

Influência do el niño e la niña no número de dias de precipitação pluviométrica do estado do Mato Grosso do Sul

Influence of el niño and la niña in the number of days of rain in the state of Mato Grosso do Sul

La influencia de el niño y la niña en el número de días de lluvia en el estado de Mato Grosso do Sul

Nayhara de Lima Oliveira
CPRM/SGB de Goiânia/GO
nayhara.oliveira@cprm.gov.br

Francisco F. N. Marcuzzo
CPRM/SGB de Porto Alegre/RS
francisco.marcuzzo@cprm.gov.br

Resumo

Um melhor detalhamento do comportamento da precipitação pluvial pode ser obtido com o estudo do NDC (Número de Dias de Chuva) e a sua correlação com fenômenos climáticos. O presente trabalho teve como objetivo correlacionar a variação do NDC no Estado do Mato Grosso do Sul com a intensidade do Índice Oceânico Niño(a) (ION). Utilizaram-se dados de 37 estações pluviométricas com 30 anos de dados e 55 estações com dados variando de 20 a 29 anos, sendo que toda série histórica está entre os anos de 1977 a 2006. No período de 1977 a 2006 o ION mensal médio variou entre $-1,1^{\circ}\text{C}$ e $1,3^{\circ}\text{C}$, variações consideradas moderadas, com algumas variações consideradas fortes nos anos de 1982 ($2,3^{\circ}\text{C}$), 1983 ($2,3^{\circ}\text{C}$), 1988 ($-1,9^{\circ}\text{C}$), 1991 ($1,6^{\circ}\text{C}$), 1992 ($1,8^{\circ}\text{C}$), 1997 ($2,5^{\circ}\text{C}$), 1998 ($2,3^{\circ}\text{C}$), 1999/2000 ($-1,6^{\circ}\text{C}$) e 2002 ($1,5^{\circ}\text{C}$). Observa-se que o NDC de cada ano do período não tem uma relação direta com os fenômenos El Niño e La Niña, já que a linha de tendência polinomial de segunda ordem pouco variou.

Palavras-chave: Temperatura do Oceano Pacífico, ENOS, Número de Dias de Chuva, Climatologia.

Abstract

A more detailed behavior of rainfall can be obtained from the study of Number of Days Rain (NDC) and its correlation with weather phenomena. This study aimed to correlate the variation of the NDC in the state of Mato Grosso do Sul with the intensity Niño Index (a). We used data from 37 rainfall stations with 30 years of data and 55 stations with data ranging from 20 to 29 years, and throughout this series between the years 1977 to 2006. In the period 1977 to 2006 the average monthly Niño index ranged between $-1,1^{\circ}\text{C}$ and $1,3^{\circ}\text{C}$, variations considered moderate, with some variations considered strong in the years 1982 ($2,3^{\circ}\text{C}$), 1983 ($2,3^{\circ}\text{C}$), 1988 ($-1,9^{\circ}\text{C}$), 1991 ($1,6^{\circ}\text{C}$), 1992 ($1,8^{\circ}\text{C}$), 1997 ($2,5^{\circ}\text{C}$), 1998 ($2,3^{\circ}\text{C}$), 1999/2000 ($-1,6^{\circ}\text{C}$) and 2002 ($1,5^{\circ}\text{C}$). It is observed that in general the NDC for each year of the period has a direct relationship with El Niño and La Niña, since the polynomial trendline second order changed little.

Key-words: Temperature of the Pacific Ocean, ENSO, Number of Days of Rain, Climatology

Resumen

Un comportamiento más detallado de la precipitación se pueden obtener a partir del estudio de Número de días de lluvia (NDL) y su correlación con los fenómenos meteorológicos. Este estudio tuvo como objetivo relacionar la variación de lo NDL en el estado de Mato Grosso do Sul, con la intensidad de El Niño Index (a). Se utilizaron los datos de 37 estaciones pluviométricas con 30 años de datos y 55 estaciones con datos de entre 20 y 29 años (1977 y 2006). En el periodo de 1977 a 2006, el índice de El Niño (a) promedio mensual osciló entre $-1,1^{\circ}\text{C}$ y $1,3^{\circ}\text{C}$, las variaciones considera moderado, con algunas variaciones consideradas fuerte en 1982 ($2,3^{\circ}\text{C}$), 1983 ($2,3^{\circ}\text{C}$). 1988 ($-1,9^{\circ}\text{C}$), 1991 ($1,6^{\circ}\text{C}$), 1992 ($1,8^{\circ}\text{C}$), 1997 ($2,5^{\circ}\text{C}$), 1998 ($2,3^{\circ}\text{C}$), 1999/2000 ($-1,6^{\circ}\text{C}$) y 2002 ($1,5^{\circ}\text{C}$). Se observa que, en general, el NDC para cada año del período tiene una relación directa con El Niño y La Niña, ya que la línea de tendencia polinómica de segundo orden ha cambiado poco.

Palabras clave: Temperatura del Océano Pacífico, ENSO, número de días de lluvia, Climatología.

Introdução

Estudos envolvendo os fenômenos El Niño e La Niña se torna importantes uma vez que a influência sob o clima tem como consequências variações no ciclo hidrológico as quais podem promover um melhor direcionamento das atividades de manutenção da vida e desenvolvimento da sociedade além de prever mudanças climáticas com resultados catastróficos. Dentro desse contexto a relação oceano-atmosfera-vida esta comprovada e sujeita a estudos que melhor caracterize a ocorrência desses fenômenos e suas consequências sob os diversos setores da sociedade como economia, meio ambiente e qualidade de vida. Devido à grande dificuldade de consistência de dados, grande espaçamento físico entre as localizações das estações pluviométricas, pequeno espaçamento temporal de dados pluviométricos, notadamente insuficientes no Estado do Mato Grosso do Sul, há uma escassez de estudos que mostrem a correlação de chuvas neste Estado com fenômenos climáticos de influência mundial, como o El Niño e a La Niña.

Os fenômenos climáticos El Niño Oscilação Sul (ENOS) têm duas fases: a quente (“El Niño”) e a fria (“La Niña”), que ocorrem alternadamente. Estas alterações caracteriza a modificação da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) para grandes áreas do Oceano Pacífico (BRAVO *et al.*, 2010).

Ainda no Brasil, contudo em um estudo na região Nordeste do País, Moraes *et al.* (2007) citam que são as variações pluviométricas, que efetivamente devem receber maior destaque, pois delas dependem praticamente todas as atividades desenvolvidas no meio rural, com influência direta na economia do semiárido.

Segundo Alves *et al.* (1997) para o período de fevereiro a maio, o setor norte do Nordeste Brasileiro tende a apresentar um índice de chuva em torno ou acima da média climatológica em anos com predomínio de anomalias negativas de TSM na bacia do Oceano Pacífico Equatorial, possibilitando assim prever eventos extremos de chuva ou seca para a região.

A precipitação é amplamente reconhecida por muitos pesquisadores como a variável climatológica mais importante na região tropical. No período chuvoso, as chuvas se caracterizam pela forte intensidade, enquanto que no período menos chuvoso, são frequentes as estiagens de duração variável, elevando o risco da exploração agrícola (MORAES *et al.*, 2005).

