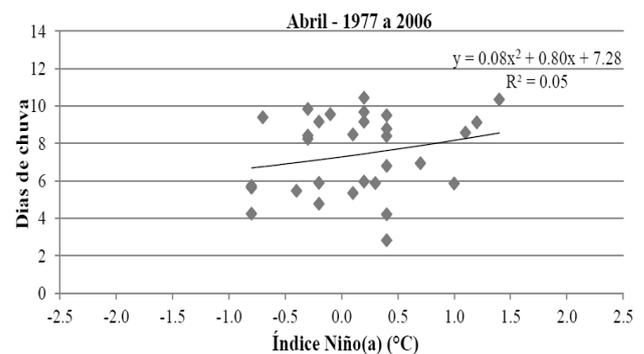


FIGURA 7 - Dispersão em abril da média de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período. Elaborado pelos autores.

Nos meses de maio, de 1977 a 2006 (FIGURA 8), houve uma tendência de diminuição dos dias de chuva no estado de Goiás tanto nos episódios de resfriamento das águas do Pacífico quanto nas fases de aquecimento anormal. Na fase mais intensa da La Niña para o mês de maio, do período histórico considerado, a temperatura oceânica diminuiu até 0,8 °C (1999) ocasionando, em média, 3 dias de chuva durante todo o mês. Já em períodos de El Niño a temperatura oceânica aumentou até 1,2 °C (1992), ocasionando 2 dias de chuva,

aproximadamente, ao longo do mês de maio. Observa-se que o maior número de dias de chuva registrado no mês de maio do período histórico estudado (FIGURA 8) foi de 6 dias, em média, no ano de 1978, para um resfriamento normal de 0,4°C das águas do oceano Pacífico. Já o menor número de dias de chuva registrado no mesmo período foi de menos de 2 dias em 1991, para um aquecimento fraco de 0,6 °C das águas do oceano Pacífico.

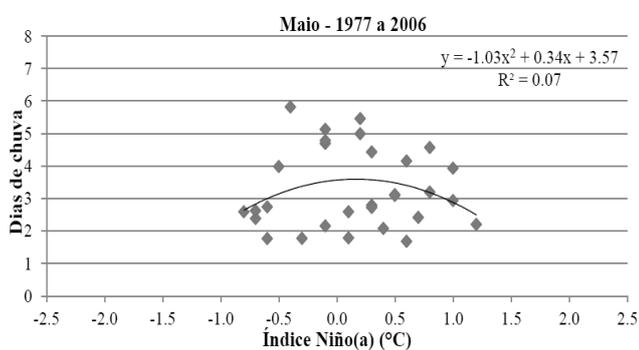


FIGURA 8 – Dispersão em maio da média de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período. Elaborado pelos autores.

De acordo com a Figura 9, durante os meses de junho, de 1977 a 2006, houve tendência de aumento de dias de chuva no estado de Goiás, nas fases de La Niña e de El Niño. Na fase mais forte da La Niña para o mês de junho, do período histórico de 1977 a 2006, a temperatura do oceano Pacífico diminuiu 1,2 °C (1988) e provocou menos de 2 dias de chuva durante junho. Já no episódio mais forte do El Niño para o mesmo período histórico, a temperatura do oceano Pacífico aumentou 1,3 °C (1997) provocando o maior número de dias de chuva durante o mês de junho (mais de 5 dias). Ao longo de junho de 2002 não houve nenhum dia de chuva apesar da influência fraca do El Niño (0,8°C).

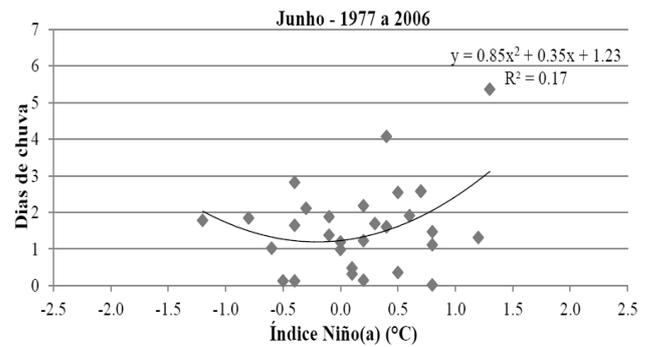


FIGURA 9 – Dispersão em junho da média de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período. Elaborado pelos autores.

