

Tendências Observadas e Projeções Futuras de Extremos Climáticos na Cidade do Rio de Janeiro

Wanderson Luiz Silva¹, Claudine Dereczynski¹, Chou Sin Chan²

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

E-mails: wanderweather@gmail.com, claudine@acd.ufrj.br, chou.sinchan@cptec.inpe.br

RESUMO: Neste trabalho são analisadas as tendências dos indicadores de extremos climáticos de duas estações meteorológicas do INMET na cidade do Rio de Janeiro, utilizando-se temperaturas máxima e mínima e totais pluviométricos diários, com o auxílio do programa RCLimDex. Além disso, as integrações do modelo Eta Climático (40 km) aninhado ao modelo global HadCM3 do Hadley Center, elaboradas no CPTEC/INPE, são avaliadas para o município do Rio de Janeiro no clima presente (1961-1990). As projeções das mudanças climáticas para o período de 2010-2100 com o cenário A1B do IPCC são analisadas para os índices climáticos cujas tendências são bem representadas no clima presente. Testes estatísticos foram utilizados para avaliar a magnitude e a significância das tendências. Os resultados associados aos indicadores de extremos de temperatura foram bem representados pelo modelo Eta e apontam para um aumento do número de dias e noites quentes. Os resultados relativos aos índices de extremos de precipitação indicam uma elevação no total pluviométrico de chuvas intensas no clima presente; entretanto, tais tendências não foram adequadamente representadas pelo modelo. Tais resultados são consistentes com uma tendência de um clima mais quente e mais chuvoso na cidade do Rio de Janeiro.

ABSTRACT: In this work we investigate the trends in the indices of extreme daily temperature and daily precipitation for two meteorological stations in Rio de Janeiro city, with the support of RCLimDex software. In addition, the Eta Model integrations (40 km), multidecadal version, nested in the global model HadCM3 of the Hadley Centre, prepared at CPTEC/INPE, are evaluated for Rio de Janeiro city in the present climate (1961-1990). The projections of climate change for the period 2010-2100 using IPCC A1B scenario are analyzed for climatic indices which trends are well represented in the present climate. Statistical tests were used to assess trends magnitude and significance. The results associated with extreme temperature indicators were well represented by Eta Model and point to an increase of the number of warm days and nights. The results for the extreme precipitation indices show an increase in the number of days with heavy precipitation in the present climate; however, these trends were not adequately represented by the model. These results are consistent with a trend toward a warmer and wetter climate in Rio de Janeiro.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas; Extremos Climáticos; Rio de Janeiro; RCLimDex; Modelo Eta Climático; Mann-Kendall.

1 – INTRODUÇÃO

Pesquisas recentes sobre detecção de mudanças climáticas identificaram um expressivo aquecimento em várias regiões do Brasil. Vincent et al. (2005) aplicaram índices de extremos climáticos a 19 estações no Brasil e encontraram significantes tendências de aumento (redução) na frequência de noites quentes (frias). Obregón e Marengo (2007) mostraram que a temperatura mínima média anual se elevou em todas as localidades estudadas no Brasil no período de 1961-2000, sendo que no Estado do Rio de Janeiro, nas estações de Resende e Nova Friburgo, houve um aumento de +0,2°C/década. Sansigolo et al. (1992) analisaram séries de temperaturas médias anuais para 9 cidades brasileiras e em todas ocorre aquecimento. Com relação à chuva, os resultados são variáveis sobre o Brasil. No Estado do Rio de Janeiro, a maior parte dos trabalhos mostra tendências negativas nos índices relacionados à precipitação. Figueiró e Coelho Netto (2003) analisaram os totais pluviométricos anuais da Estação Capela Mayrink, no Alto da Boa Vista, localizada no Maciço da Tijuca (Rio de Janeiro) para o período de 1976 a 2002, encontrando tendências negativas. Contudo, de acordo com Coelho Netto et al. (2008), os totais pluviométricos anuais seriam fortemente controlados pela frequência de chuvas diárias extremas (>100mm/dia), e a frequência de tais eventos sofreu elevação no período de 1977 a 2002 na Estação Capela Mayrink (Alto da Boa Vista) e também na Estação de Resende, no Vale do Rio Paraíba do Sul (Rio de Janeiro), onde a série é mais longa (1937-2000).