Stern e Coe (1982) apresentaram um raciocínio para delimitar o início da estação chuvosa com base em dados diários de chuva. O início da estação chuvosa, que também corresponde à data mais antecipada de plantio, seria a primeira data em que ocorrer 20 mm de chuva em um ou dois dias, desde que não ocorra um período seco de sete ou mais dias, a partir da data potencial de início da estação chuvosa estabelecida, no período de um mês.

Diante da escassez de estudos e pesquisas sobre a influência do El Niño e La Niña na região centro-oeste, e em específico no estado do Mato Grosso do Sul, bem como suas consequências no âmbito da distribuição temporal das chuvas, o objetivo desse estudo é analisar o grau de influência desses fenômenos no Número de Dias de Chuva do Estado do Mato Grosso do Sul a partir do estudo da sua dispersão, correlação, medidas de tendência central e de variação dos valores.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

O estado de Mato Grosso do Sul (Figura 1) está localizado na região centro-oeste do Brasil. O Estado de Mato Grosso do Sul possui uma área total aproximada de 357.124,33 km² e perímetro de 3.663,36 km e possui 78 municípios sendo que o maior território municipal do estado pertence ao município de Corumbá (área aproximada de 64.923,23 km² e perímetro de 1.812,74 km) e o menor, o município de Douradina (área aproximada de 278,94 km² e perímetro de 75,94 km).

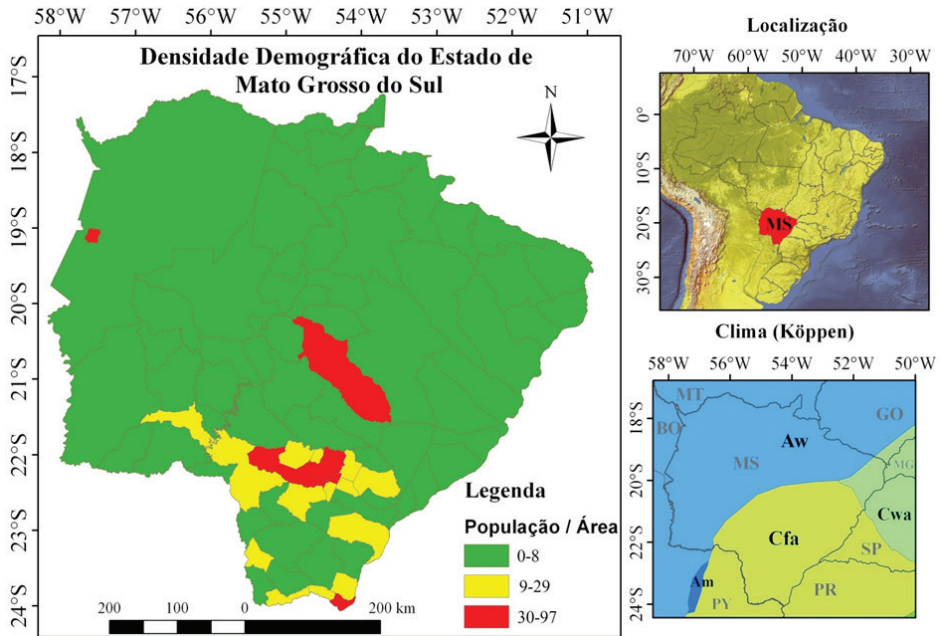


Figura 1. Densidade de habitantes por quilômetro quadrado, clima e localização no Estado de Mato Grosso do Sul.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo dados do IBGE (2010), toda a população residente nos municípios do estado de Mato Grosso do Sul somam 357.145,83 pessoas, sendo que a maior densidade populacional pertence ao município de Campo Grande, com 97,22 habitantes.km⁻² (Figura 1).

O clima do estado de Mato Grosso do Sul, segundo a classificação de Köppen, ao norte e oeste é o tropical (Aw), com estação seca no inverno, ao sul e sudoeste é o subtropical úmido com verão quente (Cfa) e a leste é o subtropical úmido com inverno seco e verão úmido (Cwa) (Figura 1) (PELL *et al.*, 2007).

Nesse trabalho foram utilizados dados do projeto SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) do qual foram obtidas imagens com resolução de 90 metros as quais foram agrupadas em um programa GIS (Geographic Information System) e em seguida o MDE (Modelo Digital de Elevação) foi delimitado o que permitiu analisar a hipsometria de Mato Grosso do Sul. O estado de Mato Grosso do Sul está inserido nos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal (Figura 2). Segundo os dados extraídos por SRTM, a amplitude altimétrica desse estado varia de 26 a 1.052 metros, sendo que a região nordeste concentra as maiores altitudes (Figura 2).

