

# TENDÊNCIAS DAS CHUVAS INTENSAS NO ESTADO DE SANTA CATARINA NO PERÍODO DE 1929 - 2010

*Adilson Pinheiro<sup>1</sup> & Regina Luiza Gouvea Graciano<sup>2</sup>*

**RESUMO** --- Nos últimos anos tem sido evidenciada a ocorrência de mudanças climáticas no planeta, com consequências sobre os fenômenos meteorológicos. Entre estes fenômenos destaca-se a precipitação, associada a valores extremos. Neste contexto, este trabalho teve por objetivo avaliar as tendências das chuvas intensas no estado de Santa Catarina. Foram analisadas as séries temporais de cinco estações pluviométricas, distribuídas ao longo do estado, com registros diários de precipitação. As séries completas foram desagregadas, em séries parciais com comprimento de 30 anos cada. As séries completas e parciais foram tratadas com a distribuição de probabilidade de Gumbel. As precipitações máximas diárias com período de retorno de 100 anos obtidas com as séries parciais apresentam tendência de crescimento em 3 das 5 estações. A comparação entre as precipitações mostra que a última série parcial apresenta valor superior ao da série completa em 4 das 5 estações, com variação de até 13%.

**ABSTRACT** --- In recent years there has been evidence of global climate change, with effect on meteorological phenomena. Among these phenomena highlights the precipitation associated with extreme values. In this context, this study aimed to evaluate the trends on intense rainfall in the state of Santa Catarina. We analyzed the time series of five rain gauge stations distributed throughout the state, with daily records of precipitation. The complete series was disaggregated in partial series with a length of 30 years each. On the complete and partial temporal series were treated with the probability distribution of Gumbel. The maximum daily rainfall with a return period of 100 years obtained from the partial series has trend growing in three of five stations. A comparison of rainfall shows that the last part series presents valuable than the entire series in four of five stations, ranging up to 13%.

**Palavras-chave:** Mudanças climáticas, eventos extremos de precipitação.

---

<sup>1</sup> Doutor, professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Regional de Blumenau, rua São Paulo, 3250, 89030/000, Blumenau, SC. E-mail pinheiro@furb.br

<sup>2</sup> Licenciada em Geografia, mestranda em Engenharia Ambiental – FURB. Bolsista CAPES. E-mail: regina.graciano@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

A detecção de mudanças climáticas resultantes de mudanças naturais e humanas é um dos temas muito discutidos nos últimos tempos. Desde a década de 1980, tornou-se relevante o desenvolvimento estudos relacionados a mudanças climáticas. Em 1988, foi estabelecido o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change). O IPCC é uma vasta rede de cientistas dedicados à avaliação do conhecimento científico sobre mudança climática e suas ligações com a sociedade humana (Marengo, 2001, IPCC, 2001a, b).

O IPCC tem divulgado os resultados sobre o aquecimento global provocado pelo lançamento excessivo de gases de efeito estufa, no qual se destacam dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Estima-se que a alteração na concentração atmosférica dos gases de efeito estufa poderá desencadear um aumento na temperatura média do planeta entre 1,8 e 4,0 °C nas próximas décadas, assim como um acréscimo da precipitação entre 10 e 15%.

Dentre as variáveis climáticas, Párraga (2002) aponta a precipitação como a variável que impacta direta e significativamente a humanidade, e suas variações e freqüentes mudanças resultam em repercussões econômicas, ambientais, sociais e políticas.

As mudanças nos padrões de precipitação podem promover alterações nas freqüências de ocorrências de chuvas intensas, de curta duração, cujos resultados são importantes no dimensionamento de drenagem urbana. As relações intensidade-duração-freqüência (IDF) têm sido estabelecidas com base nas séries históricas de precipitações máximas diárias anuais (Back, 2002 e Nerilo et al., 2002). Se as mudanças climáticas alterarem os padrões de precipitações, essas relações IDF poderão ser afetadas. Assim, este trabalho tem por objetivo avaliar a evolução temporal das precipitações máximas diárias anuais no estado de Santa Catarina, relacionando-as com as curvas de intensidade-duração-freqüências.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi o estado de Santa Catarina, o qual se caracteriza pela distribuição de precipitação durante o ano todo, ocorrendo em grande parte das situações devido aos Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) e aos Sistemas Frontais (SF).