Nota-se uma tendência de diminuição do número de dias de chuva no estado de Goiás durante as manifestações da La Niña e do El Niño nos meses de julho de 1977 a 2006 (FIGURA 10). A ausência de chuvas em julho de 1988 caracteriza a fase mais forte da La Niña para o período em questão (-1,3 °C), enquanto que na fase mais intensa de El Niño, o maior aumento da temperatura das águas do Pacífico foi de 1,7 °C no ano de 1997 provocando um total aproximado de 2 dias de chuva em Goiás. Durante a série de julho de 1977 a 2006, o maior número de dias de chuva (aproximadamente 3) registrado no estado de Goiás foi durante o ano de 1978 para um resfriamento normal das águas do Pacífico de 0,4 °C.

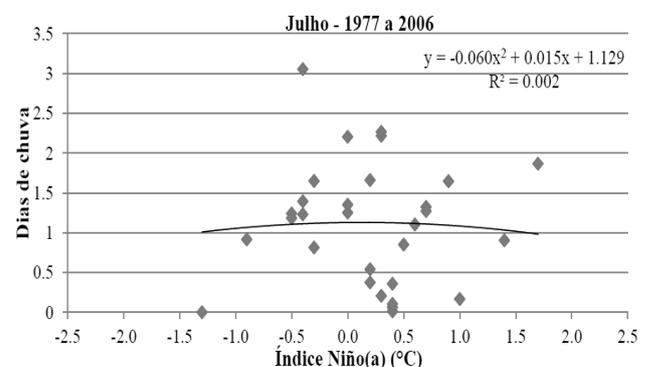


FIGURA 10 – Dispersão em julho da média de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período. Elaborado pelos autores.

Na Figura 11 nota-se uma tendência de decréscimo do número de dias de chuva em Goiás nos meses de agosto, do período de 1977 a 2006, quando os mesmos estão sob influência dos ENOS. A maior diminuição da temperatura do Pacífico registrada no período em questão, foi de 1,2 °C no ano de 1988 e não provocou chuvas no estado de Goiás, enquanto que nas fases de El Niño, o maior aumento da temperatura foi de 2,0 °C no ano de 1997 provocando uma ligeira chuva no estado de Goiás. Durante toda a série de 1977 a 2006 o máximo número de dias de chuva registrado em agosto no estado de Goiás foi de, aproximadamente, 5 dias para um aquecimento normal das águas do Pacífico (0,5 °C).

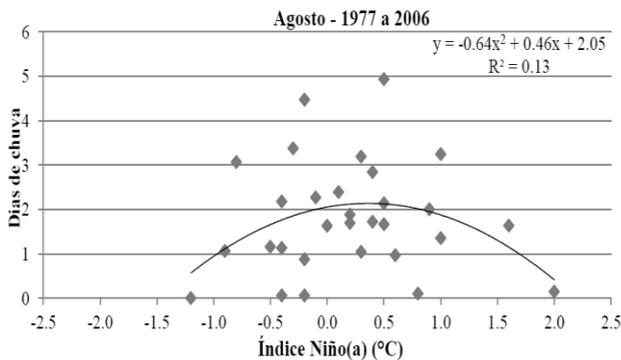


FIGURA 11 – Dispersão em agosto da média de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período. Elaborado pelos autores.