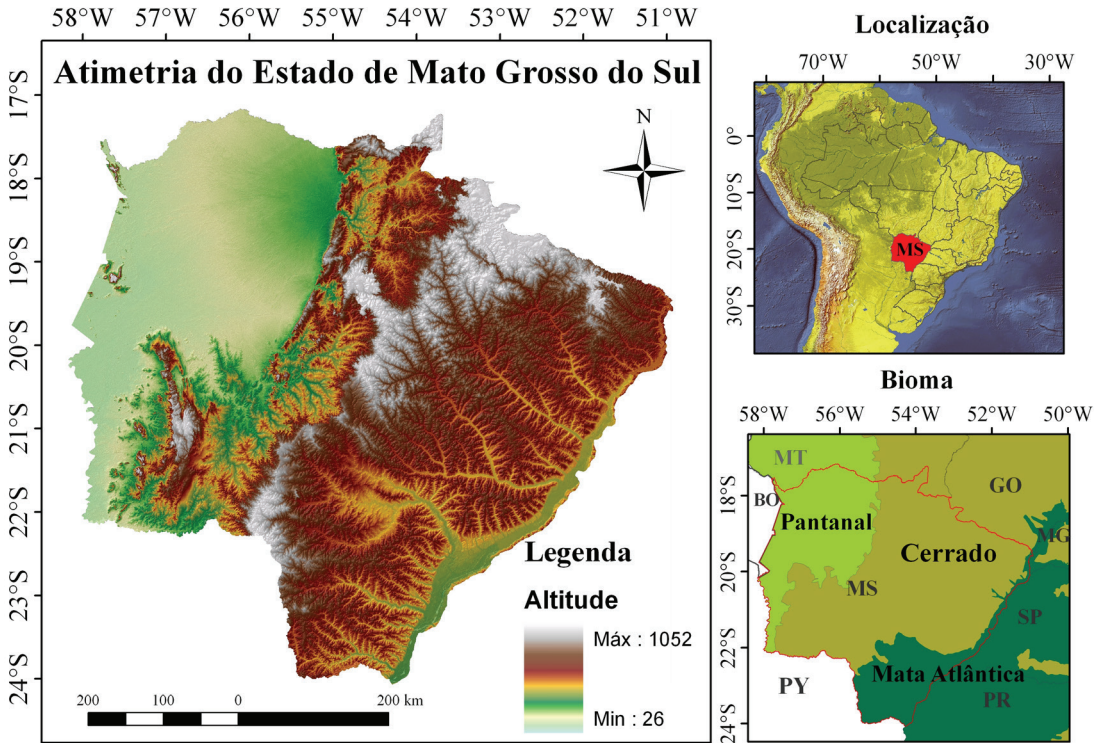


Figura 2. Relevo, altimetria, localização e bioma do Estado do Mato Grosso do Sul.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O uso do solo em Mato Grosso do Sul se concentra em grande parte na pecuária além de uma considerável região de vegetação remanescente da Mata Atlântica ao Leste, Cerrado no Centro e Pantanal no Oeste (Figura 3). Utilizou-se neste estudo 92 estações pluviométricas (Figura 3), sendo 37 estações com 30 anos de dados e 55 estações com dados variando de 20 a 29 anos, cujos dados mensais do Número de Dias de Chuva utilizados neste estudo, 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) no trabalho publicado por Pinto et al. (2011), cujos dados foram utilizados por diversos outros autores, como Cardoso e Marcuzzo (2010), Marcuzzo et al. (2011), Cardoso et al. (2014), Melati e Marcuzzo (2015), Romero et al. (2015) e Oliveira et al. (2015). Estes dados diários de NDC correspondem a uma série histórica de 30 anos (1977 a 2006) e foram compilados, consistidos, organizados e tratados estatisticamente, com informação diária, mensal, anual e sazonal.

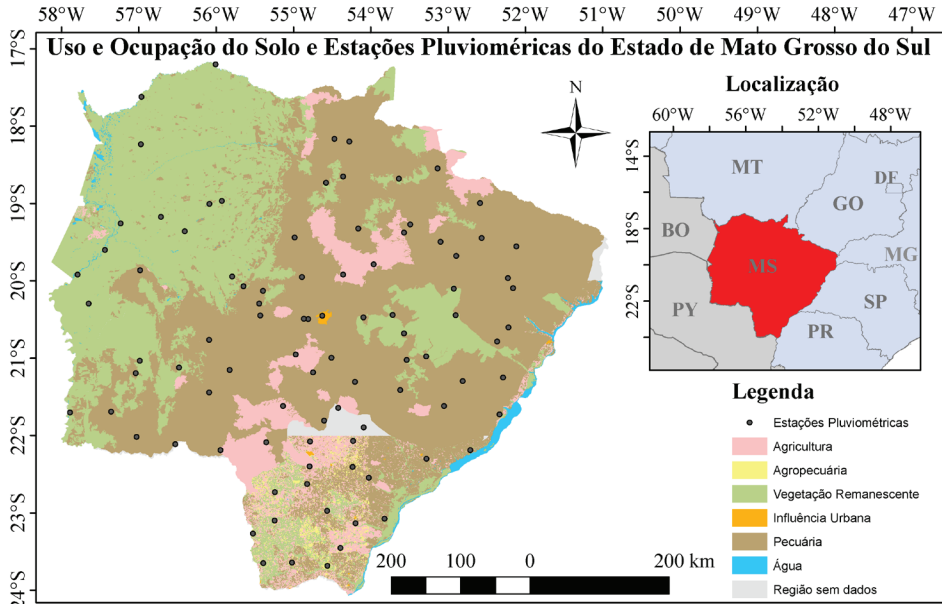


Figura 3. Uso e ocupação do solo, estações pluviométricas e localização do Estado de Mato Grosso do Sul. Fonte: Elaborado pelos autores.

No Quadro 1 e 2 observa-se a intensidade do fenômeno ENOS que foi classificada em classes fraca, moderada e forte utilizando-se a média do ION.

Quadro 1. Critérios para classificar a intensidade do fenômeno ENOS usado no estudo.

Evento	Índice Oceânico Niño	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

Fonte: Golden Gate Weather Services (2008).

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 2). 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, assim variações de até 0,5 graus na temperatura das águas do Oceano Pacífico são consideradas normais.

Quadro 2. Índice oceânico El Niño e La Niña para o período histórico estudado.

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	-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	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	-0,1	-0,1	0,0	-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	0,1	0,1	0,3	0,6	0,7	0,7	1,0	1,5	1,9	2,2	2,3	1,0
1983	2,3	2,0	1,5	1,2	1,0	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	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2	0,3
1987	1,2	1,3	1,2	1,1	1,0	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	0,9	0,9	1,0	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	-0,1	0,0	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	-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	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,3
1997	-0,4	-0,3	0,0	0,4	0,8	1,3	1,7	2,0	2,2	2,4	2,5	2,5	1,3
1998	2,3	1,9	1,5	1,0	0,5	0,0	-0,5	-0,8	-1,0	-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	-1,0	-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	-0,1	-0,1	-0,1
2002	-0,1	0,1	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1,0	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

Fonte: Golden Gate Weather Services (2008).

Os dados de intensidade dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña (Quadro 2) foram obtidos do Serviço Climatológico Nacional dos Estados Unidos (NOAA - *National Weather Service*).

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 . A regressão linear e polinomial é, respectivamente, descrita como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X \quad (1)$$

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

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

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

- Medidas de tendências centrais

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

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

em que, X - é a média; N - tamanho da amostra; X_1 até X_n - somatórios da amostra.

A mediana é outra medida de posição mais resistente do que a média, por ser imune á 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, N - tamanho da amostra; X - posições das amostras.

- Medidas de dispersão

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

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

em que, N - tamanho da amostra; X_i - valor de cada amostra; \bar{X} - 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

No estado de Mato Grosso do Sul observa-se para o mês de janeiro (Figura 4) episódios de El Niño e La Niña de fortes intensidades onde as variações de temperatura do Oceano Pacífico ficaram entre $-1,7^\circ\text{C}$ e $2,3^\circ\text{C}$. O maior NDC observado foi de 20 dias e coincidiu com o mais intenso episódio de La Niña, $-1,7^\circ\text{C}$ em 1989. O El Niño mais forte aconteceu em 1998 com intensidade de $2,3^\circ\text{C}$ e ocasionou um NDC de 9 dias, o menor para o mês de janeiro da série histórica. Também sob influência de um El Niño de $2,3^\circ\text{C}$ choveu 16 dias no ano de 1983.

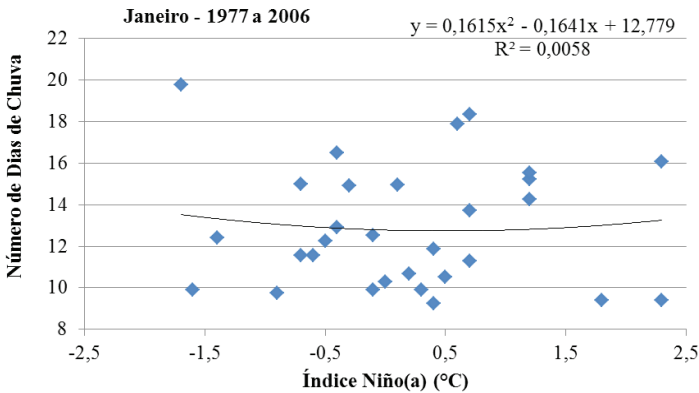


Figura 4. Dispersão em janeiro do Número de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período.