As séries históricas de precipitação utilizadas neste estudo foram acessadas no Portal do Sistema de Informações de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas ([www.ana.gov.br/portalsnirh](http://www.ana.gov.br/portalsnirh)). Foram selecionadas cinco estações pluviométricas que estão em funcionamento, apresentam séries contínuas, com mais de 50 anos de dados e com falhas contínuas

inferior a 12 meses. A adoção da extensão superior a 50 anos está relacionada ao tempo necessário para determinar uma mudança significativa na dinâmica climatológica, conforme recomenda a Organização Mundial de Meteorologia para estudos climáticos (RAMOS et al., 2010). Quanto maior a série temporal usada na análise de frequência, maior será a confiabilidade das estimativas feitas.

As estações selecionadas apresentam períodos variáveis de dados, compreendendo o período de 1929 a 2010. Na figura é mostrada a distribuição espacial das estações no estado de Santa Catarina e na Tabela 1 são apresentados os códigos, nomes, coordenadas geográficas e período das séries selecionadas.

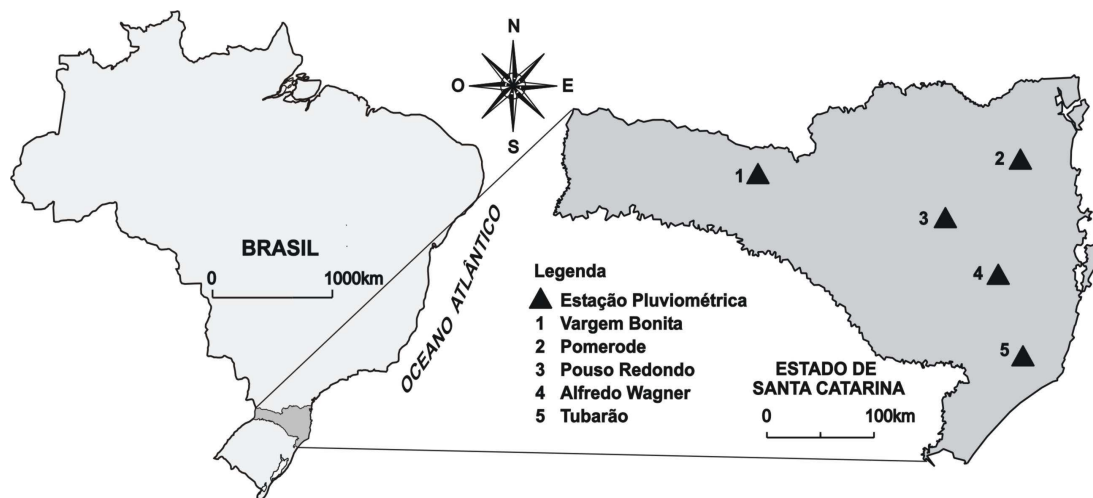


Figura 1: Distribuição espacial das estações meteorológicas do estado de Santa Catarina

Tabela 1. Localização e período de operação das estações meteorológicas.

CÓDIGO	ESTAÇÕES	LATITUDE (°)	LONGITUDE (°)	PERÍODO
2649002	Pomerode	-26,7356	-49,1703	1929-2010
2651001	Vargem Bonita	-26,8733	-51,7964	1943-2010
2749006	Pouso Redondo	-27,2572	-49,9408	1941-2010
2749007	Alfredo Wagner	-27,7306	-49,3828	1941-2010
2849000	Tubarão	-28,4194	-49,1067	1943-2010

Os sinais de curto e longo período constituem parte integrante da variabilidade do sistema climático, podem estar associadas ao processo de mudanças climáticas. Assim, torna-se relevante averiguar séries temporais de longo tempo incluindo os sinais interanuais e interdecadais (média móvel de 30 anos), responsáveis pelo acréscimo ou decréscimo de precipitação observada em várias regiões do mundo, inclusive na região Sul do Brasil. Segundo Streck (2009) estes sinais tornam-se mais nítidos quando suavizados. Quanto mais termos forem incluídos na série, maior será a filtração dos pontos, evidenciando tendências nas séries de dados mesmo com uma análise puramente gráfica.