Conforme demonstra a Figura 12 nos meses de setembro, de 1977 a 2006, houve uma tendência de diminuição do número de dias de chuva no estado de Goiás durante os episódios da La Niña e do El Niño. Na fase mais intensa da La Niña para o período histórico deste estudo, a temperatura oceânica diminuiu 1,3 °C (1988) ocasionando menos de 2 dias de chuva ao longo do mês de setembro em Goiás. Já em períodos de El Niño a temperatura oceânica

aumentou até 2,2 °C (1997), ocasionando cerca de 6 dias de chuva durante setembro. O máximo valor de dias de chuva registrado em Goiás durante esta série histórica de setembro foi de 8 dias (2000), para um resfriamento normal das águas do Pacífico (0,4°C). Já no ano de 2004 registrou-se ocorrência de chuva em aproximadamente 1 dia durante todo o mês de setembro para um El Niño de 0,9 °C.

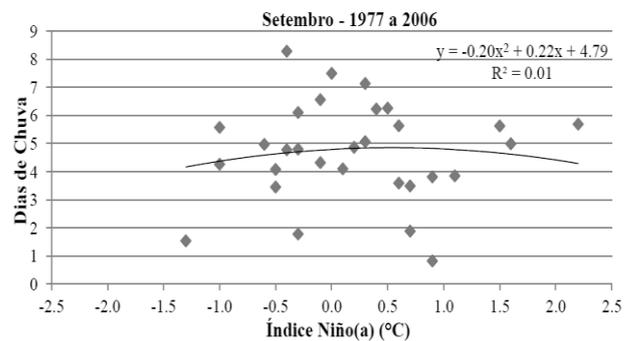


FIGURA 12 – Dispersão em setembro da média de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período. Elaborado pelos autores

A tendência de aumento dos dias de chuva em Goiás nos episódios de El Niño e La Niña durante os meses de outubro, da série histórica de 1977 a 2006, pode ser identificada segundo a Figura 13. Na fase mais forte da La Niña para esta série, a temperatura do oceano Pacífico diminuiu 1,6 °C (1988) e provocou chuva em, aproximadamente, 10 dias do mês de outubro. No episódio mais forte do El Niño durante o período em questão, a temperatura do oceano Pacífico aumentou 2,4 °C (1997) provocando cerca de 9 dias de chuva em Goiás. O menor número de dias de chuva verificado neste período de estudo não estava sob influência do ENOS e correspondeu a 5 dias de chuva (1980), aproximadamente. Enquanto que o maior número de dias de chuva registrado no mesmo

período estava sob influência moderada do El Niño e correspondeu, em média, a 15 dias de chuva no estado de Goiás (2006).

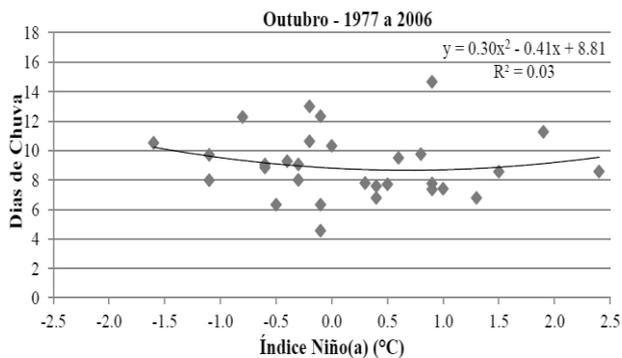


FIGURA 13 – Dispersão em outubro da média de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período.
Elaborado pelos autores.

Nos meses de novembro, da série de 1977 a 2006, o resfriamento das águas do Pacífico provocou, durante suas ocorrências, aumento dos dias de chuva em Goiás (FIGURA 14). A fase mais intensa da La Niña na série histórica considerada foi no ano de 1988 e a temperatura do oceano Pacífico diminuiu 1,9 °C provocando, aproximadamente, 12 dias de chuva no Estado. Nas fases de El Niño os dias de chuva em Goiás diminuíram, de acordo com a Figura 14. O maior aumento da temperatura das águas do Pacífico registrado nos meses de novembro, da série de 1977 a 2006, foi de 2,5 °C no ano de 1997 e provocou mais de 14 dias de chuva em Goiás. Observa-se na Figura 14 que o maior número de dias de chuva registrado no mês de novembro desta série foi, aproximadamente, 17 em 1977, sob influência fraca (0,7 °C) do El Niño, enquanto o menor número de dias de chuva registrado no mesmo período foi de 8 dias (1986) em condição moderada (1,1 °C) de aumento da temperatura do oceano Pacífico.