No mês de fevereiro (Figura 5) constata-se um aumento pouco significativo do NDC na ocorrência da La Niña, já o fenômeno El Niño não interferiu no NDC deste mês. O menor NDC (5 dias) para o mês de fevereiro (2005) aconteceu sob influência de um El Niño de fraca intensidade ($0,5^\circ\text{C}$). Na ocorrência da mais intensa La Niña ($-1,5^\circ\text{C}$, intensidade forte) choveu 15 dias, o maior NDC para este mês. Na fase mais forte do El

Niño (2,0°C) registrou-se um NDC de 10 dias (1987). Dos 30 meses de fevereiro da série histórica, 14 não estiveram sob influência dos fenômenos em estudo.

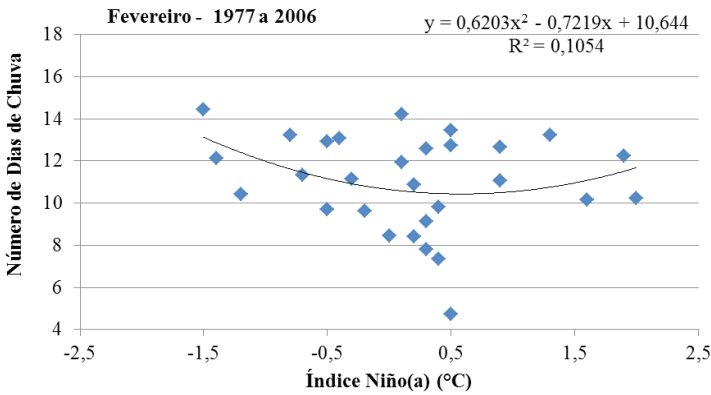


Figura 5. Dispersão em fevereiro do Número de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período.

Para o mês de março (Figura 6) observa-se um acréscimo do NDC na ocorrência dos fenômenos, destaque para a La Niña. O Índice Niño(a) variou entre -1,1°C e 1,5°C. A maior parte dos meses de março da série histórica se deu sem a influência dos fenômenos El Niño e La Niña, inclusive o maior NDC (15 dias) e o menor NDC (6 dias) registradas para o mês de março nos anos de 1982 e 2004, respectivamente. O maior El Niño (1,5°C, intensidade forte) provocou 13 dias de chuva em 1992 e 1998 e 9 dias de chuva em 2002. Já a maior La Niña (-1,1°C, intensidade moderada) provocou um total de 10 dias de chuva em 1989.

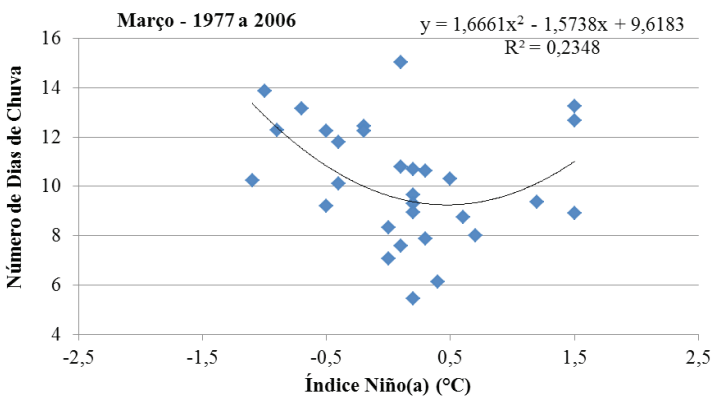


Figura 6. Dispersão em março do Número de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período.

No mês de abril (Figura 7) o fenômeno La Niña aconteceu com fraca intensidade e não houve influência desse fenômeno no NDC, contudo um acréscimo do NDC foi observado na ocorrência do El Niño. Mais da metade dos meses de abril da série histórica não estavam sob influência de nenhum dos fenômenos, o que vale também para o maior NDC, 10 dias de chuva em 1988; e o menor NDC, 3 dias de chuva em 2002. Durante a fase mais intensa do fenômeno El Niño (1,4°C, intensidade moderada) observou-se um NDC de 8 dias em 1992. Com uma intensidade de -0,8°C o fenômeno La Niña, ocasionou 7 dias de chuva em 1989 e 4 dias em 1999 e 2000 .

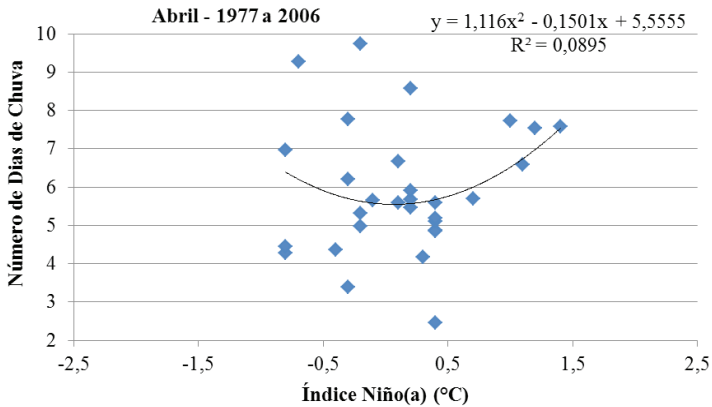


Figura 7. Dispersão em abril do Número de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período.

A maior intensidade da La Niña para o mês de maio (Figura 8) foi de -0,8°C (intensidade fraca) não influenciando no NDC durante sua ocorrência. O fenômeno El Niño em intensidades de até 1,2°C caracterizou o aumento do NDC. Assim como na maioria dos meses de maio da série histórica o maior NDC (11 dias, em 2004) e o menor NDC (1 dia, em 1981) não estava sob influência dos fenômenos em estudo. No episódio de El Niño mais intenso (1992) registrou-se 7 dias de chuva, enquanto que na ocorrência mais intensa de La Niña (-0,8°C) ocasionou 2 dias de chuva no ano de 1999.

O El Niño e a La Niña no mês de junho (Figura 9) aconteceram em intensidades moderadas. Na ocorrência dos dois fenômenos observou-se um aumento do NDC, maior durante o El Niño. O mais intenso El Niño (1,3°C) provocou o maior NDC para o mês de junho, 8 dias de chuva (1997). Em sua fase mais intensa (-1,2°C) o fenômeno La Niña ocasionou 4 dias de chuva (1988). Não choveu no mês de junho do ano de 2002, o qual estava sob influência de um El Niño de intensidade fraca (0,8°C).

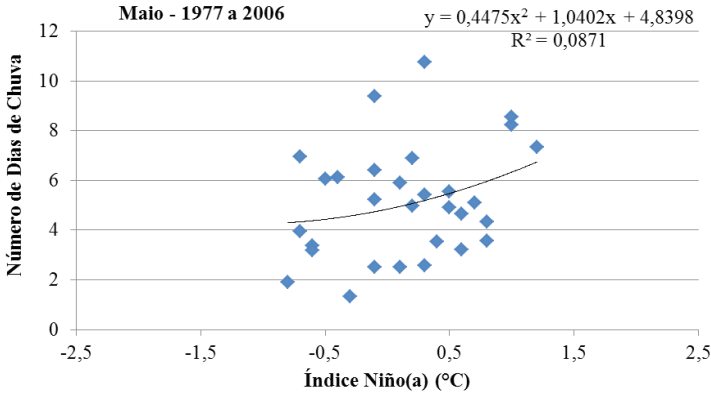


Figura 8. Dispersão em maio do Número de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período.

