

# ESTUDO DAS TENDÊNCIAS DO TOTAL DE PRECIPITAÇÃO E DO NÚMERO DE DIAS PARA EVENTOS EXTREMOS NO LITORAL NORTE, SP

*Graziela Balda SCOFIELD<sup>1,2</sup>*

*Carlos Frederico DE ANGELIS<sup>2</sup>*

*Wilson Cabral de SOUSA JR.<sup>3</sup>*

## Resumo

Eventos extremos de chuvas podem tornar-se mais frequentes, aumentando a possibilidade de desastres naturais, tais como grandes inundações e deslizamento de solos. O interesse da sociedade ocorre devido às possíveis perdas materiais e humanas. Assim, as tendências anual e sazonal do número de dias chuvosos e total de precipitação foram estudadas para vários limiares de taxas diárias de precipitação extrema no Litoral Norte de São Paulo. De acordo com o número de dias de chuva, observou-se que houve um aumento de eventos com taxas maiores ou iguais a 50 mm/dia. Para as taxas maiores que 25,4 mm/dia, houve um provável aumento significativo de ambas as tendências para Maresias/SS, Caraguatatuba e Picinguaba/U para o ano, verão e primavera. De acordo com o número de dias chuvosos, observou-se que houve um aumento provável da tendência em Caraguatatuba para taxas maiores ou iguais a 50 mm/dia no ano e outono. Picinguaba/U apresentou provável aumento significativo das tendências no inverno e ano. No verão, não houve nenhum caso de tendência significativa para 25,4 mm/dia; aumentou significativamente provável em Picinguaba/U e Caraguatatuba para total de precipitação para 50 mm/dia e para ambas as variáveis em Mato Dentro/U, Caraguatatuba e São Francisco/SS para 75 mm/dia.

**Palavras-chave:** Precipitação. Evento extremo. Tendências.

## Abstract

### Study of the trends of precipitation totals and number of rainy days for extreme events in the north shore of São Paulo

Extreme events increase the possibility of natural disasters, such as flashfloods and landslides. The society interest of extreme precipitation events happens due to the possible human and material losses. So, the study of the seasonal and annual trends of number of rainy days and precipitation totals were conducted for several thresholds of daily extreme rainfall rates in North Shore of São Paulo state, Brazil. For raining rates greater than 25 mm/day, there was a probable significant increase of both the trends for Maresias/SS, Caraguatatuba e Picinguaba/U in the year, summer and spring. According to the number of days of rain, it was observed that there was an probable increased in the events in Caraguatatuba for rates greater than or equal to 50 mm/day in the year and fall. Picinguaba/U showed a probable significant increase of the trend in winter and years studied. In summer, there were no cases of significant trend to 25.4 mm/day; significantly probable increased trend in Caraguatatuba and Picinguaba/U for the total precipitation for 50 mm/day and for both trends in Mato Dentro/U, Caraguatatuba and São Francisco/SS for 75 mm/day.

**Key words:** Precipitation. Extreme events. Trends.

<sup>1</sup> Analista de Pesquisa - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN, Rodovia Presidente Dutra, Km 40, 12630-000, Cachoeira Paulista, SP. E-mail: graziela.scotland@cemaden.gov.br

<sup>2</sup> Coordenador de Operações e Modelagem - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN, Rodovia Presidente Dutra, Km 40, 12630-000, Cachoeira Paulista, SP. E-mail: carlos.angelis@cemaden.gov.br

<sup>3</sup> Professor Dr. - Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA, Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias, 12.228-900 - São José dos Campos, SP. E-mail: wilson@ita.br

## INTRODUÇÃO

Uma das principais preocupações da sociedade contemporânea em relação às projeções futuras do clima diz respeito às possíveis mudanças na frequência e na intensidade dos eventos climáticos extremos de curta duração. Ondas de calor, precipitação intensa, enchentes, secas, entre outros extremos climáticos, têm sido motivo de grande interesse dos pesquisadores por causa de seu enorme impacto na população, ocasionando altos custos monetários e, em muitos casos, perdas humanas (NOBRE et al., 2010).

Os desastres naturais podem ser provocados por diversos fenômenos, tais como, inundações, escorregamentos, erosão, terremotos, tornados, furacões, tempestades, estiagem, entre outros. No Brasil, os principais fenômenos relacionados a desastres naturais são derivados da dinâmica externa da Terra, tais como, inundações e enchentes, escorregamentos de solos e/ou rochas e tempestades. Estes fenômenos ocorrem normalmente associados a eventos pluviométricos intensos e prolongados, nos períodos chuvosos que correspondem ao verão na região sul e sudeste e ao inverno na região nordeste. Além da intensidade dos fenômenos naturais, o acelerado processo de urbanização verificado nas últimas décadas, em várias partes do mundo, inclusive no Brasil, levou ao crescimento das cidades, muitas vezes em áreas impróprias à ocupação, aumentando as situações de perigo e de risco a desastres naturais. Além disso, diversos estudos indicam que a variabilidade climática atual, com tendência para o aquecimento global, está associada a um aumento de extremos climáticos. Nesta situação, os eventos de temporais, de chuvas intensas, de tornados ou de estiagens severas, entre outros, podem tornar-se mais frequentes, aumentando a possibilidade de incidência de desastres naturais.

A magnitude e a frequência das inundações ocorrem em função da intensidade e da distribuição da precipitação, da taxa de infiltração de água no solo, do grau de saturação do solo e das características morfológicas e morfológicas da bacia de drenagem. Chuvas intensas e/ou de longa duração favorecem a saturação dos solos, o que aumenta o escoamento superficial e a concentração de água nessas regiões.

Marengo et al. (2007) consideraram que o Sudeste, desde 1940, tem mostrado aumentos sistemáticos na frequência de chuvas intensas, de até quase 58%/100 anos. Carvalho et al. (2002; 2004) considera que em São Paulo observam-se mais eventos extremos de chuvas durante *El Nino*, os quais neste Estado são sensíveis a intensidade Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS.

As cidades situadas no litoral Norte de São Paulo, situado entre a Serra do Mar e o Oceano Atlântico, assim como outras cidades litorâneas, estão sujeitas a fenômenos climáticos que podem provocar deslizamento de encostas e grandes inundações costeiras. Como exemplo de evento extremo na região de estudo, pode-se citar o ocorrido em Caraguatatuba em março de 1967, onde os níveis pluviométricos, de acordo com o posto da Fazenda dos Ingleses, registraram um índice máximo de 851,0 mm, sendo 115,0 mm no dia 17 e 420,0 mm no dia seguinte, não acusando índice maior devido à saturação do pluviômetro. Neste evento, o Rio Santo Antônio, que corta a cidade alargou-se de 10-20 m para 60-80 metros. Ocorreram também vários deslizamentos nas encostas da Serra do Mar, arrastando milhares de árvores e soterrando casas de vários bairros.