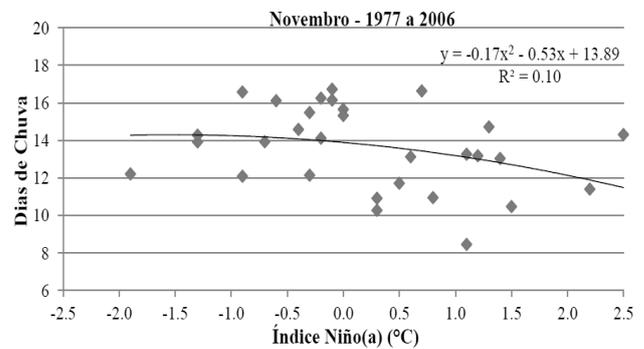


FIGURA 14 – Dispersão em novembro da média de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período.
Elaborado pelos autores.

Conforme demonstra a Figura 15 nos meses de dezembro, de 1977 a 2006, houve uma tendência de diminuição dos dias de chuva em Goiás durante os episódios de La Niña e de El Niño. A fase mais intensa da La Niña registrou diminuição de 1,9 °C (1988) na temperatura do Pacífico ocasionando 16 dias de chuva ao longo do mês de dezembro em Goiás. Em 1997 a temperatura oceânica aumentou 2,5 °C ocasionando 16 dias de chuva, aproximadamente, no estado de Goiás. O maior número de dias de chuva registrado em dezem-

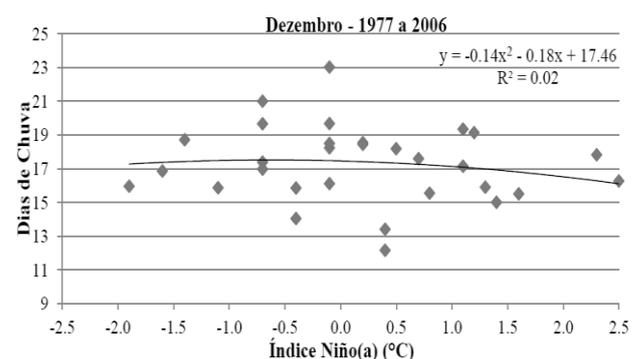


FIGURA 15 – Dispersão em dezembro da média de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período.
Elaborado pelos autores.

bro do período histórico estudado foi de 23 (1989), para um valor normal de -0,1°C das águas do Pacífico. Ao passo que o menor número de dias de chuva em Goiás, para o mês

de dezembro da série de 1977 a 2006 foi de, pouco mais de 12 dias (1990), para um aumento normal de 0,4°C na temperatura do Pacífico (FIGURA 15).

Segundo a Figura 16, observa-se ligeiro e acentuado aumento no número de dias de chuva em Goiás nas fases de La Niña e de El Niño, respectivamente, no período de 1977 a 2006. A fase mais intensa da La Niña para o período foi em 1999 e a temperatura do Pacífico diminuiu, em média, 1,1 °C ocasionando cerca de 100 dias de chuva ao longo do ano no estado de Goiás. Os episódios mais fortes do El Niño para o período de estudo foram nos anos de 1987 e 1997, onde se registrou o aumento médio de 1,3 °C na temperatura do Pacífico ocasionando 105 e 118 dias de chuva no estado de Goiás, respectivamente (FIGURA 16). Sob influência normal de aumento de temperatura na escala de 0,3°C, o ano de 1990 registrou o menor número de dias de chuva (aproximadamente 90). Enquanto que o ano de 1983 registrou o maior número de dias de chuva de toda a série histórica considerada no estado de Goiás (123 dias, em média).