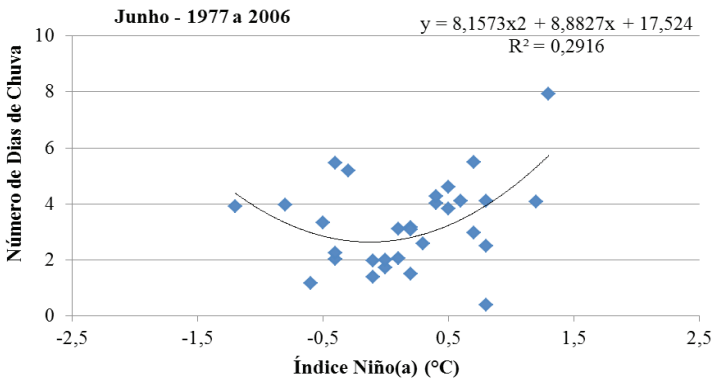


Figura 9. Dispersão em junho do Número de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período.

No mês de julho (Figura 10) as relações entre El Niño, La Niña e dias de chuva foram inversamente proporcionais, enquanto as intensidades dos fenômenos aumentaram os dias chuva diminuíram, principalmente durante a La Niña. Os meses de julho da série histórica se concentraram durante a não ocorrência de fenômenos, assim como o ano de 1979 o qual apresentou o máximo NDC para este mês (5 dias). Choveu 1 dia no mês de julho dos anos de 1977, 1981, 1984, 1988, 1996, 1997, 1998, 1999 e 2003, dentre os quais está incluso o ano de mais intensa La Niña (-1,3°C, em 1988) e o de mais intenso El Niño (1,7°C, em 1997) para este mês.

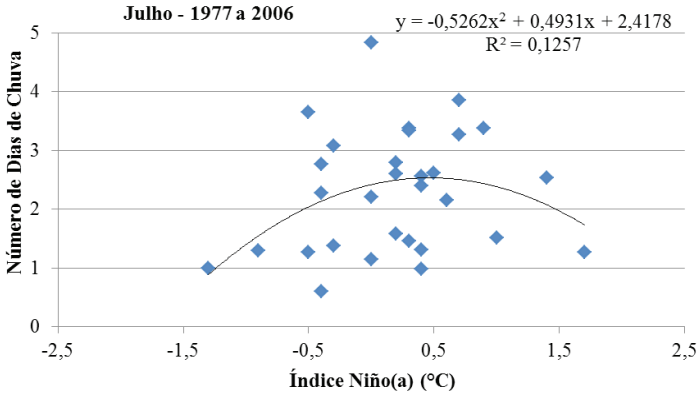


Figura 10. Dispersão em julho do Número de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período.

Durante o mês de agosto (Figura 11) os fenômenos aconteceram com intensidades significativas, contudo pouco interferiu nos dias de chuva, observando-se apenas um pequeno decréscimo das mesmas. A maioria dos meses de agosto da série histórica não esteve sob influência de nenhum dos fenômenos. Porém o maior NDC (8 dias) registrado para este mês aconteceu durante um episódio de El Niño de fraca intensidade (0,5°C), no ano de 1986. Com uma intensidade de 2,0°C (intensidade forte) o fenômeno El Niño provocou um NDC de 2 dias (1997). O episódio de La Niña mais intensa (-1,2°C, intensidade moderada) acarretou em 1 dia de chuva em 1988. Não foi registrado chuvas nos meses de agosto dos anos de 1983 (-0,2°C), 1999 (-0,9°C) e 2004 (0,2°C).

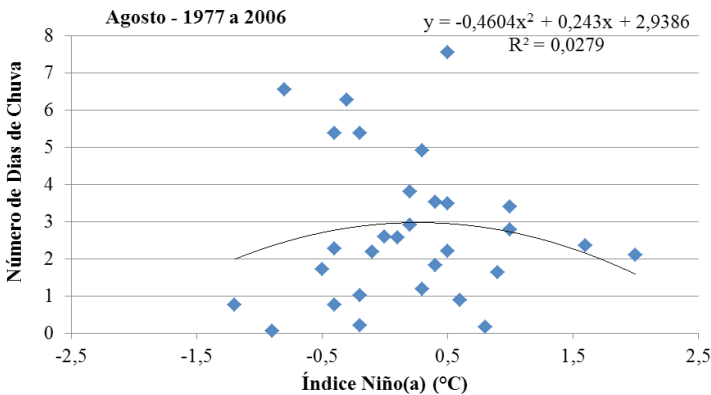


Figura 11. Dispersão em agosto do Número de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período.

No mês de setembro (Figura 12) aconteceu algo parecido com o mês de agosto, apesar da intensidade dos fenômenos Niño(a) terem aumentado de agosto para setembro eles pouco interferiram nos dias de chuva. O menor NDC deste mês (2 dias) se deu durante o mais intenso episódio de La Niña (-1,3°C, intensidade moderada) no ano de 1988 e também durante um episódio de El Niño (0,9°C, intensidade fraca) no ano de 2004. O maior NDC para este mês (10 dias) aconteceu no ano de 1992, o qual não estava sob influência dos fenômenos Niño(a). Já o fenômeno El Niño em sua intensidade máxima (2,2°C) ocasionou 5 dias de chuva (1997).

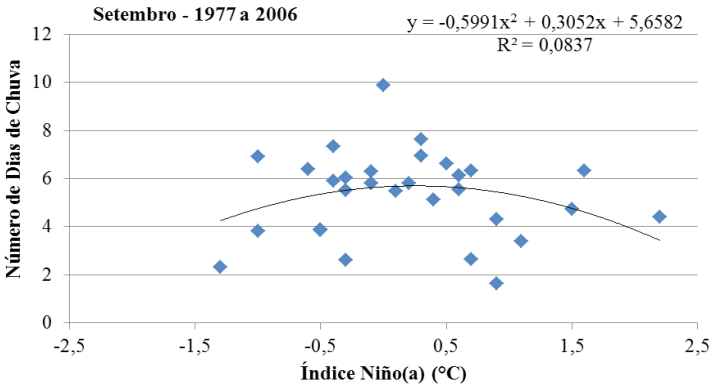


Figura 12. Dispersão em setembro do Número de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período.

Durante o mês de outubro (Figura 13) a La Niña aconteceu com intensidades médias e o El Niño com intensidades elevadas, mas nenhum interferiu consideravelmente nos dias de chuva, observou-se apenas um pequeno acréscimo durante o El Niño. O ano de 1984 não esteve sob influência de nenhum dos fenômenos em estudo, no qual se deu o mês de outubro com maior NDC da série histórica, 10 dias. Choveu 5 dias (menor NDC) nos meses de outubro dos anos de 1977 (0,6°C), 1980 (-0,1°C), 1984 (-0,6°C), 1986 (0,9°C), 1989 (-0,3°C) e 1999 (-1,1°C). Tanto o mais intenso El Niño (2,4°C, intensidade forte) quanto a mais intensa La Niña (-1,6°C, intensidade forte) provocaram 8 dias de chuva nos anos de 1988 e 1997, respectivamente.