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a expectativa é de que os modelos numéricos utilizados para projetar mudanças climáticas futuras consigam reproduzir os aspectos fundamentais do clima presente. Entretanto, os modelos globais, que necessitam cobrir um amplo domínio, não são capazes de representar o grande número de processos de retroalimentação que ocorrem nas escalas sub-grade controlados por aspectos locais, tais como a topografia, os limites terra-mar, a vegetação e outros. Portanto, as projeções de mudanças climáticas futuras regionalizadas, obtidas a partir de modelos regionais aninhados a modelos globais, têm sido elaboradas por diversos centros de meteorologia como, por exemplo, o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O objetivo deste estudo é identificar tendências nos indicadores de extremos climáticos na cidade do Rio de Janeiro e simular, através das integrações climáticas regionalizadas do modelo Eta Climático do INPE (Chou et al., 2011; Marengo et al., 2011), projeções futuras para tais índices a fim de apoiar estudos de vulnerabilidade e adaptação aos cenários de mudanças climáticas no município.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, foram utilizadas séries de totais pluviométricos diários e temperaturas máxima e mínima diárias para as estações meteorológicas do Alto da Boa Vista (83007) e de Santa Cruz (83789), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), nos períodos de 01/01/1967 a 31/12/2007 e 01/01/1964 a 31/12/2009, respectivamente. A seguir, a partir de tais dados observacionais, indicadores de extremos climáticos (Tabela 2.1) foram calculados utilizando-se o programa RClimDex, desenvolvido pelo Serviço Meteorológico Canadense.

Tabela 2.1 – Alguns dos indicadores de extremos climáticos utilizados no trabalho.