Deste modo, as séries temporais completas de precipitação foram decompostas em séries parciais com comprimento de 30 anos. As séries parciais são sucessivas, de modo que uma série completa de n anos permite formar n-30 séries parciais. Para cada série parcial foram determinados os parâmetros estatísticos e aplicadas as distribuições de probabilidade. A evolução de temporal de cada estação é analisada a partir dos valores extraídos para cada série parcial.

Com as séries históricas dos valores máximos diários anuais de precipitação, foi aplicada a distribuição de probabilidade de extremo tipo I, conhecida como distribuição de Gumbel. Sansigolo (2008) analisou o ajuste de diferentes distribuições de extremos em séries históricas longas dos máximos anuais de precipitação diária, das temperaturas máximas e mínimas absolutas e da velocidade instantânea dos ventos registrada na estação meteorológica de Piracicaba-SP. Ele constatou que as precipitações máximas anuais diárias foram melhor ajustadas pela distribuição de Gumbel. Segundo o autor, a distribuição de Gumbel é a mais adequada para descrever e extrapolar extremos de precipitação diária para longos períodos de retorno. Do mesmo modo, Eltz et al (2002) aplicaram as distribuições lognormal 2, lognormal 3, log-Pearson tipo III, extrema tipo I e extrema tipo III nas séries de precipitação máximas diárias anuais. Observaram que a distribuição de Gumbel foi a única a apresentar resultados satisfatórios.

Tendo-se os parâmetros estatísticos das séries parciais de precipitações máximas diárias anuais e estabelecido o período de retorno (TR), a precipitação máxima provável (PMP) para a frequência de excedência pode ser determinada pela expressão:

$$PMP = \mu - \frac{1}{\alpha} \left( \ln \left( - \ln \left( 1 - \frac{1}{TR} \right) \right) \right) \quad (1)$$

sendo

$$\mu = \bar{x} - 0.451 s \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{1.2826}{s} \quad (3)$$

As distribuições de probabilidade foram aplicadas no sentido de determinar as precipitações máximas diárias, mensais e anuais para período de retorno de 100 anos. Assim, para cada série parcial foi obtido um valor da precipitação com esta frequência de excedência. A partir dos valores obtidos em cada série parcial, verifica-se a evolução temporal das estimativas da precipitação, de modo a demonstrar eventuais mudanças nos padrões climáticos para as estações pluviométricas analisadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta as precipitações médias e os desvios padrões dos totais anuais para as estações pluviométricas de Pomerode, Vargem Bonita, Pouso Redondo, Alfredo Wagner e Tubarão. As precipitações médias anuais variam entre  $1296,9 \pm 329,00$  mm (estação Tubarão) e  $1854,1 \pm 221,4$  mm (estação Vargem Bonita). A primeira estação localiza-se na região sul, enquanto a segunda na região oeste do estado de Santa Catarina.

Campos, Alves e Braga (2010) analisaram a distribuição diária da temperatura média do ar, das temperaturas extremas, máxima e mínima e da precipitação em estações meteorológicas monitoradas pela EPAGRI/CIRAM no estado de Santa Catarina, no período de 1911-2006, através da análise de tendência linear e da distribuição diária. A conclusão dos autores aponta para um forte aquecimento da temperatura do ar (com destaque o aquecimento mais intenso da temperatura mínima) e para um aumento dos totais anuais de precipitação ao longo dos anos no estado.

**Tabela 2 – Precipitações anuais do período**

<b>Estação</b>	<b>Período</b>	<b>Precipitação Média anual (mm)</b>	<b>Desvio padrão anual (mm)</b>
Vargem Bonita	1944-2005	1854,1	221,4
Tubarão	1940-2006	1296,9	329,0
Pouso Redondo	1941-2004	1459,4	211,0
Pomerode	1930-2005	1787,6	294,6
Alfredo Wagner	1941-2006	1563,5	30,1

As figuras 2A a 2E apresentam a evolução das precipitações máximas determinadas com período de retorno de 100 anos, a partir das séries parciais com comprimento de 30 anos. Nota-se que das 5 estações pluviométricas analisadas, 3 apresentaram tendências de aumento das precipitações máximas diárias enquanto 2 apresentaram evoluções decrescentes. As inclinações das curvas de tendências de decréscimos variaram pouco, estando compreendidas entre 0,42 e 0,479. Para os acréscimos as inclinações de acréscimos são mais elevadas, variando entre 0,409 e 1,79.