No Brasil, vários estudos de tendência da precipitação foram desenvolvidos (BLAIN, 2010 e BERLATO et al., 2007). Blain (2010) mostrou que foram observados indícios de queda no regime de precipitação pluvial em Ubatuba no período de 1978 a 2007. Duek & Ambrizzi (2008) examinaram seis índices de precipitação anual para o estado de São Paulo. Como resultado foi notado que o total anual de precipitação e número de dias com precipitação maiores que 20 mm/dia possuíram maior aumento significativo para o período de 1950-1999. Os autores consideraram que o aumento da precipitação anual total ocorreu devido ao aumento da intensidade de precipitação.

O presente estudo tem como objetivo estudar as tendências de número de dias e total de precipitação para várias taxas de precipitação que são capazes de gerar desastres naturais. Desta forma, foram escolhidas as taxas de 25,4; 50; e 75 mm/dia como limite igual ou inferior de cada série de dados. As tendências de número de dias com chuva e de totais de precipitação para a série de dados com todos os eventos chuvosos foi também calculada com o intuito de verificar qual das faixas ocorreu maior modificação da tendência. Foram utilizados os dados de sete estações meteorológicas localizadas no Litoral Norte do estado de São Paulo para calcular as tendências sazonais e anuais das variáveis estudadas através do emprego do teste Mann-Kendall.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo é o Litoral Norte de São Paulo, que engloba os municípios de Caraguatatuba, Ubatuba, Ilhabela e São Sebastião. Nesta região, a presença da Serra do Mar traz complexidade para o escoamento atmosférico e causa fenômenos como chuvas orográficas, movimento de ar ascendente localizado e forçado, bloqueio das frentes frias ou quentes, entre outras.

Pela classificação climática de Köppen (KÖEPPEN; GEIGER, 1928), Caraguatatuba e Ubatuba são classificados como Af, ou seja, apresenta clima tropical chuvoso, sem estação seca e com a precipitação média do mês mais seco superior a 60 mm. Ilhabela e São Sebastião apresentam classificação Am, clima tropical chuvoso, com inverno seco onde o mês menos chuvoso tem precipitação inferior a 60mm. O mês mais frio tem temperatura média superior a 18°C. Para este estudo, as estações estudadas do Litoral Norte, mostradas na Tabela 1, foram escolhidas por possuírem dados de precipitação no período de 1970 a 1999. No texto, estas foram referenciadas pelo número e/ou nome das estações.

Scofield et al. (2011) observaram que o maior total médio de precipitação ocorreu na estação de Mato Dentro/U, que está situada na Serra do Mar (3100 mm). O município que apresenta o maior total de precipitação no litoral Norte é Ubatuba. Ilhabela e São Francisco/SS apresentaram os menores valores totais médios em torno de 1500 mm, e as restantes das estações estudadas mostraram totais médios entre 2100 e 2500 mm.

As tendências anual e sazonais do número de dias e do total de precipitação acumulado com precipitação maiores ou iguais a 0,3; 25,4; 50; e 75 mm/dia, foram obtidas através do emprego do teste Mann-Kendall para detectar e estimar mudanças nas séries de dados. Com esse intuito, foi testada a hipótese nula ( $H_0$ ), onde as observações são aleatoriamente ordenadas no tempo, contra a hipótese  $H_1$ , onde existe uma tendência monotônica positiva ou negativa.

**Tabela 1 – Localização das estações meteorológicas estudadas (SIGRH, 2011). As abreviaturas SS e U referem-se aos municípios de São Sebastião e Ubatuba, respectivamente**

<i>Estação/ Nome do Município</i>	<i>Altitude</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>
<b>E2-046/ Caraguatatuba</b>	2	23° 38' S	45°26' O
<b>E2-012/ Ilhabela</b>	10	23°47' S	45°21' O
<b>E2-045/ São Francisco/SS</b>	20	23°46' S	45°25' O
<b>E2-124/ Maresias/SS</b>	5	23°47' S	45°33' O
<b>E1-004/ Pinguaba/U</b>	3	23°23' S	44°50' O
<b>E2-009/ Mato Dentro/U</b>	220	23°23' S	45°07' O
<b>E2-122/ Maranduba/U</b>	4	23°32' S	45°14' O



**Figura 1 – Localização da área de estudo e as respectivas estações estudadas**

Para séries temporais com menos de 10 anos de dados, é utilizada a estatística S (GILBERT, 1987), enquanto que a aproximação normal é utilizada para séries com 10 ou mais anos de dados. Neste trabalho, todas as séries possuem em torno de 30 anos de dados, assim foi descrito apenas o teste para a aproximação normal.

O teste estatístico Mann-Kendall (S) é calculado usando a Equação 1:

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

onde  $x_j$  e  $x_k$  são valores anuais nos anos  $j$  e  $k$ , respectivamente, sendo  $j > k$ , e o cálculo de  $\text{sgn}(x_j - x_k)$  é 1, se  $x_j - x_k > 0$ ; ou 0, se  $x_j - x_k = 0$ ; ou -1, se  $x_j - x_k < 0$ .

A presença da tendência estatisticamente significativa é avaliada usando o valor Z. Um valor positivo (negativo) de Z indica uma tendência positiva (negativa). A estatística Z possui uma distribuição normal. Para testar a tendência (teste bicaudal) a um nível de significância  $\alpha$ ,  $H_0$  é rejeitada se o valor absoluto de Z é maior que  $Z_{1-\alpha/2}$ , onde  $Z_{1-\alpha/2}$  é obtido a partir das tabelas de distribuição cumulativa normal.

A planilha eletrônica excel MAKESENS, desenvolvido por Salmi et al. (2002) foi utilizada para a aplicação do teste nos dados de total de precipitação, do número de dias chuvosos nas análises anuais e sazonais.

