

Resultados preliminares de um EQS (Evento Quente e Seco) sobre o Sudeste do Brasil

Serafim Barbosa de Sousa Junior ¹, José Paulo Bonatti ² e Prakki Satyamurty ³

1-IEAPM- Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – serafim@ieapm.mar.mil.br

2-CPTEC-INPE - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climático

/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – bonatti@cptec.inpe.br

3-UEA/INPA – Universidade Estadual da Amazonas/ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- saty@gmail.com

INTRODUÇÃO

A região Sudeste do Brasil é composta pelos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo. Representa a região mais populosa e rica do Brasil ocupando aproximadamente 10% do território Brasileiro. Esta região possui um dos maiores índices de desenvolvimento humano do País na comparação com as demais regiões, além do maior PIB (Produto Interno Bruto) do Brasil IBGE (2008). Milhares de quilômetros de ferrovias, rodovias, dutovias, hidrovias e instalações industriais e portuárias são encontradas, além de patrimônios naturais como a Mata Atlântica e outras vegetações importantes. Entretanto, ela sofre frequentemente com ação de sistemas meteorológicos como as chuvas intensas que geram deslizamentos das encostas causando grandes prejuízos e perdas de vidas humanas Satyamurty et al (2008), bem como eventos quentes e secos que sugerem prejuízos para a agricultura, setores de energia e até para a saúde da população Satyamurty et al (2007). Durante os meses do inverno a temperatura do ar e a umidade relativa diminuem expressivamente no Sul, Sudeste e parte do Centro Oeste do Brasil e a falta de precipitação é notoriamente observada. Este padrão é considerado normal por se tratar de uma estação de inverno. Porém durante o período dos EQS (eventos quentes e secos) observa-se que as frentes frias provenientes do Sul da América do Sul não conseguem progredir até o Sudeste Brasileiro. Este padrão favorece a permanência da massa de ar quente e seca a qual propicia a elevação da temperatura e diminuição da umidade sobre esta região. Embora esta situação seja conhecida pelos meteorologistas operacionais, há pouco ou nenhum estudo sobre os EQS sobre o Sudeste do Brasil. Satyamurty et al 2007, ao estudar os EQS na região Central da América do Sul observou que o ciclo de vida destes episódios era composto em três fases a dizer: fase inicial caracterizado pela elevação da temperatura do ar e diminuição da umidade relativa, fase de maturação onde a temperatura do ar e umidade relativa apresentam os maiores valores e fase de dissipação onde a temperatura do ar e a umidade diminuem expressivamente. O objetivo deste trabalho é apresentar as características sinóticas e estatísticas de um EQS que ocorreu na região Sudeste do Brasil na terceira e quarta semana do mês de setembro de 2004.

DADOS E METODOLOGIA

Foram utilizados dados diários e climatológicos mensais de temperatura do ar e umidade relativa em 1000 hPa. Estes dados foram obtidos a partir da re-análise do ECMWF (European Center for Medium Range Forecast) para o período de junho a setembro de 1989 a 2008, cuja resolução é 1.5° x 1.5° latitude/longitude. Para a precipitação foram geradas climatologias mensais a partir dos campos diários sobre a América do Sul provenientes do CPC/NCEP (Climate Prediction Center/National Centers for Environmental Prediction) para o período de junho a setembro de 1989 a 2008 numa resolução de 1° x 1° latitude/longitude.

Os critérios utilizados para identificar estes eventos foram estabelecidos a partir das anomalias diárias de temperatura do ar em 1000 hPa, anomalias diárias de umidade relativa em 1000 hPa e anomalias diárias de precipitação. Foram analisados registros de condições anômalas destas variáveis

sobre a região de interesse entre os meses de junho a setembro, no período de 1989 a 2008. A estação de inverno foi selecionada porque corresponde ao período mais seco do ano, com valores baixos de temperatura do ar, umidade relativa e precipitação, e um impacto nestas variáveis poderia causar grandes transtornos a população. Foram selecionadas as ocorrências de anomalias das variáveis citadas acima bem como a ocorrência de fenômenos e sistemas meteorológicos que possam estar associados aos EQS. No passo seguinte foram gerados campos mensais climatológicos de temperatura do ar em 1000 hPa, umidade relativa em 1000 hPa e de precipitação respectivamente. Estes campos foram utilizados com o objetivo de se encontrar os dias mais anômalos sobre a região de interesse. O período com anomalias positivas de temperatura, negativas de umidade e anomalias negativas de precipitação apresentam fortes indicativos para encontrar os EQS.