As tendências de decréscimo ou acréscimo da linha de tendências de precipitações máximas diárias com períodos de retorno de 100 anos indicam a ocorrência de não estacionariedade das séries temporais. Assim a adoção de um valor da série completa no processo de discretização da precipitação máxima diária anual pode subestimar ou superestimar as intensidades de curta duração. A tabela 3 apresenta os valores das precipitações máximas diárias com período de retorno de 100 anos, obtidas com a série completa e com a última série parcial, cujo comprimento é de 30 anos. Nota-se que a variação entre dois valores pode ser superior a 13%. Por outro lado, a linha de

tendência decrescente não implicou em variação negativa, como pode ser observado para a estação pluviométrica de Pomerode.

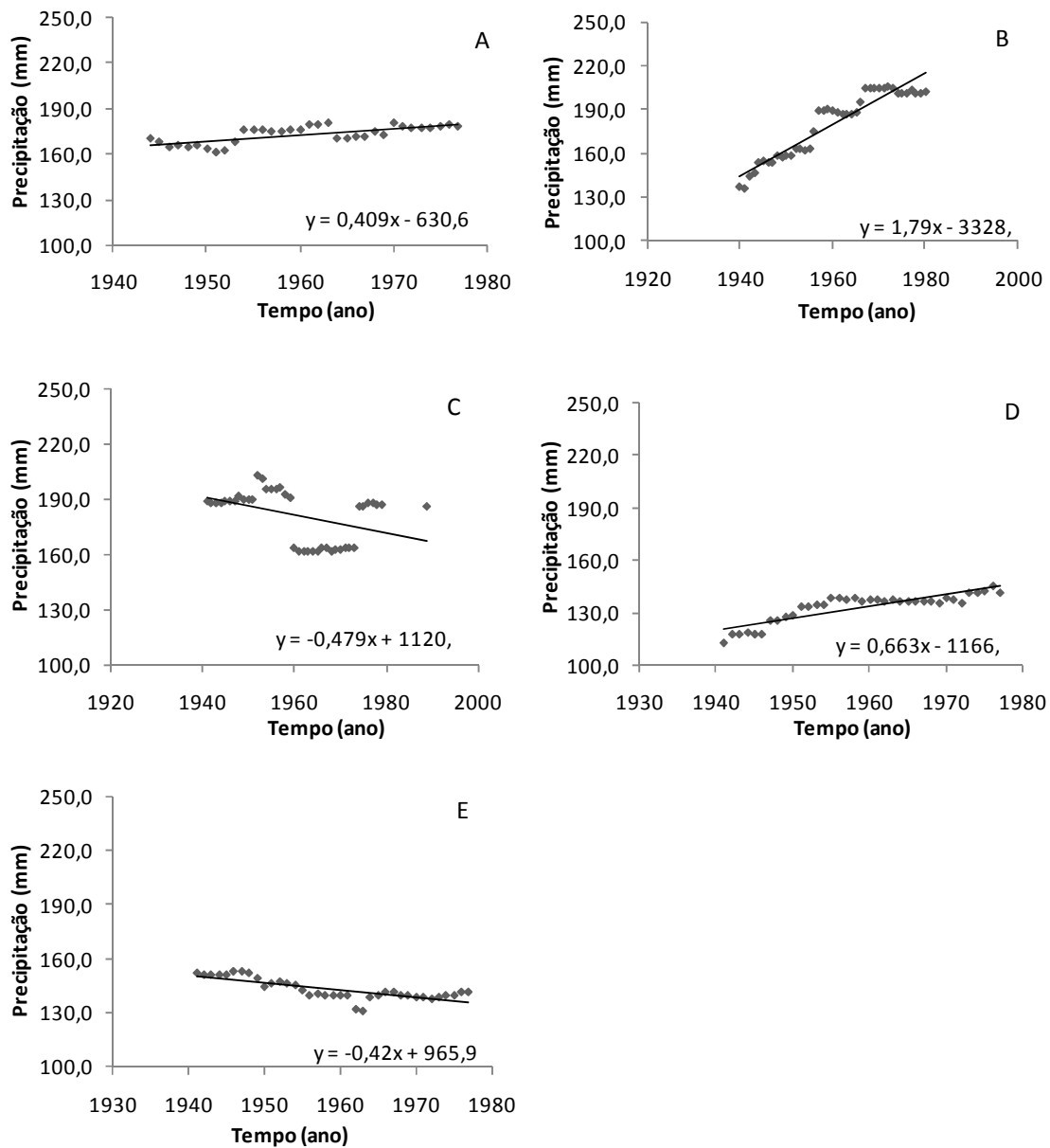


Figura 2. Precipitações diárias com período de retorno de 100 anos para a estação de A) Vargem Bonita, B) Tubarão, C) Pomerode, D) Pouso Redondo e E) Alfredo Wagner.

Tabela 3 – Precipitações máximas diárias com período de retorno de 100 anos (mm).

Estação	Série completa	Última série parcial	Variação (%)
Vargem Bonita	173,8	179,2	3,11
Tubarão	178,8	202,1	13,03
Pouso Redondo	133,3	141,7	6,30
Pomerode	182,0	182,3	0,16
Alfredo Wagner	144,5	141,6	-2,01

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos pela aplicação da distribuição de Gumbel das séries completas e parciais de estações pluviométricas localizadas no estado de Santa Catarina mostra que as precipitações máximas diárias com período de retorno de 100 anos, obtidas com as séries parciais, apresentam tendência de crescimento em 3 das 5 estações. Além disto, a comparação entre as precipitações mostra que a última série parcial apresenta valor superior ao da série completa em 4 das 5 estações, com variação de até 13%. Esses resultados demonstram que a discretização das chuvas intensas a partir de valores máximos diários anuais deve considerar a tendência de aumento nos valores estatísticos das séries temporais.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao MCT/FINEP/AÇÃO TRANSVERSAL - Previsão de Clima e Tempo 04/2008, convênio 1406/08, projeto 01.08.0568.00 pelo financiamento da pesquisa e a CAPES pela bolsa de mestrado.