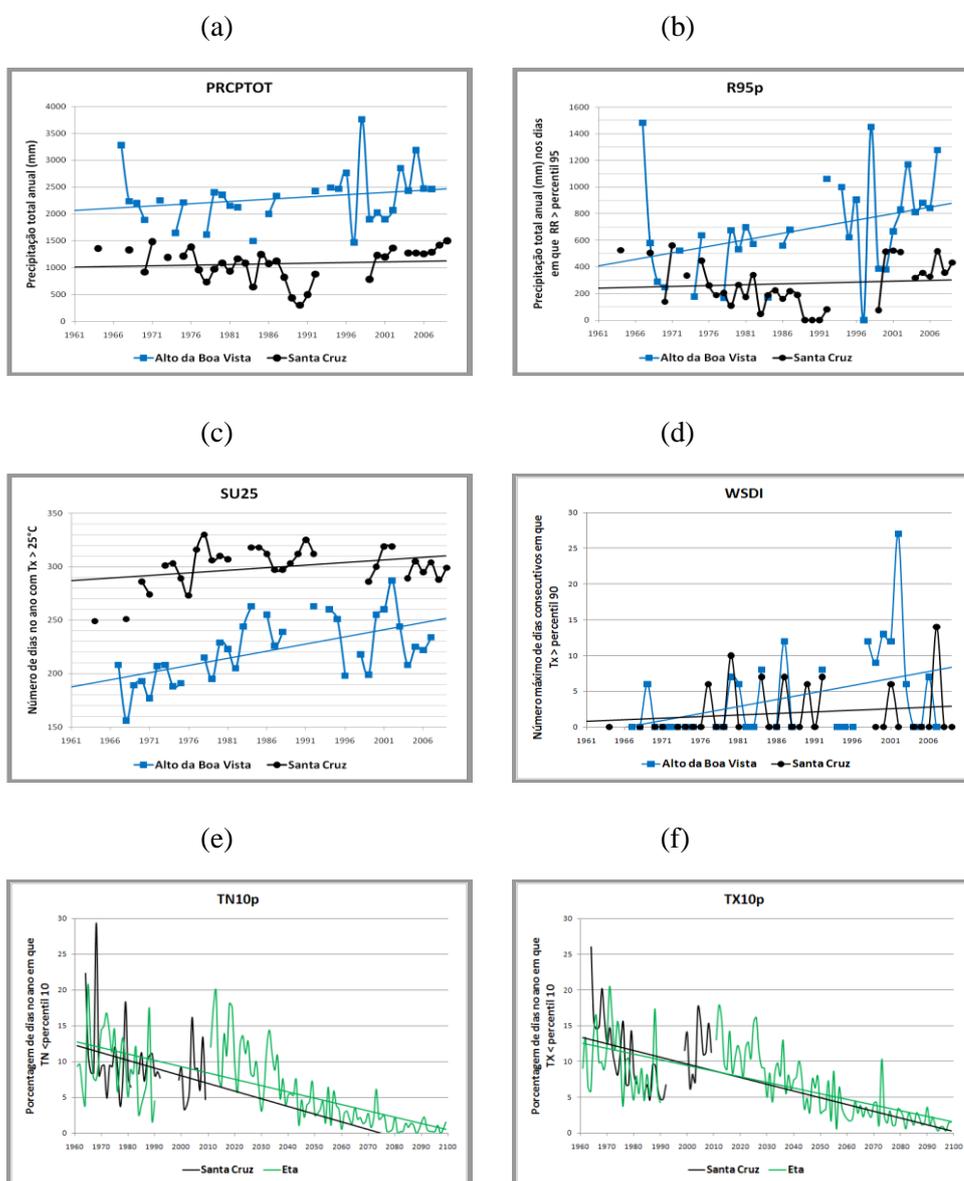
Sigla	Nome do Índice	Definição	Unidade
PRCPTOT	Precipitação total anual dos dias úmidos	Precipitação total anual nos dias úmidos (PREC \geq 1mm)	mm
R95p	Dias muito úmidos	Soma da precipitação (a cada ano) nos dias em que a PREC > percentil 95 dos dias úmidos	mm
SU25	Dias de verão	Número de dias no ano quando a Temperatura Máxima diária é superior a 25°C (Tx > 25°C)	dias
TN10p	Noites frias	Média anual da porcentagem de dias no mês com Temperatura Mínima Diária inferior ao percentil 10	% de dias
TN90p	Noites quentes	Média anual da porcentagem de dias no mês com Temperatura Mínima Diária superior ao percentil 90	% de dias
TX10p	Dias frios	Média anual da porcentagem de dias no mês com Temperatura Máxima Diária inferior ao percentil 10	% de dias
TX90p	Dias quentes	Média anual da porcentagem de dias no mês com Temperatura Máxima Diária superior ao percentil 90	% de dias
WSDI	Duração de ondas de calor	Número de dias no ano com pelo menos 6 dias consecutivos de Tx superior ao percentil 90	dias

As projeções das mudanças climáticas futuras para a cidade do Rio de Janeiro foram analisadas utilizando-se as saídas do Modelo Regional Eta – Versão Climática para o ponto de grade de latitude 23,0°S, longitude 43,4°W e altitude de 62,9 m. A Curvatura de Sen, que é um teste estatístico não paramétrico para determinar a magnitude de uma determinada tendência, foi calculada para cada série de dados. Além disso, o teste estatístico de Mann-Kendall (Sneyers, 1975) foi aplicado às séries com o objetivo de determinar se as tendências observadas são significativas ao nível de confiança de 95%.

3 – RESULTADOS

Os indicadores de extremos climáticos associados à precipitação (Figuras 3.1a e 3.1b) apresentam um aumento pouco significativo no total pluviométrico anual e uma elevação no total pluviométrico de eventos de chuvas intensas no Alto da Boa Vista. Tais tendências não são estatisticamente significativas ao nível de confiança de 95%, exceto para o índice R95p no Alto da Boa Vista, que possui magnitude de +11,8 mm/ano.

Os índices de extremos climáticos relacionados à temperatura (Figuras 3.1c a 3.1h) mostram que as tendências são bem representadas pelo modelo Eta e apontam para uma redução de dias frios, um expressivo aumento de dias e noites quentes e uma elevação na duração das ondas de calor. Tais tendências são estatisticamente significativas ao nível de 95%, com destaque para o índice SU25, que possui magnitude de +1 dia/ano para ambas as estações.