Tanto o El Niño quanto a La Niña tiveram seus índices intensificados durante o mês de novembro (Figura 14). Observando-se uma diminuição pouco significativa dos dias de chuva na ocorrência da La Niña, enquanto que durante o El Niño a linha de tendência manteve-se praticamente estável. Em sua fase mais intensa o fenômeno El Niño (2,5°C, intensidade forte) provocou 12 dias de chuva (1997), que foi o maior NDC para este mês, enquanto que a La Niña com uma intensidade máxima de -1,9°C (intensidade forte) ocasionou 7 dias de chuva (1988). O menor NDC também estava sob influência de fenômeno El Niño de intensidade forte (1,4°C) que provocou 5 dias de chuva em 1991.

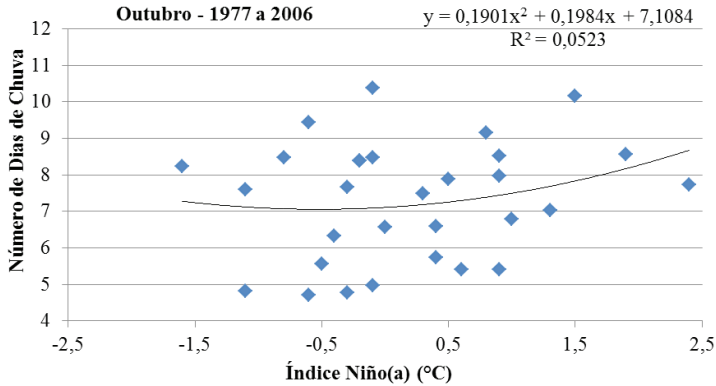


Figura 13. Dispersão em outubro do Número de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período.

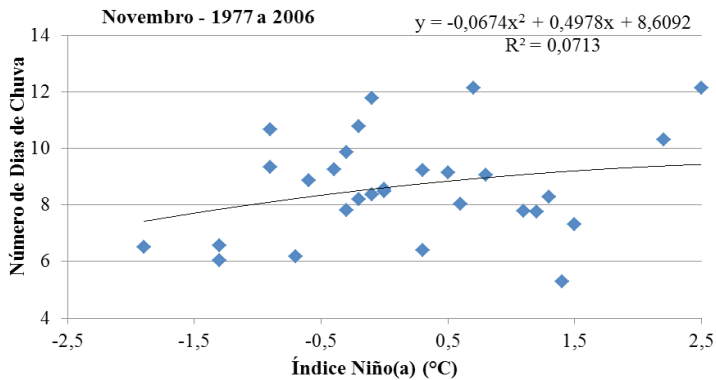


Figura 14. Dispersão em novembro do Número de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período.

Os índices do El Niño e da La Niña para o mês de dezembro (Figura 15), mantiveram-se dentro do mesmo intervalo do mês de novembro onde o Índice Niño(a) ficou entre $-1,9^{\circ}\text{C}$ e $2,5^{\circ}\text{C}$, porém a curva de tendência ficou ainda mais linear e por isso os fenômenos não influenciaram nos dias de chuva para este mês. O ano com o menor NDC (5 dias) para este mês foi o de 1985, o qual não estava sob influência de nenhuma dos fenômenos em estudo. O maior NDC (16 dias) foi registrado sob influência de El Niño de intensidade fraca ($0,5^{\circ}\text{C}$) no ano de 1979. Em sua intensidade mais forte ($2,5^{\circ}\text{C}$) o fenômeno El Niño ocasionou 10 dias de chuva (1997). Com uma intensidade máxima de $-1,9^{\circ}\text{C}$ o fenômeno La Niña provocou 11 dias de chuva (1988).

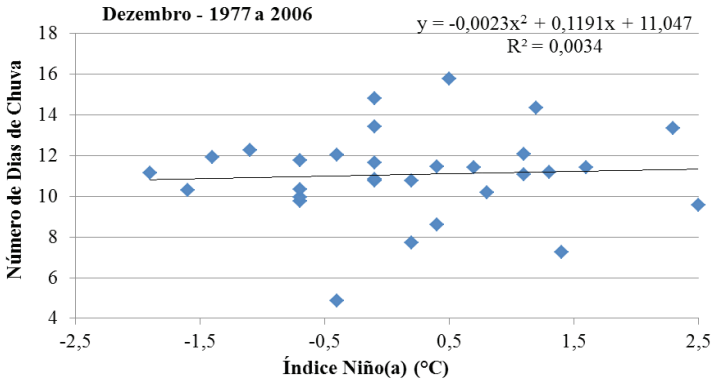


Figura 15. Dispersão em dezembro do Número de Dias de Chuva em relação ao Índice Niño(a) do período.

No período de 1977 a 2006 (Figura 16) o Índice Niño(a) médio variou entre $-1,1^{\circ}\text{C}$ e $1,3^{\circ}\text{C}$, variações consideradas moderadas, com algumas variações consideradas fortes nos anos de 1982 ($2,3^{\circ}\text{C}$), 1983 ($2,3^{\circ}\text{C}$). 1988 ($-1,9^{\circ}\text{C}$), 1991 ($1,6^{\circ}\text{C}$), 1992 ($1,8^{\circ}\text{C}$), 1997 ($2,5^{\circ}\text{C}$), 1998 ($2,3^{\circ}\text{C}$), 1999/2000 ($-1,6^{\circ}\text{C}$) e 2002 ($1,5^{\circ}\text{C}$). Observa-se que no geral o NDC de cada ano do período não tem uma relação direta com os fenômenos El Niño e La Niña, já que a linha de tendência polinomial de segunda ordem pouco variou.

Na Figura 16 o NDC do gráfico se caracteriza com a soma dos dias em que se registrou chuva de cada ano da série histórica. O maior Índice Niño médio teve intensidade de $1,3^{\circ}\text{C}$ (intensidade moderada) e foi registrado no ano de 1987 e 1997, nos quais se registrou 98 dias e 90 dias de chuva, respectivamente. Já o mais intenso Índice Niña médio do período ($-1,1^{\circ}\text{C}$, intensidade moderada) foi registrado em 1999, ano no qual foi registrado o segundo menor NDC anual do período, 72 dias de chuva. No ano de 1988 se deu o menor NDC anual do período (70 dias) com um Índice Niño médio de $0,8^{\circ}\text{C}$ (intensidade fraca). O maior NDC anual do período observado foi de 102 dias, em 1980, ano no qual o Índice Niño(a) médio ficou em $-0,6^{\circ}\text{C}$, caracterizando a ocorrência do fenômeno La Niña neste ano.

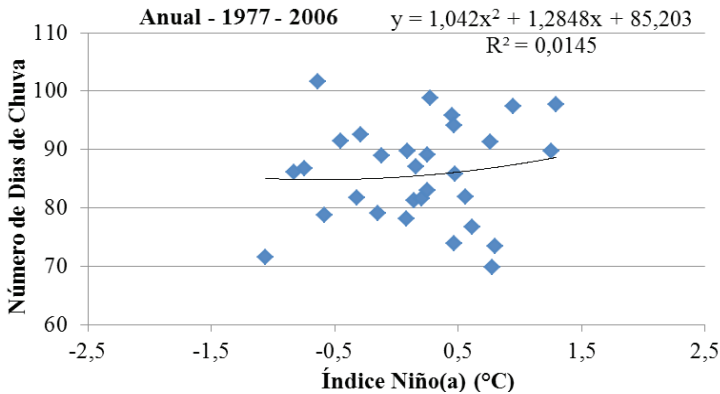


Figura 16. Dispersão do Número de Dias de Chuva Anual em relação ao Índice Niño(a) do período.