Obtido o Z, a probabilidade de tendência é calculada e posteriormente é determinado o nível de significância encontrado. Dependendo dos valores de Z e do nível de significância (NS), a tendência foi considerada significativamente negativa ( $NS \leq 0,1$  e  $Z < 0$ ), significativamente positiva ( $NS \geq 0,1$  e  $Z > 0$ ), positiva ( $NS > 0,1$  e  $Z > 0$ ) ou negativa ( $NS < 0,1$  e  $Z < 0$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Mudanças na frequência de ocorrência dos eventos extremos são uma das formas mais significativas pela qual a sociedade sentir as mudanças climáticas. O impacto dos eventos extremos, alguns além da experiência histórica, vai depender da mudança climática e da vulnerabilidade futura (DIAS, 2009). Outro modo de verificar as mudanças climáticas na ocorrência de eventos extremos é estudar a tendência do número de dias e do total de precipitação para várias faixas de chuvas extremas.

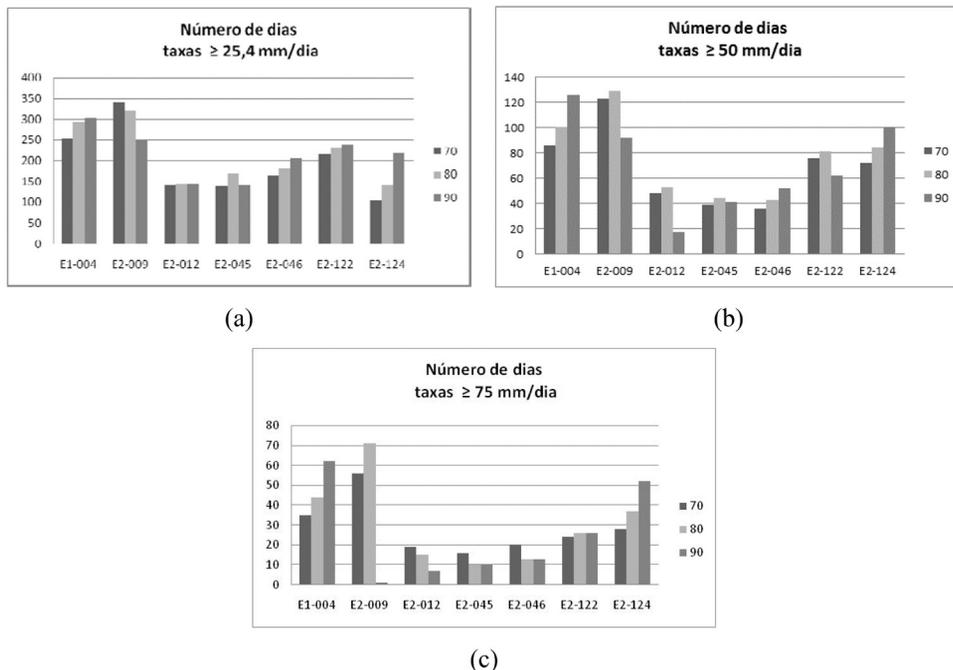
A Figura 2 apresenta o número de dias de intensas chuvas maiores ou iguais a 25,4; 50 e 75 mm/dia, para todas as estações analisadas. Na tabela 2, está mostrando através de setas se houve aumento ( $\uparrow$ ), diminuição ( $\downarrow$ ) ou não variou ( $\rightarrow$ ) no número de dias para essas faixas de intensas chuvas nas décadas de 70 a 90. Pode-se constatar que as estações Picinguaba/U, Caraguatatuba, Maranduba/U e Maresias/SS apresentaram aumento do número de eventos de chuva intensa em todas as faixas estudadas. Observando as estações de Picinguaba/U, Mato Dentro/U, Maranduba/U, notou-se que é o município de Ubatuba onde ocorreu o maior número de eventos de chuva intensa, sendo a Mato Dentro/U responsável por 4 vezes mais chuva acima de 25,4 mm/dia e 5 vezes acima de 50 mm/dia do que as outras 2 estações Maresias/SS e Caraguatatuba. Nobre et al. (2010) também observou que os totais de chuvas acima de 50 mm/dia, praticamente inexistentes antes da década de 50 do século passado, ocorrem comumente de duas a cinco vezes por ano na cidade de São Paulo. A estação de Mato Dentro/U apresentou o maior número de dias de chuva intensa em relação às demais estações. Por outro lado, notou-se que houve a diminuição do número de dias com taxas maiores ou iguais a 25,4 mm/dia da década de 70 para a de 90 e não houve nenhum evento com taxa maior ou igual a 75 mm/dia na década de 90. Outro ponto

interessante a ser comentado foi que as estações de Mato Dentro e Picinguaba apresentaram em média mais de 100 dias por década com taxas maiores ou iguais a 50 mm/dia. Com relação à estação de Ilhabela, verificou-se o menor número de eventos maiores ou iguais a 50 mm/dia, o número de dias quase constante para as taxas maiores ou iguais a 25,4 mm/dia e a diminuição deles para as taxas maiores ou iguais a 75 mm/dia da década de 70 para a de 90. Na década de 80, houve maior número de eventos do as demais décadas para as taxas maiores de 25,4 e 50 mm/dia em São Francisco/SS.

**Tabela 2 - Crescimento (↑), decréscimo (↓) ou sem tendência (→) do número de dias de chuvas intensas para as taxas maiores que 25 mm/dia; 50 mm/dia e 75 mm/dia, nas décadas de 70 a 90**

Estação/ Nome Município	Taxa de precipitação (mm/dia)		
	> 25	> 50	> 75
E1-004/ Picinguaba/U	↑	↑	↑
E2-009/ Mato Dentro/U	↓	→	→
E2-012/ Ilhabela	↑	↓	↓
E2-045/ São Francisco/SS	→	→	↓
E2-046/ Caraguatatuba	↑	↑	↓
E2-122/ Maranduba/U	↑	→	→
E2-124/Maresias/SS	↑	↑	↑

Em Caraguatatuba, houve um crescente número de dias para as taxas maiores que 25,4 e 50 mm/dia da década de 70 para a de 90. Em Maranduba, o número de dias aumentou para 25,4 mm/dia e ficou constante para 75 mm/dia. Houve aumento do número de dias para todas as taxas estudadas em Maresias/SS. As taxas maiores que 75 mm/dia ocorreram com maior frequência em Picinguaba (47 dias), Mato Dentro (43 dias) em Ubatuba e Maresias/SS (39 dias).