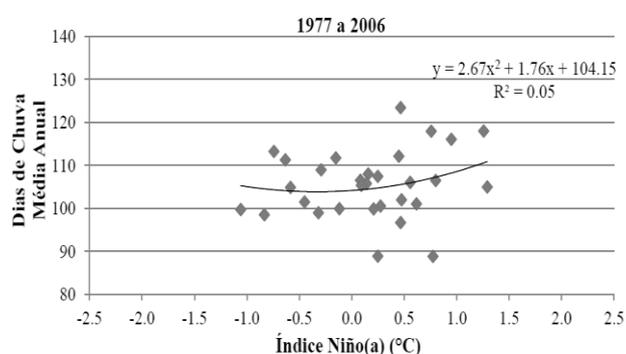


FIGURA 16 - Dispersão da Média Anual de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período.
Elaborado pelos autores.

A Figura 17 correlaciona, em vermelho, a redução ou aumento da temperatura do oceano Pacífico, La Niña e El Niño, respectivamente, com o volume de precipitação pluviométrica (colunas azuis) no estado de Goiás, durante a série histórica de 1977 a 2006. A fase mais intensa da La Niña, para o período de 1977 a 2006, registrou queda máxima da temperatura oceânica equivalente a 1,9 °C no último bimestre do ano de 1988, ocasionando em Goiás, durante sua manifestação, um total de 28 dias de chuva (FIGURA 17). O episódio mais intenso do El Niño durante o período de estudo considerado ocorreu no último bimestre do ano de 1997 e a temperatura do Pacífico aumentou 2,5 °C ocasionando, aproximadamente, 30 dias de chuva no total (FIGURA 17).

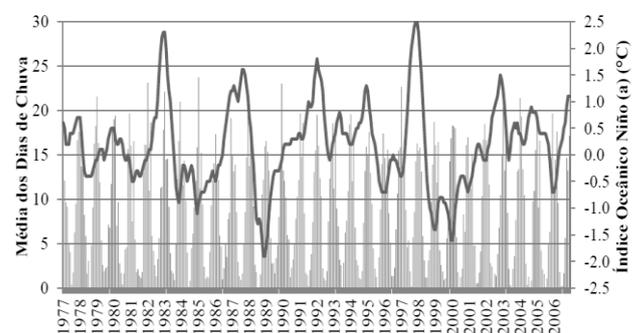


FIGURA 17 - Influência do ION nos Dias de Chuva do estado de Goiás no período de 1977 a 2006.
Elaborado pelos autores.

Na análise estatística (TABELA 2) verifica-se que o maior número de dias de chuva (24) no estado de Goiás foi registrado no mês de janeiro de 1985, sob redução de 0,9°C da temperatura do oceano Pacífico (FIGURA 4). A tendência central (média), que é o centro de um grupo de números em uma distribuição estatística, para os dias de chuva em Goiás mostrou uma maior proximidade com os valores máximos nos meses chuvosos (outubro a abril) em relação aos

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Máximo	23,7	19,4	18,6	10,4	5,8	5,4	3,1	4,9	8,3	14,7	16,7	23,0	123,4
Média	17,5	14,0	14,2	7,4	3,3	1,6	1,1	1,8	4,7	9,0	13,6	17,3	105,5
Mediana	17,4	13,8	14,3	8,3	2,9	1,5	1,2	1,7	4,8	8,7	13,9	17,3	105,5
Mínimo	11,2	7,5	7,0	2,8	1,7	0,0	0,0	0,0	0,8	4,6	8,5	12,2	88,8
Desvio Padrão	3,6	2,9	2,9	2,1	1,2	1,2	0,8	1,3	1,8	2,2	2,2	2,3	8,0

TABELA 2 - Análise estatística dos dias de chuva no estado de Goiás no período de 1977 a 2006.
Elaborado pelos autores.

meses secos (maio a setembro), que tiveram maior proximidade com os valores mínimos. Nos meses mais secos, verifica-se que a mediana ficou exatamente igual a média e, se distanciando da mesma, no período úmido, somente no mês de abril. A medida do grau de dispersão dos valores em relação ao seu valor médio mostra que, de modo geral, nos meses de mais dias de chuva o desvio padrão foi maior que nos meses com menores valores. O maior desvio padrão foi obtido no mês de janeiro (3,6), considerado mês chuvoso, e o menor desvio padrão foi obtido no mês de julho (0,8), considerado mês seco.