De acordo com a Figura 17 dentro do período estudado (1977-2006) o El Niño aconteceu com maior intensidade nos meses de novembro (12 dias de chuva) e dezembro (10 dias de chuva) do ano de 1997 (variação de 2,5°C na temperatura) e a La Niña ocorreu com maior intensidade nos meses de novembro (7 dias de chuva) e dezembro (11 dias de chuva) do ano de 1988 (variação de -1,9°C na temperatura). As variações positivas de temperatura (fenômeno El Niño) são mais frequentes que as variações negativas (fenômeno La Niña), além disso, os grandes NDC coincidem com índices elevados de El Niño.

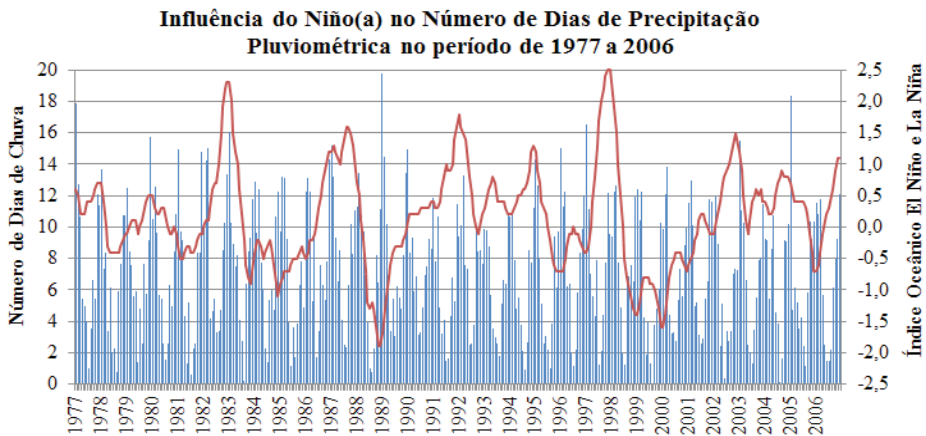


Figura 17. Influência do Índice Niño(a) no Número de Dias de Precipitação Pluviométrica do período.

A distribuição dos valores anuais do número de dias de chuva, com base nos dados da série histórica de 1977 a 2006 apresenta uma variação pouco significativa do NDC (Figura 18). A maior variação de NDC anual ocorreu no ano de 1985 (79 dias) para o ano de 1986 (99 dias). Verifica-se uma tendência de diminuição nos dias de chuva, entre 1977 e 2006, para o Estado do Mato Grosso do Sul.

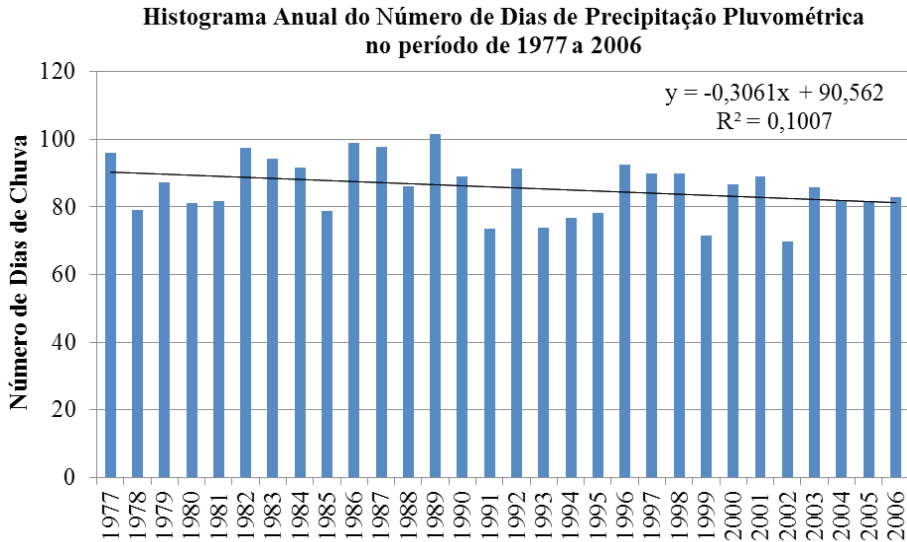


Figura 18. Distribuição temporal e análise de regressão linear do Número de Dias de Precipitação Pluviométrica de 1977 a 2006, para o Estado de Mato Grosso do Sul.

Na análise estatística (Tabela 1) verifica-se que o maior NDC para o Estado do Mato Grosso do Sul dentro do período histórico foi obtido no mês de janeiro (aproximadamente 20 dias de chuva) de 1989, quando o Índice Niño(a) estava em $-1,7^{\circ}\text{C}$ (Figura 4). A tendência central (média), que é o centro de um grupo de números em uma distribuição estatística, para os valores de dias de chuva, mostrou uma maior proximidade com os valores máximos nos meses chuvosos (outubro a abril) em relação aos meses secos, que tiveram maior proximidade com os valores mínimos. Em todos os meses, verifica-se que a mediana ficou muito próxima da média. A medida do grau de dispersão dos valores em relação ao seu valor médio mostra que, em média, o desvio padrão manteve-se próximo tanto nos meses de maiores dias de chuva, quanto nos meses com menores valores. O maior desvio padrão foi obtido no mês de janeiro (3,0), considerado mês úmido, e o menor desvio padrão (1,0) foi obtido no mês de julho, considerado mês seco.

Tabela 1. Análise estatística do Número de Dias de Chuva do Estado de Mato Grosso do Sul.

Estatística	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Máximo	19,8	14,5	15,0	9,7	10,7	7,9	4,8	7,6	9,9	10,4	12,1	15,8	101,5
Média	12,9	11,0	10,2	5,9	5,1	3,3	2,3	2,7	5,3	7,3	8,6	11,1	85,8
Mediana	12,3	11,1	10,2	5,6	5,0	3,1	2,3	2,3	5,7	7,6	8,5	11,2	86,4
Mínimo	9,3	4,7	5,5	2,5	1,3	0,4	0,6	0,1	1,6	4,7	5,3	4,9	69,9
Desvio Padrão	3,0	2,2	2,3	1,7	2,3	1,6	1,0	2,0	1,8	1,6	1,8	2,2	8,5

Fonte: Os dados desta análise estatística foram obtidos de Pinto et al. (2011), Cardoso e Marcuzzo (2012) e Marcuzzo (2014).

Conclusão

No geral os meses secos apresentaram decréscimo ou acréscimo do NDC conforme a intensidade dos fenômenos Niño(a) em estudo. Assim pode-se constatar que nos demais meses do período de 1977 a 2006 os fenômenos El Niño e La Niña pouco interferiram nos NDC para o Estado de Mato Grosso do Sul. Quando alguma influência dos fenômenos foi constatada, observou-se que o fenômeno El Niño está mais associado aos NDC acima da média, enquanto que a La Niña está associada aos NDC abaixo da média.