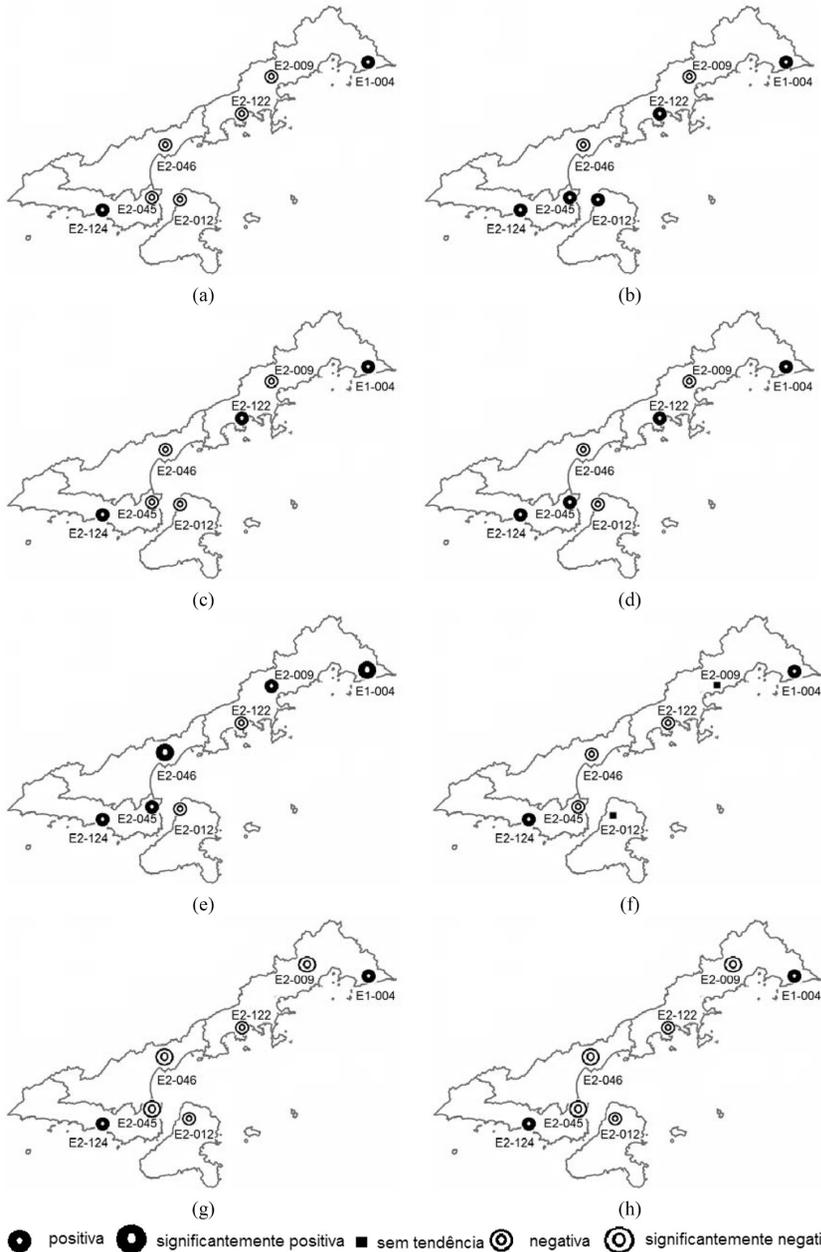


**Figura 2 – Número de dias de chuvas intensas para as estações: (a) Picinguaba/U; (b) Mato Dentro/U; (c) Ilhabela; (d) São Francisco/SS; (e) Caraguatatuba; (f) Maranduba/U e (g) Maresias/SS situadas no litoral Norte de São Paulo**

Apresenta-se a seguir o comportamento sazonal e anual da tendência do total de precipitação e número de dias chuvosos para o litoral Norte do estado de São Paulo.

A figura 3 apresenta respectivamente as tendências do total de precipitação e número de dias chuvosos para as taxas de precipitação maiores ou iguais a 0,3 mm/dia (3(a) e 3(b)); 25,4 mm/dia (3(c) e 3(d)); 50 mm/dia (3(e) e 3(f)) e 75 mm/dia (3(g) e 3(h)), respectivamente, para o verão.

Para as taxas maiores ou iguais a 0,3 e 25,4 mm/dia não houve mudança significativa da tendência em nenhuma estação estudada para ambas as variáveis estudadas. Para as taxas  $\geq 0,3$  mm/dia, enquanto ocorreu diminuição sem significância para a maioria das estações para o total de precipitação, ocorreu o aumento do número de dias chuvosos. Apenas as estações de Maresias/SS e Picinguaba apresentaram aumento não significativo para ambas as variáveis. Para as taxas  $\geq 25,4$  mm/dia, houve aumento sem significância em Maresias/SS, Maranduba/U e Picinguaba/U e diminuição em São Francisco/SS, Caraguatatuba e Mato Dentro/U para as duas variáveis estudadas.



**Figura 3 – Tendência do total de precipitação e número de dias chuvosos com taxas (a, b)  $\geq 0,30$  mm/dia (c, d)  $\geq 25,4$  mm/dia, (e, f)  $\geq 50$  mm/dia, e (g, h)  $\geq 75$  mm/dia, para o verão em todas as estações meteorológicas situadas no Litoral Norte do estado de São Paulo**