Satyamuty et al (2007) afirma que vários dias consecutivos com anomalias positivas de temperatura causam um impacto positivo na anomalia mensal. Desta forma calcularam-se as anomalias mensais de temperatura para os 80 meses de estudo conforme descrito na equação (1).

$$T'_{(m)} = \overline{T}_{(m)} - \overline{T}_{(c)} \quad (1)$$

Onde, $T'_{(m)}$, $\overline{T}_{(m)}$ e $\overline{T}_{(c)}$ representam as anomalias mensais de temperatura do ar, temperatura do ar (média mensal) e temperatura média mensal climatológica respectivamente.

O desvio padrão das anomalias mensais para os 80 meses estudados foi de 1° C. Desta forma foram selecionados para o estudo os meses que apresentaram anomalias mensais de temperatura acima de 0.5 ° C que corresponde a metade do desvio padrão. É provável que haja meses que não tenham sido selecionados por apresentarem anomalias mensais inferiores ao limiar estipulado e tenham apresentado EQS, porem este critério foi estabelecido com o propósito de facilitar a seleção dos eventos. A partir daí foram obtidos campos diários de temperatura do ar (° C) em 1000 hPa, umidade relativa em 1000 hPa e precipitação (mm) sobre a área de estudo. As anomalias de temperatura diária para os meses selecionados aos EQS são obtidas, subtraindo o valor diário do climatológico mensal do mês em questão durante o período de 1989 a 2008. A anomalia é obtida pela equação (2)

$$T'_{(d)} = T_{(d)} - \overline{T}_{(m)} \quad (2)$$

Onde, $T'_{(d)}$, $\overline{T}_{(d)}$ e $\overline{T}_{(m)}$ representam as anomalias diárias de temperatura do ar, temperatura do ar (média diária) e temperatura média mensal climatológica (correspondente ao mês onde houve EQS) respectivamente.

Da mesma maneira foram obtidas as anomalias de umidade relativa (U') e precipitação (P'). Primeiro, foram selecionados casos onde houve anomalias térmicas diárias maiores ou iguais a 2 °C, anomalia diária de umidade relativa menor ou igual a 8% e anomalia diária de precipitação menor ou igual a 1 mm por no mínimo 4 (quatro) dias consecutivos sobre a área de interesse são considerados EQS. Os limiares de temperatura do ar, umidade relativa e precipitação foram obtidos a partir do dobro do desvio gerado a partir de todos os dias que apresentaram anomalias diárias. O número de dias considerados na análise foi estabelecido a partir dos resultados de Satyamuty et al 2007.

Foi elaborado um índice de severidade dos EQS, a fim de classificar se o evento foi fraco, moderado ou forte. Este Índice de Severidade de EQS (IS-EQS) foi desenvolvido de forma similar à utilizada por Satyamuty et al (2007), porem foi acrescentado mais um termo (terceiro) conforme pode ser visto na equação (2);

$$ISEQS = \frac{1}{\overline{T}_M} \sum_{duração} T'_D - \frac{1}{\overline{U}_M} \sum_{duração} U'_D - \frac{1}{\overline{P}_M} \sum_{duração} P'_D \quad (3)$$

Onde, \bar{T}_m , \bar{U}_m e \bar{P}_m são as médias climatológicas mensais de temperatura do ar, umidade relativa e precipitação respectivamente para o mês de referência. T_d' , U_d' e P_d' são as anomalias diárias de temperatura do ar, umidade relativa e precipitação respectivamente. Os somatórios da equação (3) são sobre o número de dias (duração) dos EQS.

Os limiares para designar se o evento foi fraco, moderado ou forte foram estabelecidos a partir da distribuição de frequência dos eventos estudados. Primeiro foi gerada uma média e um desvio padrão de todos os IS-EQS e posteriormente foi somando a média com o desvio padrão e encontrou-se valor adimensional de 7,4. Em seguida subtraiu-se a média do desvio encontrando o valor de 1,4. A partir daí os IS-EQS foram classificados em fraco com valor menor ou igual a 1,4, moderado entre 1,4 e 7,4 e forte com valor superior a 7,4.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1.0, apresenta os 26 casos de EQS sobre o Sudeste Brasileiro entre junho a setembro de 1989 a 2008. Durante o período analisado observou-se que a anomalia de temperatura do ar, anomalia de umidade relativa e anomalia de precipitação foram em média 3° C, -7 % e -1 mm respectivamente. A frequência destes eventos foi aproximadamente 1(um) caso por ano com duração média de 7 dias durante o inverno austral. Em média o índice de Severidade de EQS foi de 4,4 (adimensional) com desvio de 2,9.

Estudo de Caso:

Aspectos Estatísticos.

Neste trabalho foi abordado o caso mais intenso dos EQS (evento 17) que ocorreu no mês de setembro de 2010 conforme pode ser visto na tabela 01 achurado de vermelho.

Este episódio apresentou anomalia média de temperatura do ar, umidade relativa e precipitação de 3 °C, -13% e -2 mm respectivamente com IS-EQS de 13 adimensional. Este evento atuou sobre a região durante 11 dias. Ele foi classificado como forte de acordo com a metodologia apresentada e ocorreu em ano de El Nino.