Outro fator culminante, para atestar que os fenômenos El Niño e La Niña pouco causam efeitos evidentes no NDC do Estado de Mato Grosso do Sul, é o fato de que nos meses de maiores intensidades desses fenômenos as curvas de tendência mantiveram-se praticamente estáveis, ou seja, não houve tendência de acréscimo ou decréscimo do NDC dentro do período em estudo.

Este estudo serve como base para futuros estudos, como o de correlação entre os resultados aqui obtidos com o possível decréscimo ou aumento da produtividade por área plantada de uma determinada cultura no estado do Mato Grosso do Sul, e/ou o decréscimo ou aumento da disponibilidade hídrica nos corpos d'água na região. Contudo, as consequências deste decréscimo dos números de dias de chuva para o estado deve ser seguido de um estudo embasado em estatística aprofundada, pois o volume precipitado pode estar sendo o mesmo, sem aumento da intensidade.

Agradecimentos

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 e a bibliotecária da CPRM/SGB de Porto Alegre/RS.

Referências Bibliográficas

- ALVES, J. M. B., DE SOUZA, E. B.; REPELLI, C. A., VITORINO, M. I. e FERREIRA, N. S. Episódios de La Niña na bacia do Oceano Pacífico Equatorial e a distribuição sazonal e intrasazonal das chuvas no setor norte do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.12, n.12, pp. 63-76, 1997. Disponível em: <www.rbmet.org.br/port/revista/revista_artigo.php?id_artigo=498>. Acesso em: 12/2012.
- BRAVO CABRERA, J. L., AZPRA ROMERO, E., ZARRALUQUI SUC, V., GAY GARCÍA, C., ESTRADA PORRÚA, F. Testes de significância para a relação entre “El Niño” fenômeno e precipitação no México. **Revista Geofísica Internacional**, México, vol.49, n.4, p. 245-261, 2010.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo temporal e espacialização mensal e anual das chuvas na parte brasileira da bacia do rio Paraguai. In: IV Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2012, Bonito - MS. **Anais do IV Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**. Brasília - DF: Embrapa Informática, 2012. v. 1. p. 1076-1085. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_Estudo_Marcuzzo.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2015.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N. Mapeamento de Três Décênios da Precipitação Pluviométrica Total e Sazonal no Bioma Pantanal. In: III Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2010, Cáceres - MT. **Anais III Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**. Corumbá - MS: EMBRAPA, 2010. v. 1. p. 84 a 94. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_Mapeamento_Marcuzzo.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2015.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica (UFRR)**, v. 8, p. 40-55, 2014. Disponível em: <<http://revista.ufrr.br/index.php/actageo/article/view/1384>>. Acesso em: 25 set. 2015.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Brasil em Relevô**. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br/download/index.htm>>. Acesso em: 02/2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=to>>. Acesso em: 01 jun. 2012.
- MARCUZZO, F. F. N. Distribuição espacial da sazonalidade da precipitação pluviométrica no Mato Grosso do Sul e estudo de anomalias interanual. **Acta Geográfica (UFRR)**, Boa Vista, n. 16, v. 8, p. 22-39, 2014. Disponível em: <<http://revista.ufrr.br/index.php/actageo/article/view/1366>>. Acesso em: 15 jan. 2016.
- MARCUZZO, F. F. N.; ANDRADE, L. R.; MELO, D. C. R. Métodos de Interpolação Matemática no Mapeamento de Chuvas do Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.4, n.4, p. 793-804, 2011. Acesso em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbge/index.php/revista/article/view/197/204>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Influência da Altitude na Precipitação Média Anual nas Sub-Bacias Pertencentes à Bacia do Rio Uruguai. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2015, Brasília. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2015. v. 1. p. 1 a 8. Disponível em: <https://drive.google.com/open?id=0B6T7sNg_aVgOenFPV0FWeU9IQWc>. Acesso em: 13 nov. 2015.

MORAES NETO, J. M.; BARBOSA, M. P. e ARAUJO, A. E. Efeito dos eventos ENOS e das TSM na variação pluviométrica do semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, pp. 61-66, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662007000100008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 02/2012.

MORAES, B. C.; COSTA, J. M. N.; COSTA, A. C. L. e COSTA, M. H. Variações Espaciais e temporais da Precipitação no Estado do Pará. **Revista Acta Amazônica**, Manaus, vol.35, n.2, p. 207-214, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672005000200010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 06/2012.

NAGHETTINI, M.; PINTO, É. J. A. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/livro_hidro_estatistica.zip>. Acesso em: 15 jan. 2016.

NOAA - National Weather Service. **Monthly Atmospheric & SST Indices**, 2011. Disponível em <<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>> Acesso 02/2012.

OLIVEIRA, N. de L.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROSO, R. G. Influência do El Niño e La Niña no Número de Dias de Precipitação Pluviométrica no Estado do Mato Grosso. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 4, p. 284-297, 2015. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaenatura/article/view/12717/pdf>>. Acesso em: 15 jan.. 2016.

PEE, L M.C; FINLAYSON, B.L. & MCMAHON, T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Science**, vol. 11, pp. 1633-1644, 2007. Disponível em: <<http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/hess-11-1633-2007.html>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

PINTO, E. J. DE A.; AZAMBUJA, A. M. S. DE; FARIAS, J. A. M.; SALGUEIRO, J. P. DE B.; PICKBRENNER, K. (Coords.). **Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos**. Brasília: CPRM, 2011. 1 DVD. Escala 1.5:000.000. Equipe Executora: Da Costa, Margarida Regueira; Dantas, Carlos Eduardo de Oliveira; De Azambuja, Andressa Macêdo Silva; Do Nascimento, Jean Ricardo da Silva; Dos Santos, André Luis M. Real; Farias, José Alexandre Moreira; Machado, Érica Cristina; Marcuzzo, Francisco Fernando Noronha; Medeiros, Vanesca Sartorelli; Melo, Denise Christina de Rezende; Rodrigues, Paulo de Tarso R.; Weschenfelder, Adriana Burin; Sistema de Informação Geográfica-SIG - versão 2.0 - atualizada em novembro/2011; Programa Geologia do Brasil; Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1351&sid=9>>. Acesso em: 3 set. 2015.

ROMERO, V.; MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D. Tendência do número de dias de chuva no estado de Goiás e a relação dos seus extremos com o índice oceânico Niño. **Boletim Goiano de Geografia** (Online), v. 34, p. 567-584, 2015. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/bgg/article/view/33867/17922>>. Acesso em: 25 set. 2015.

STERN, R.D. e COE, R. Uso de modelos de chuvas no planejamento agrícola. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.26, p. 35-50, 1982.

NAYHARA DE LIMA OLIVEIRA

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo IFG/Goiânia/GO. Atualmente é Atualmente é Técnica em Geociências na área de Hidrologia da CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil) de Goiânia/GO.

E-mail: nayhara.oliveira@cprm.gov.br

FRANCISCO FERNANDO NORONHA MARCUZZO

Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela USP/EESC. Atualmente é Pesquisador em Geociências na área de Hidrologia da CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil) de Porto Alegre/RS.

E-mail: francisco.marcuzzo@cprm.gov.br

Recebido para publicação em janeiro de 2015
Aceito para publicação em dezembro de 2015