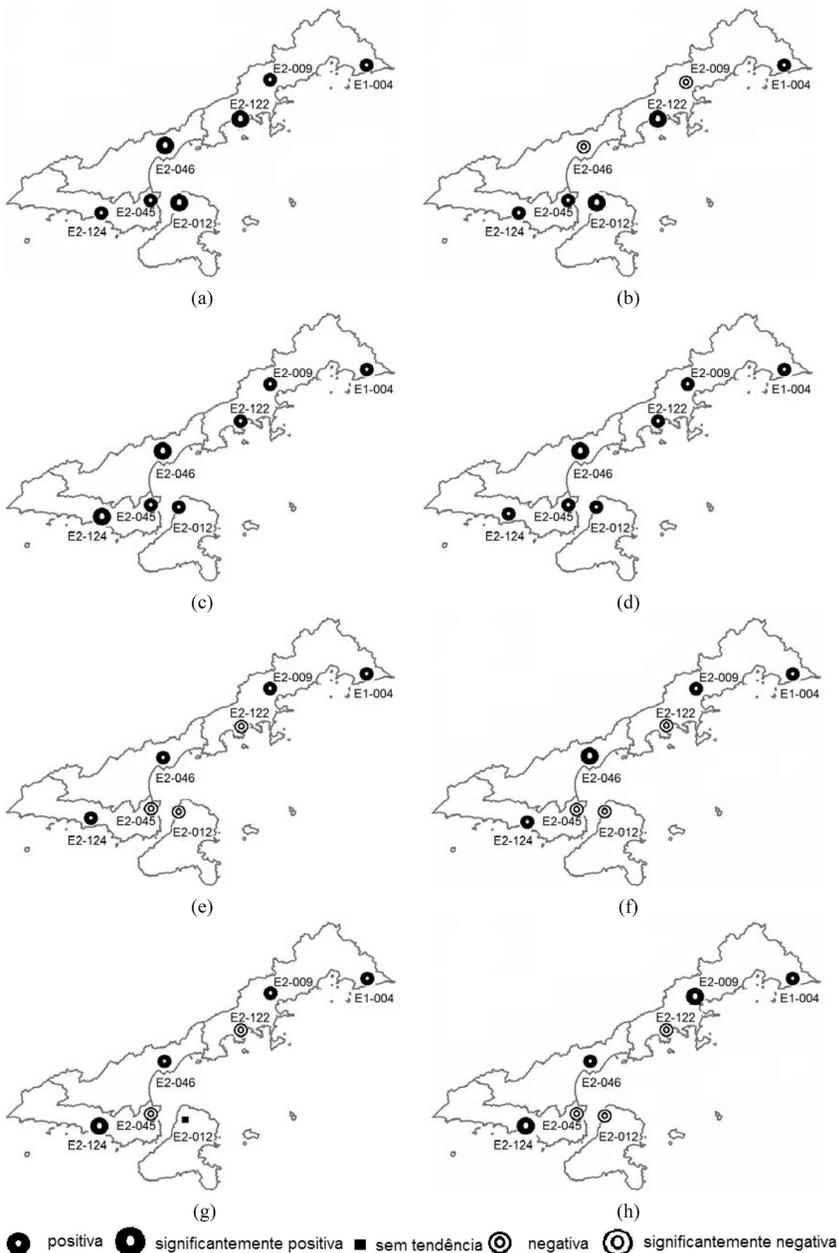
Para as taxas  $\geq 50$  mm/dia, as estações Mato Dentro/U e Ilhabela não apresentaram modificação da tendência e não houve tendências significantes para as estações restantes para número de dias chuvosos. No entanto, as Caraguatatuba e Picinguaba/U apresentaram aumento significativo da tendência para o total de precipitação. Nestes casos, ocorreu possível aumento significativo do total da precipitação sem a ocorrência de tendência significativa para o número de dias. Para as taxas  $\geq 75$  mm/dia, ocorreu à diminuição significativa das tendências de ambas as variáveis para Mato Dentro/U, São Francisco/SS e Caraguatatuba, ou seja, diminuiu o número de dias com consequente diminuição do total de precipitação. Comparando-se as três taxas de chuvas intensas, verificou-se que o aparecimento de tendência negativa para a maioria das estações, com exceção de Maresias/SS e Picinguaba/U.

A figura 4 mostra as tendências do total de precipitação e número de dias chuvosos para as taxas de precipitação maiores ou iguais a 0,3 mm/dia (4(a) e 4(b)); 25,4 mm/dia (4(c) e 4(d)); 50 mm/dia (4(e) e 4(f)) e 75 mm/dia (4(g) e 4(h)), para o outono, respectivamente. Predominantemente, houve aumento de ambas as variáveis para as taxas maiores ou iguais a 0,3 mm/dia, ocorrendo aumento significativo para ambas as variáveis em Maranduba e Ilhabela. Em Caraguatatuba, ocorreu aumento significativo do total de precipitação, mas com diminuição sem significância para o número de dias chuvosos. Para as taxas  $\geq 25,4$  mm/dia, Caraguatatuba apresentou crescimento significativo das variáveis estudadas, e Maresias/SS apresentou aumento significativo do total de precipitação. As tendências das outras estações apresentaram tendência positiva sem significância.

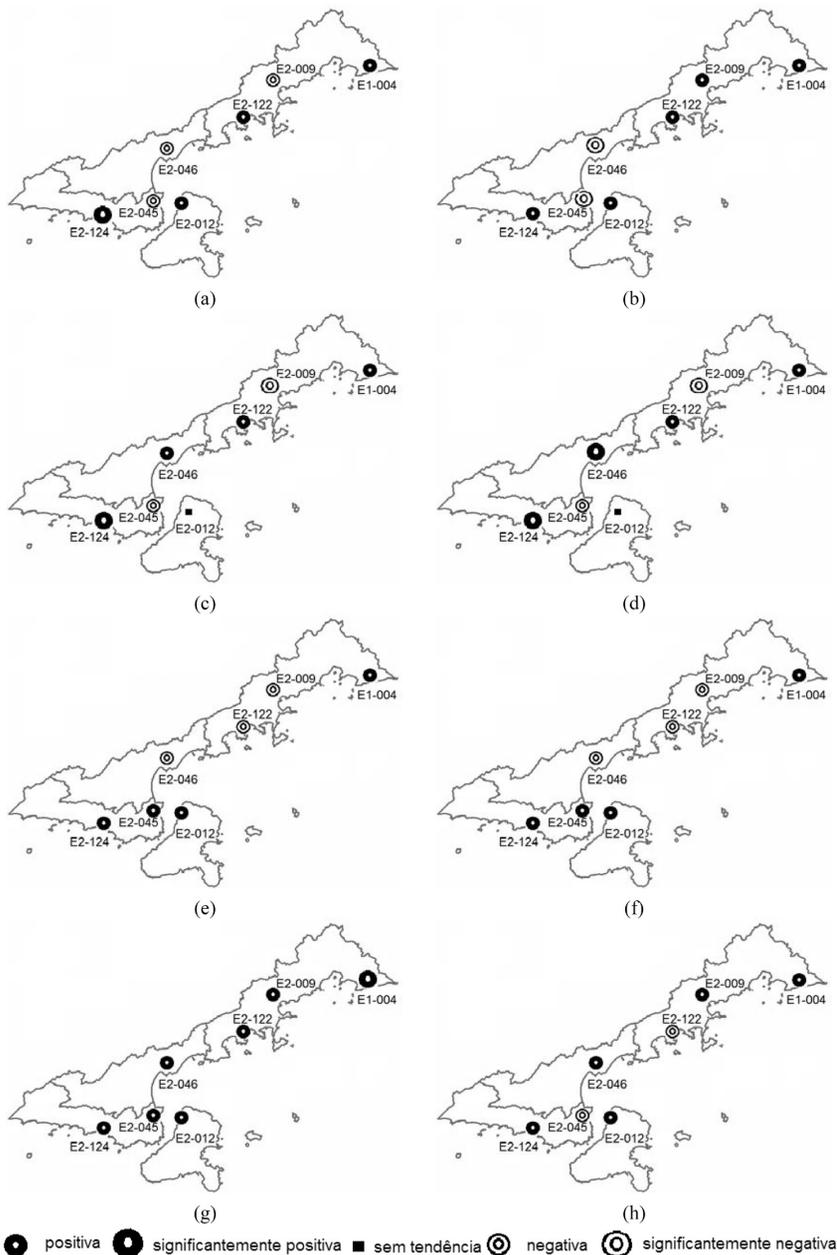
Apenas a tendência do número de dias chuvosos aumentou significativamente para a estação Caraguatatuba, enquanto que para as outras estações não possuíram tendência significativa (sendo negativa em São Francisco/SS, Ilhabela e Maranduba/U) para as variáveis estudadas, para taxas  $\geq 50$  mm/dia. Para taxa  $\geq 75$  mm/dia, houve aumento significativo para Maresias/SS em ambas as variáveis estudadas. O aumento da tendência do número de dias chuvosos foi encontrado para Mato Dentro/U, sem que tenha ocorrido tendência significativa para total de precipitação.