Evento	Início	Término	Nº de dias	$\bar{T}'(^{\circ}\text{C})$	$\bar{U}'(^{\circ}\text{C})$	P'	IS-EQS	Inten	Ranking	ENSO
1	1/7/1993	6/7/1993	6	4,3	-7	-1	5,7	M	7	N
2	21/9/1994	26/9/1994	6	3,1	-14	-2	6,6	M	5	EN
3	25/7/1995	30/7/1995	6	2,1	-3	0	2,5	M	21	LN
4	9/8/1995	16/8/1995	8	3,2	-5	-1	6,6	M	6	LN
5	27/8/1995	30/8/1995	4	3,2	-8	-1	4,1	M	11	LN
6	9/9/1995	12/9/1995	4	2,9	-14	-1	3,0	M	15	LN
7	2/9/1997	10/9/1997	9	3,5	-10	-2	10	F	2	EN
8	18/7/1998	23/7/1998	6	2,1	-2	0	2,9	M	18	LN
9	11/8/1998	27/8/1998	17	2,4	0	0	1,9	M	23	LN
10	11/9/1998	19/9/1998	9	2,4	-5	0	3,0	M	16	LN
11	17/7/2001	22/7/2001	6	3	-5	0	2,4	M	22	N
12	4/6/2002	14/6/2002	11	2,7	-5	-1	8,2	F	3	EN
13	23/7/2002	27/7/2002	5	2	-1	0	1,0	FR	24	EN
14	5/8/2002	9/8/2002	5	2,6	-4	0	2,9	M	19	EN
15	2/6/2003	6/6/2003	5	2,1	-4	-1	3,6	M	14	N
16	5/7/2003	9/7/2003	5	2,5	-10	0	0,2	FR	26	N
17	20/9/2004	30/9/2004	11	3	-13	-2	13	F	1	EN
18	17/6/2005	20/6/2005	4	2,2	-1	0	0,4	FR	25	N
19	27/8/2005	30/8/2005	4	4,1	-10	0	3,0	M	17	N
20	20/7/2006	29/7/2006	10	3,1	-10	0	6,7	M	4	LN
21	9/8/2006	17/8/2006	9	2,4	-5	0	5,4	M	8	LN
22	10/6/2007	16/6/2007	7	2,1	-5	-1	5,1	M	9	LN
23	5/7/2007	10/7/2007	6	2	-5	-1	3,9	M	13	LN
24	19/9/2007	24/9/2007	6	3,2	-13	-1	5,0	M	10	LN
25	18/7/2008	25/7/2008	8	2	-9	0	4,0	M	12	LN
26	26/8/2008	29/8/2008	4	2,1	-11	0	2,8	M	20	LN
		Média	7	3	-7	-1	4,4			
		DisvPad					2,9			

Tabela 1.0 – Casos de EQS sobre o Sudeste do Brasil de junho a setembro de 1989 a 2008. T', U' e P' representam as anomalias médias diárias de temperatura, umidade relativa e precipitação. IS-EQS é o índice de severidade dos EQS, Ranking corresponde ao valor do IS-EQS. O Inten corresponde a intensidade dos eventos cuja letra F, M e F correspondem a forte, moderado e fraco. O ENSO (El Niño Oscilação Sul) está representado pelas letras EN, LN e N que significam El Niño, La Niña e neutro respectivamente.

Aspectos Sinóticos

A evolução dos campos de vento diários para o nível de 850 hPa (figuras não apresentadas) para o período de ocorrência do EQS, sugere a intensificação da alta semi-permanente do Atlântico Sul entre os dias 22 a 29 de setembro de 2004 a qual se comportou como bloqueio atmosférico.

No nível de 200 hPa (figuras não apresentadas) o padrão do escoamento é predominantemente zonal sobre o Sul e Sudeste do Brasil.

A figura 1(a) mostra o campo de anomalia de temperatura para o evento 17 sobre a região Sudeste do Brasil. Observa-se anomalias de 2 a 4 °C para o período sobre o Sudeste Brasileiro. O campo de umidade relativa (figura 1b) mostra anomalias de até -20% sobre a região estudada, o que sugere atuação de uma massa de ar quente e seca sobre esta região. Durante o período deste EQS não houve precipitação conforme pode ser observado na figura 1c.

O campo de anomalia de geopotencial no nível de 500 hPa para o período analisado (figura 1d) mostrou dois núcleos anômalos de 500 mgp centrada sobre o Pacífico Sul (85W – 40S) e outro centrado no Atlântico Sul (15W - 40S). Outro núcleo anômalo com -1500 mgp é observado próximo ao continente Antártico. O padrão do campo de anomalia de geopotencial apresentado sugere a presença de um sistema de alta de bloqueio próximo ao sudeste do Brasil, o qual impede progressão dos sistemas frontais e favorecendo as altas temperaturas e baixos valores de umidade sobre esta região.