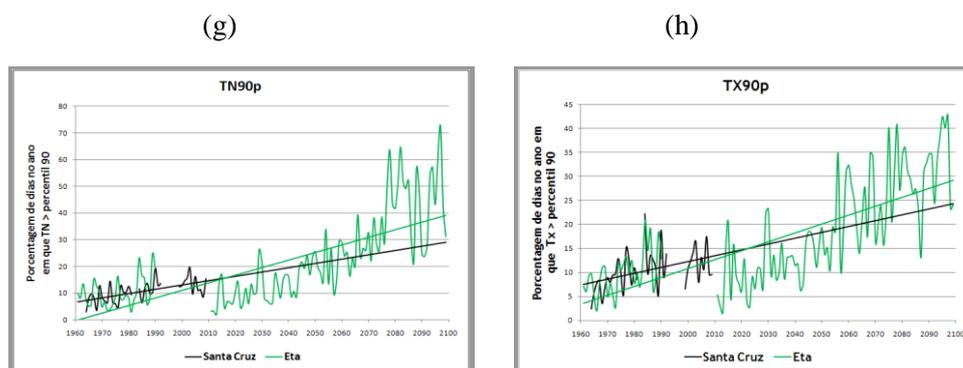


Figura 3.1 – Gráficos de tendências para os índices climáticos: (a) PRCPTOT, (b) R95p, (c) SU25, (d) WSDI, (e) TN10p, (f) TX10p, (g) TN90p e (h) TX90p.

As pequenas diferenças entre as tendências das duas estações meteorológicas (Alto da Boa Vista e Santa Cruz) podem estar associadas tanto com uma mudança na circulação em escala sinótica, quanto com a circulação local devido ao efeito de ilha de calor urbana. O aquecimento extra gerado pela ilha de calor no Rio de Janeiro possivelmente altera a direção e intensidade das brisas marítima e terrestre que, por sua vez, podem alterar os padrões de advecção de umidade no município.

4 – CONCLUSÕES

Conclui-se que, as projeções do modelo Eta Climático, cenário A1B do IPCC, sugerem que o clima na cidade do Rio de Janeiro deverá ficar mais quente até o final do século XXI, seguindo o padrão que já está sendo observado no município no clima presente. Projeta-se, principalmente, um aumento da maior temperatura máxima anual, aumento (redução) na frequência de ocorrência de dias e noites quentes (frios) e aumento na duração das ondas de calor.

5 – AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Meteorologia pela disponibilidade dos dados das estações meteorológicas do Alto da Boa Vista e de Santa Cruz, e ao CNPq pela bolsa PIBIC/UFRJ concedida ao primeiro autor.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chou, S. C. et al., 2011: Downscaling of South America present climate driven by 4-member HadCM3 runs. *Climate Dynamics*. DOI 10.1007/s00382-011-1002-8;

Coelho Netto, A. L. et al., 2008: Domínio do ecossistema da floresta atlântica de encostas. Em *Rio Próximos 100 anos. O Aquecimento Global e a Cidade*. Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, Rio de Janeiro;

Figueiró, A. S. e Coelho Netto, A. L., 2003: Do Local ao Regional: análise comparativa de transectos pluviométricos em diferentes escalas. V Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós Graduação em Geografia/ANPEGE, Florianópolis;

Marengo, J. A. et al., 2011: Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Parana River Basins. *Climate Dynamics*;

Obregón, G. e Marengo, J. A., 2007: Caracterização do clima do Século XX no Brasil: Tendências de chuvas e temperaturas médias e extremas. Relatório 2, Ministério do Meio Ambiente – MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas – SBF, Diretoria de Conservação da Biodiversidade – DCBio. Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade – Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI, Brasília;

Sansigolo, C. et al., 1992: Tendências nas temperaturas médias no Brasil. Congresso Brasileiro de Meteorologia, v. 1, p. 367 – 371;

Sneyers, R., 1975: Sur L'analyse Statistique des Series D'observations. Genève: Organisation Météorologique Mondiale, p. 192 (OMN, Note technique, 143);

Vincent, L. A. et al., 2005: Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960-2000. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 18, p. 5011 – 5023.