As tendências do total de precipitação e do número de dias chuvosos para as taxas de precipitação para o inverno maiores ou iguais a 0,3 mm/dia (5(a) e 5(b)); 25,4 mm/dia (5(c) e 5(d)); 50 mm/dia (5(e) e 5(f)) e 75 mm/dia (5(g) e 5(h)), estão apresentadas nas Figuras 5.

Para as taxas maiores que 0,3 mm/dia, observou-se que houve provável aumento significativo do total de precipitação sem ocorrer significância em relação ao número de dias chuvosos em Maresias/SS, no entanto houve diminuição significativa do número de dias chuvosos e diminuição sem significância do total de precipitação em Caraguatatuba e São Francisco/SS. Para ambas as variáveis estudadas, a estação de Maresias/SS apresentou tendência significativamente positiva enquanto que Mato Dentro/U apresentou tendência significativamente negativa para as taxas de precipitação  $\geq 25,4$  mm/dia no inverno. Caraguatatuba apresentou aumento significativo apenas para número de dias, com aumento do total de precipitação. Não ocorreu tendência significativa para ambas as variáveis para as taxas  $\geq 50$  mm/dia, e apenas Picinguaba/U apresentou tendência positiva significativa para o total de precipitação para as taxas  $\geq 75$  mm/dia.



**Figura 4 – Tendência do total de precipitação e número de dias chuvosos com taxas (a, b)  $\geq 0,30$  mm/dia (c, d)  $\geq 25,4$  mm/dia, (e, f)  $\geq 50$  mm/dia, e (g, h)  $\geq 75$  mm/dia, para o outono em todas as estações meteorológicas situadas no Litoral Norte do estado de São Paulo**



**Figura 5 – Tendência do total de precipitação e número de dias com taxas (a, b)  $\geq 0,30$  mm/dia (c, d)  $\geq 25,4$  mm/dia, (e, f)  $\geq 50$  mm/dia, e (g, h)  $\geq 75$  mm/dia, para o inverno em todas as estações meteorológicas situadas no Litoral Norte do estado de São Paulo**

Na figura 6, estão dispostas as tendências do total de precipitação e número de dias chuvosos para as taxas de precipitação maiores ou iguais a 0,3 mm/dia (6(a) e 6(b)); 25,4 mm/dia (6(c) e 6(d)); 50 mm/dia (6(e) e 6(f)) e 75 mm/dia (6(g) e 6(h)), respectivamente, para a primavera.

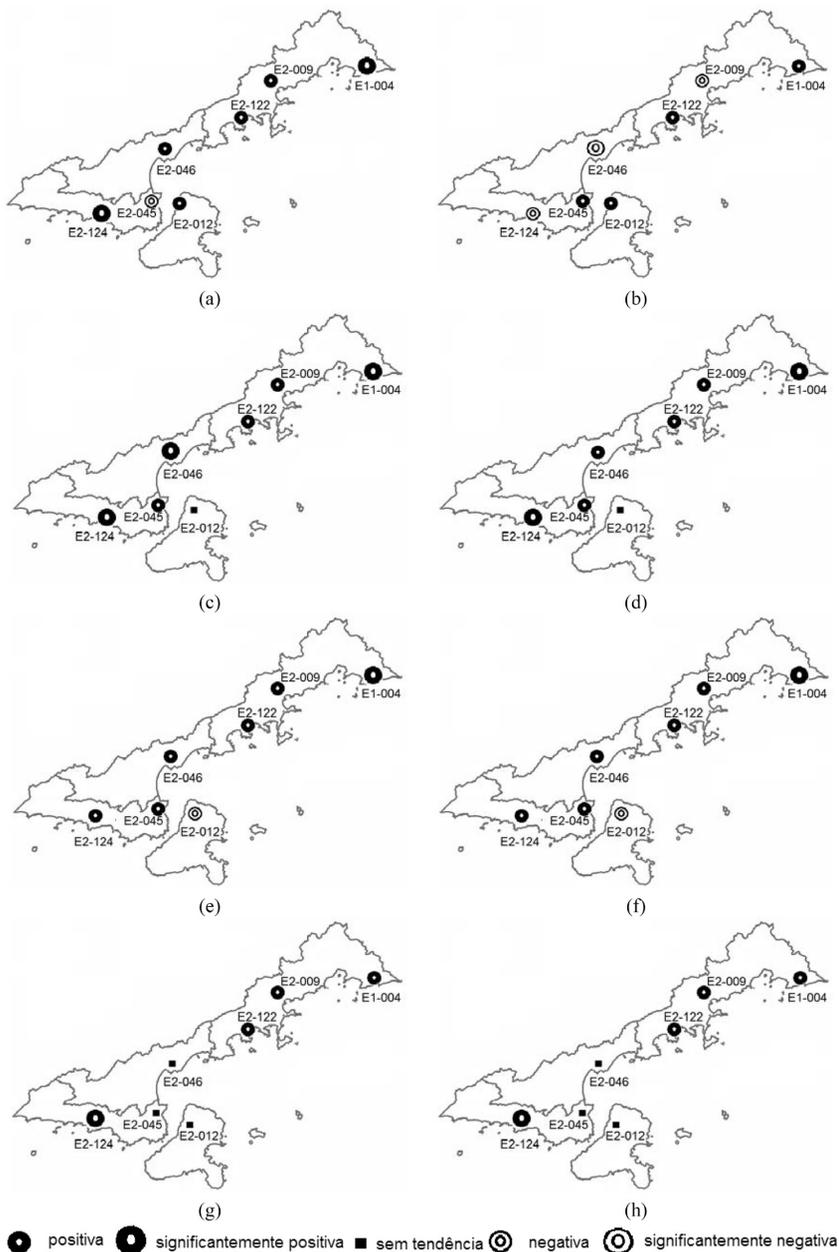
As tendências das taxas maiores ou iguais a 0,3 mm/dia apresentou aumento significativo em Picinguaba/U e Maresias/SS para o total de precipitação, mas sem significância para o número de dias, por outro lado houve diminuição significativa do número de dias para Caraguatatuba. Para as taxas  $\geq 25,4$  mm/dia, ocorreu aumento da tendência, sendo significativa para Maresias/SS e Picinguaba/U para ambas as variáveis estudadas, ou seja, aumentou o número de dias e com isso aumentou o total de precipitação.