## REFERÊNCIAS

- BACK, A. J. (2002) “*Chuvas Intensas e chuva de projeto de drenagem superficial no Estado de Santa Catarina, Florianópolis*”, EPAGRI, 65 pp. (EPAGRI, Boletim Técnico, 123).
- CAMPOS, C.; ALVES, R.; BRAGA, H. J. (2006) “*Análise climática da variabilidade da precipitação e da temperatura do ar no estado de Santa Catarina*” in Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Florianópolis, 2006.
- ELTZ, F. L. F.; REICHERT, J. M.; CASSOL, E. A. (1992) “*Período de retorno de chuvas em Santa Maria, RS*”. Revista Brasileira Ciência do Solo, v. 16, pp. 265-269.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC (2001a) Climate Change 2001: The Scientific Basis-Contribution of Working Group 1 to the IPCC Third Assessment Report. Cambridge Univ.Press.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC (2001b) Climate Change 2001: “*Impacts, Adaptation and Vulnerability- Contribution of Working Group 2 to the IPCC Third Assessment Report*”. Cambridge Univ. Press.

- MARENGO, J. (2001) “*Mudanças climáticas globais e regionais: Avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro*”. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 16, pp. 1-18.
- NERILO, N.; MEDEIROS, P.A.; CORDERO, A. (2002) “*Chuvas intensas no estado de Santa Catarina. Florianópolis*”, Ed. UFSC, 156 p.
- PÁRRAGA, G. P. O. (2002) “*Dinâmica da variabilidade climática da precipitação sobre a América do Sul*”. Tese (doutorado). São José dos Campos: INPE.
- RAMOS, M. A.; FORTES, L.T.G.; SANTOS, L.A.R. et al. (2010) “*Revisão das Normais Climatológicas do Brasil para o Período 1961-1990: Procedimentos de Cálculo e Produto Final*” in Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém, 2010.
- SANSIGLO, C. A. (2008) “*Distribuição de extremos de precipitação diária, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento em Piracicaba, SP (1917-2006)*”. Revista Brasileira de Meteorologia, v.23, n.3, pp. 341-346.
- STRECK, N. A. (2009) “*Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a Oscilação Decadal do Pacífico*”. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 44, n.12, pp. 1553-1561.