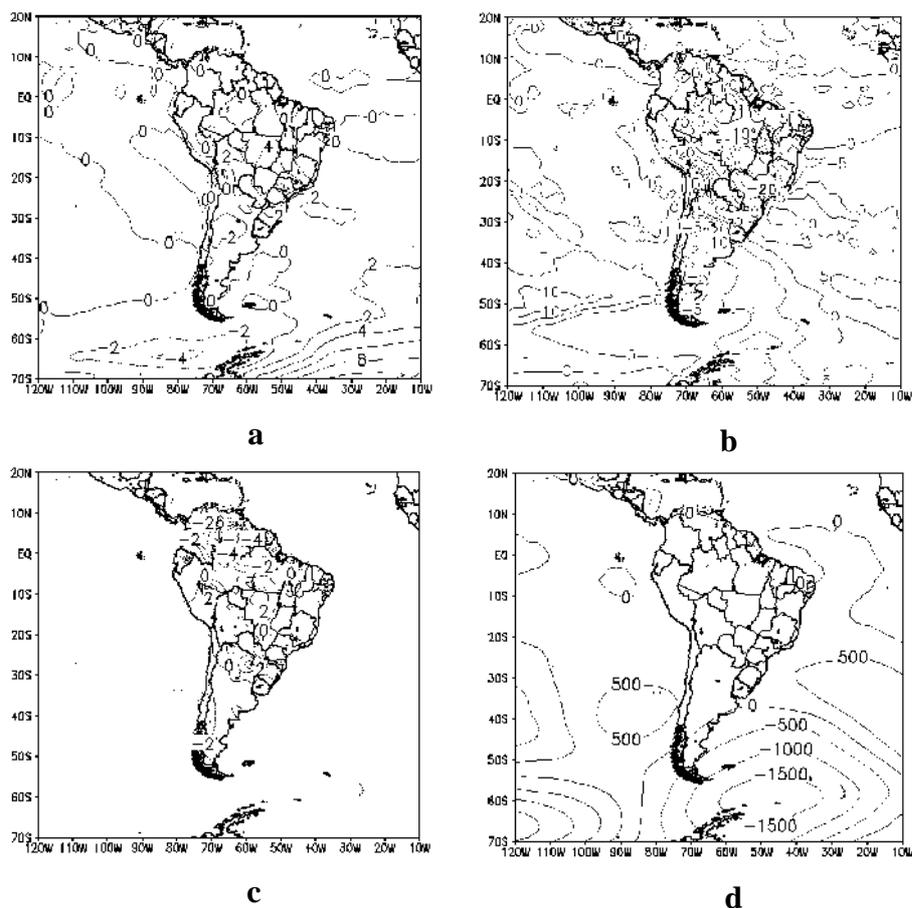


Figura01. (a) Anomalia de temperatura do ar, (b) anomalia de umidade relativa, (c) anomalia de precipitação e (d) anomalia de altura geopotencial para o período de 20 a 30 de setembro de 2004 .

CONCLUSÃO

Os resultados preliminares do estudo de caso mais intenso dos EQS que ocorreu durante o período de 1989 a 2008 sobre o Sudeste do Brasil, mostrou do ponto de vista estatístico anomalia média diária para o período analisado de temperatura do ar e umidade relativa de 3 °C e -13% respectivamente. Este evento apresentou IS-EQS de 13 (adimensional) sendo classificado como forte e ocorreu em ano de El Niño.

Os campos sinóticos analisados mostraram anomalias de temperatura do ar de 2 a 4 °C e umidade relativa de -20% sobre a região de estudo.

O campo de anomalia de geopotencial no nível de 500 hPa para o período analisado (figura 2a) mostrou dois núcleos anômalos de 500 mgp centrada sobre o Pacífico Sul (85w – 40S) e outro centrado no Atlântico Sul (15W - 40S). Outro núcleo de -1500 mgp foi observado próximo ao continente Antártico. O padrão de geopotencial apresentado sobre o Atlântico Sul sugere a presença de um sistema de alta de bloqueio bastante intenso entre a superfície e os níveis médios o qual impediu que os sistemas frontais chegassem ao Sudeste do Brasil mantendo as temperaturas acima do normal.

O entendimento da estrutura atmosférica média destes eventos pode ajudar os meteorologistas operacionais a prever melhor suas ocorrências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SATYAMURTY, P. et al. Regional circulation differences between a rainy episode and a nonrainy episode in eastern São Paulo state in march 2006. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 23, p. 01-12, 2008.

SATYAMURTY, P et al. Warm and dry spells (WDS) in austral winter over central South América. Annales Geophysicae., 25 1049-1069, 2007