Para as taxas  $\geq 50$  mm/dia, a estação de Picinguaba/U apresentou tendência significativa positiva para o número de dias e o total de precipitação, enquanto que as tendências das estações restantes aumentaram não significativamente, exceto para São Francisco/SS que diminuiu para ambas as variáveis estudadas.

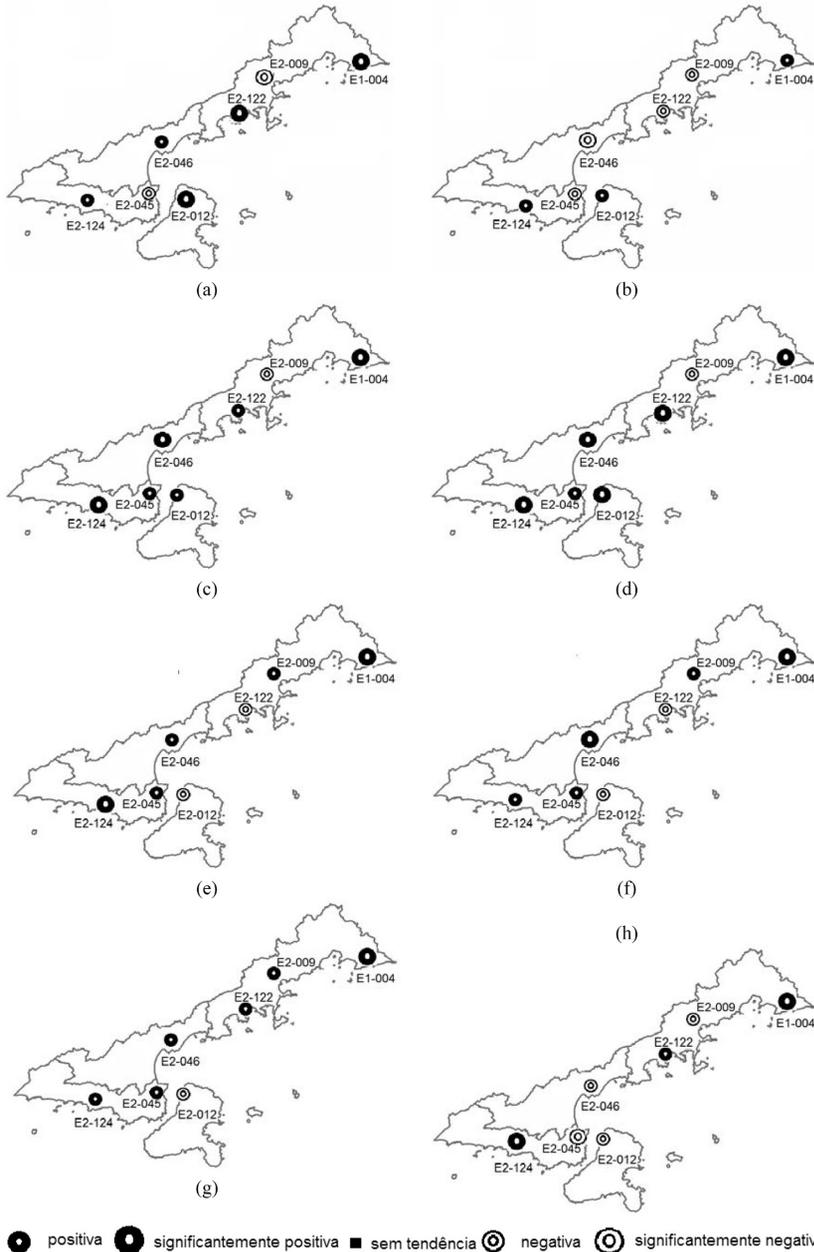
Houve aumento significativo para a Maresias/SS, para ambas as variáveis estudadas para as taxas  $\geq 75$  mm/dia. As estações restantes apresentaram tendência positiva exceto em Caraguatatuba e Ilhabela que não apresentaram tendência para ambas as variáveis estudadas.

A figura 7 mostra as tendências do total de precipitação e número de dias chuvosos para as taxas de precipitação maiores ou iguais a 0,3 mm/dia (7(a) e 7(b)); 25,4 mm/dia (7(c) e 7(d)); 50 mm/dia (7(e) e 7(f)) e 75 mm/dia (7(g) e 7(h)), para a análise anual. Para taxas  $\geq 0,3$  mm/dia, houve aumento significativo para Maresias/SS, Picinguaba/U, Ilhabela e Maranduba/U, enquanto que apenas Mato Dentro apresentou tendência significativa negativa do total de precipitação. Com relação ao número de dias, Caraguatatuba foi à única estação onde ocorreu diminuição significativa do número de dias. Anualmente, ocorreu aumento simultâneo das tendências das variáveis estudadas para as estações Picinguaba/U, Caraguatatuba e Maresias/SS. As estações Ilhabela e Maranduba/U apresentaram aumento significativo do número de dias chuvosos sem a ocorrência de modificação significativa do total de precipitação para taxas  $\geq 25$  mm/dia.