CONCLUSÃO

De acordo com o estudo, conclui-se que os maiores números de dias de chuva registrados no estado de Goiás durante a série histórica de 1977 a 2006 ocorreram nos meses de janeiro de 1985 e dezembro de 1989. Corresponderam, a 24 e 23 dias de chuva, respectivamente, sob influência fraca ($-0,9^{\circ}\text{C}$) e normal ($-0,1^{\circ}\text{C}$) da La Niña. Ao passo que durante os meses de junho de 2002, julho de 1988 e 2003 e agosto de 1988, perante manifestações do ENOS (fase quente e fria) consideradas de normais a moderadas (de $0,4^{\circ}\text{C}$ a $-1,3^{\circ}\text{C}$), não houve registro de ocorrência de chuva.

O episódio mais intenso da La Niña, para o período de 1977 a 2006, registrou queda da temperatura oceânica equivalente a $1,9^{\circ}\text{C}$ no último bimestre do ano de 1988, ocasionando em Goiás, durante sua manifestação, um total de 28 dias de chuva. O episódio mais intenso do El Niño, durante o período de estudo considerado, ocorreu no último bimestre do ano de 1997 e a temperatura do oceano Pacífico aumentou $2,5^{\circ}\text{C}$ ocasionando, aproximadamente, 30 dias de chuva no estado de Goiás.

A análise estatística demonstra que a tendência central (média) para os dias de chuva em Goiás mostrou uma maior proximidade com os valores máximos nos meses chuvosos (outubro a abril) em relação aos meses secos (maio a setembro), que tiveram maior proximidade com os valores mínimos. Além disso, comprova que o maior desvio padrão foi obtido no mês de janeiro (3,6), considerado mês chuvoso, e o menor desvio padrão foi obtido no mês de julho (0,8), considerado mês seco.

NOTAS

ⁱ Os autores agradecem à CPRM-SGB (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil - empresa pública de pesquisa do Ministério de Minas e Energia)

pelo fomento que viabilizou o desenvolvimento deste trabalho.

ii Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG).

E-mail: vromero.fe@gmail.com

iii Engenheiro Agrônomo; Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP); Pesquisador em Geociências na área de Engenharia Hidrológica da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Serviço Geológico do Brasil, do Ministério de Minas e Energia.

E-mail: fmarcuzzo@gmail.com

SOUSA, A. J. S.; FERREIRA, E. A.; SOUSA, J. R. A.; ROLIM, P. A. M. A Oscilação Decadal do Pacífico e sua Influência na Precipitação de Goiânia - GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16, 2010, Belém-PA. ANAIS... Belém: SBMET, 2010. Disponível em: <http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/673_12277.pdf>. Acesso em 26 ago. 2011.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R. Mapeamento temporal e espacial da precipitação pluviométrica da região metropolitana de Goiânia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba-PR. ANAIS ... Curitiba: INPE e SELPER do Brasil, 2011. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/indexaut.htm#letraM>>. Acesso em 29 ago. 2011.

MARENCO, J. A. Mudanças Climáticas, Condições Meteorológicas Extremas E Eventos Climáticos No Brasil. In: FBDS. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (org.). *Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil*. Disponível em <<http://www.fbds.org.br/fbds/IMG/pdf/doc-504.pdf>>. Acesso em 05 jan. 2012.

SANTOS, E. P.; FILHO, I.M.C.; BRITO, J.I.B. Influência do Índice de Oscilação Sul (IOS) e Anomalia do Niños sobre as chuvas no Nordeste Brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16, 2010, Belém-PA. ANAIS... Belém: SBMET, 2010. Disponível em: <http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/538_87068.pdf>. Acesso em 29 ago. 2011.