Para taxas  $\geq 50$  mm/dia, o aumento significativo ocorreu para a Picinguaba/U para ambas as variáveis, para a Caraguatatuba para número de dias e para a Maresias/SS para total de precipitação. As estações Ilhabela e Maranduba /U apresentaram diminuição não significativa para ambas as variáveis. Por outro lado, a estação Picinguaba/U apresentou tendência significativa positiva para ambas as variáveis para as taxas  $\geq 75$  mm/dia. Notou-se que houve aumento significativo em Maresias/SS e diminuição significativa em São Francisco/SS para o número de dias, com aumento sem significância do total de precipitação.



**Figura 6 – Tendência do total de precipitação e número de dias com taxas (a, b)  $\geq 0,30$  mm / dia (c, d)  $\geq 25,4$  mm / dia, (e, f)  $\geq 50$  mm / dia, e (g, h)  $\geq 75$  mm / dia, para o primavera em todas as estações meteorológicas situadas no Litoral Norte do estado de São Paulo**



**Figura 7 – Tendências do total de precipitação e número de dias com taxas (a, b)  $\geq 0,30$  mm (c, d)  $\geq 25,4$  mm/dia, (e, f)  $\geq 50$  mm/dia, e (g, h)  $\geq 75$  mm/dia, para o ano em todas as estações meteorológicas situadas no Litoral Norte do estado de São Paulo**

## CONCLUSÕES

Foi realizado o estudo das tendências de número de dias e do total de precipitação para vários intervalos de taxa de precipitação com dados de 30 anos das sete estações pluviométricas no Litoral Norte de São Paulo. Mato Dentro é a estação que tem maior frequência de dias com taxas maiores que 25,4 mm/dia para as décadas de 70 e 80.

O município de Ubatuba, analisadas as estações de Picinguaba/U, Mato Dentro/U, Maranduba/U, ocorreu o maior número de dias de chuva intensa para as décadas de 70, 80 e 90. Pode-se constatar que as estações Picinguaba/U, Caraguatatuba, Maranduba/U e Maresias/SS apresentaram aumento do número de dias de chuva intensa em todas as faixas de taxas de precipitação estudadas. A análise do número de dias de chuvas intensas maiores ou iguais a 25,4 mm/dia mostrou que as estações de Picinguaba/U, Maranduba/U, Caraguatatuba e Maresias/SS apresentaram aumento do número de dias chuvosos para as décadas de 70, 80 e 90. Notou-se também que Picinguaba/U e Maresias/SS foram às estações que evidenciaram aumento nos números de dias chuvosos para todas as taxas estudadas.

Com relação ao comportamento sazonal e anual da tendência do total de precipitação e número de dias chuvosos para o litoral Norte do estado de São Paulo, houve um provável aumento significativo de ambas as tendências para as taxas maiores que 25 mm/dia, para Maresias/SS, Caraguatatuba e Picinguaba/U para o ano, verão e primavera. De acordo com o número de dias de chuva, observou-se que houve um aumento da tendência dos eventos em Caraguatatuba para taxas maiores ou iguais a 50 mm/dia no ano e outono. Em Picinguaba/U, foi verificado um aumento significativo das tendências estudadas no inverno e ano. No verão, não houve nenhum caso de tendência significativa para taxas maiores que 25,4 mm/dia. Por outro lado, observou-se um aumento significativamente da tendência para total de precipitação em Picinguaba/U e Caraguatatuba para taxas maiores que 50 mm/dia e para o total de precipitação e número de dias chuvosos em Mato Dentro/U, Caraguatatuba e São Francisco/SS para taxas maiores que 75 mm/dia. Para verificação da existência de tendência para chuvas extremas, outros parâmetros devem ser estudados, como a temperatura máxima, mínima e média, além da pressão atmosférica da área de estudo.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi possível devido ao suporte financeiro da CAPES (nº 417/10).

## REFERÊNCIAS

BLAIN, G.C. Tendência e variações climáticas em séries anuais de precipitação pluvial do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.69, n.3, p.765-770, 2010.

BERLATO, M.A. et al. Tendência observada da precipitação pluvial anual e estacional do estado do Rio Grande do Sul e relação com a temperatura da superfície do mar do Oceano Pacífico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15, Aracaju, 2007. **Anais...** Campinas: SBA, 2007. CD-ROM.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. Extreme precipitation events in Southeast South America and large-scale convective patterns in the South Atlantic convergence zone. **Journal of Climate**, v.15, p.2377-2394, 2002.

CARVALHO, L. M. V. The South Atlantic convergence zone: intensity, form, persistence, relationships with intraseasonal to interannual activity and Extreme Rainfall. **Journal of Climate**, v.17, p. 88-108, 2004.

DIAS, M. A. F. S. Eventos extremos e adaptação. In: RISCOS DESASTRES NATURAIS E ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS, São Paulo, 2009. Disponível em: <[http://www.iea.usp.br/mo/riscosmudacasclimaticasmariassuncao dias.pdf](http://www.iea.usp.br/mo/riscosmudacasclimaticasmariassuncao%20dias.pdf)>. Acesso em: 2 dez. 2011.

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

GILBERT, R.O. **Statistical methods for environmental pollution monitoring**. New York : Van Nostrand Reinhold, . 1987. 336 p.

KÖEPPEN, W. P.; GEIGER, R. Das geographische system der klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Handbuch der Klimatologie**. Berlin: Borntrager, v.1, 1936.

MARENGO, J.A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília: MMA, 2007. 212 p. Disponível em: <[http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod\\_probio/Livro2\\_completo.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod_probio/Livro2_completo.pdf)>. Acesso em: 05 nov. 2011.

NOBRE, C.A. et al. **Vulnerabilidade das megacidades brasileiras às mudanças climáticas**: região metropolitana de São Paulo. Disponível em: <<http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/publicacoes.shtml>>. Acesso em: 20 out. 2011.

SALMI, T. et al. **Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall Test and Sens's slope estimates – the Excel template applications MAKESENS**. Helsinki: Finnish Meteorological Institute, 2002, 35p.

SCOFIELD, G. B.; ANGELIS, C. F.; SOUSA JUNIOR, W. C. Estudo das tendências do total de precipitação e do número de dias para eventos convectivos no Litoral Norte, SP. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 4., João Pessoa, 2011. **Anais eletrônico...** 2011. Disponível em: <<http://www.sic2011.com/sic/arq/60189253474666018925347.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS DO ESTADO DE SÃO PAULO (SigRH). Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhtm.exe/plu>>. Acesso em: 1 out. 2010.

Recebido em dezembro de 2012

Revisado em agosto de 2013

Aceito em outubro de 2013