



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

## **Precipitação mensal para o estado do Rio de Janeiro no período de 1961-90 simulada pelo modelo regional Eta-CPTEC**



*Fernanda da Silva Pinheiro<sup>1</sup>; Julyana Gomes da Silva<sup>2</sup>; Henderson Silva Wanderley<sup>3</sup>; Gilberto Fernando Fisch<sup>4</sup>; Gustavo Bastos Lyra<sup>5</sup>*

<sup>1</sup> Eng. Florestal, estudante de graduação, UFRRJ, Seropédica, tel: (21) 983818504 – RJ, [nandaah\\_pinheirooh@hotmail.com](mailto:nandaah_pinheirooh@hotmail.com)

<sup>2</sup> Eng. Florestal, estudante de graduação, UFRRJ, Seropédica, – RJ, [julyanagomes.silva@gmail.com](mailto:julyanagomes.silva@gmail.com)

<sup>3</sup> Meteorologista, Prof. , Departamento de Ciências Ambientais, UFRRJ, Seropédica – RJ, [henderson@ufrj.br](mailto:henderson@ufrj.br)

<sup>4</sup> Meteorologista, Pesq., Instituto de Aeronáutica e Espaço, DCTA, São José dos Campos - SP, [gfisch@iae.cta.br](mailto:gfisch@iae.cta.br)

<sup>5</sup> Meteorologista, Prof. , Departamento de Ciências Ambientais, UFRRJ, Seropédica – RJ, [gblyra@gmail.com](mailto:gblyra@gmail.com)

**RESUMO:** Os modelos de circulação global da atmosfera (MCGA) são utilizados para elaboração de cenários atuais e futuros do clima global. Contudo, sua baixa resolução restringe uma diversidade de estudos regionais. Para a elaboração de grades mais refinadas (*downscaling*) pode-se utilizar modelos regionais iniciados com os MGCA. O presente estudo tem por objetivo avaliar as simulações da precipitação no estado do Rio de Janeiro para o período de 1961-90 simulada pelo modelo Eta-CPTEC forçado pelo modelo HadCM3 do *UK Met Office Hadley Center*. Para isso, foram comparadas as precipitações médias mensais observadas em estações meteorológicas de superfície e as precipitações simuladas pelo Eta-CPTEC/HadCM3. As precipitações simuladas foram obtidas nos pontos de grade mais próximos das estações de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia no estado do Rio de Janeiro. Para as avaliações das simulações utilizou-se a regressão linear simples e o erro padrão de estimativa (EPE) entre os dados observados e simulados. Na maior parte das estações (nove) os coeficientes de determinação ( $r^2$ ) foram superiores a 0,8. Apenas duas estações no litoral (Rio de Janeiro e Angra dos Reis) e duas no interior (Resende e Nova Friburgo) tiveram precisões inferiores ( $0,60 < r^2 < 0,74$ ). O EPE foi superior a 28,6 mm, que em relação à média das chuvas representou mais de 24 %. Os maiores EPE ( $> 57$  % da média) foram observados nas estações do Norte Fluminense e próximas do ambiente costeiro (Campos dos Goytacazes) e em estações do interior, com altitudes superiores a 400 m (Resende, Nova Friburgo e Cordeiro). O modelo representa a variabilidade mensal da chuva no estado do Rio de Janeiro, contudo é preciso usar técnicas de correção das simulações para obter melhor exatidão.

**PALAVRAS-CHAVE:** modelo climático, *downscaling*, chuva.

### **Monthly precipitation for the state of Rio de Janeiro, Southern Brazil, simulated using the regional model Eta-CPTEC over 1961-90**

**ABSTRACT:** The global atmospheric models are used to simulate present and future scenarios of global climate. However, a low resolution of the global models restricts several of regional studies. For the development of downscaling of global models, the regional models forced with global models can be used. The objective of this study was to assess the simulations of precipitation in the state of Rio de Janeiro, Southern Brazil, for the period 1961-90 simulated by the Eta-CPTEC model driven by HadCM3 of the UK Met Office Hadley Center. The simulated rainfall were obtained in the nearest grid points of

*O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

the surface weather stations of the *Instituto Nacional de Meteorologia* of Brazil in the state of Rio de Janeiro. The mean monthly precipitation observed in weather stations and simulated using Eta-CPTEC/HadCM3 were evaluated. For the evaluation the linear regression and the standard error of estimate (SEE) between observed and simulated data were used. Most of the stations (nine) the coefficients of determination ( $r^2$ ) were greater than 0.8. Only two stations on the coast (Rio de Janeiro and Angra dos Reis) and two on continent (Resende and Nova Friburgo) had lower precision ( $0.60 < r^2 < 0.74$ ). The SEE was greater than 28.6 mm, which represented 24 % of the mean rainfall. The largest SEE ( $> 57\%$  of the average) were observed in the stations located in north of the state and close to the coast (Campos dos Goytacazes) and stations on the continent and altitudes above 400 m (Resende, Nova Friburgo and Cordeiro). The model reproduced well the monthly variability of precipitation, but is necessary to apply techniques to correction of simulations to improve the model accuracy.

**KEY WORDS:** climate model, downscaling, rainfall.

## INTRODUÇÃO

A precipitação é um fenômeno de grande importância nas regiões tropicais, pois participa da recarga de rios, represas e lençóis freáticos, sendo os recursos hídricos dessas fontes essenciais para o consumo humano e uso geral (e.g. agricultura, indústria, geração de energia). Na agricultura, a precipitação determina a estação de cultivo, o crescimento e produtividade das culturas, que podem ser penalizadas tanto pelo excesso, como pelo déficit de água. Assim, é necessário o conhecimento dos padrões de distribuição espacial e temporal da precipitação para o planejamento e manejo de sistemas agrícolas (irrigação e drenagem), dos recursos hídricos (bacias hidrográficas, barragens, lençóis freáticos), geração de energia hidroelétrica e na conservação dos solos (SANTOS, 2013).

O estado do Rio de Janeiro é caracterizado pela grande diversidade de climas (BOHN et al., 2013), condicionada pela atuação de diversos sistemas meteorológicos de grande escala (Alta Subtropical do Atlântico Sul, Sistemas Frontais, Zona de Convergência de Umidade, Bloqueios Atmosféricos) e mesoescala (Sistemas de Brisas e Sistemas Convectivos de Mesoescala). O relevo complexo do Estado, formado por regiões de serra e baixadas litorâneas, e o efeito continentalidade/oceanidade, que induz um gradiente de umidade da costa para o continente, também contribuem para a variabilidade espacial dos climas.

A distribuição irregular e esparsa das estações meteorológicas e, ou pluviométricas no estado do Rio de Janeiro (CORREIA et al., 2011), associada às séries curtas de precipitação ( $< 10$  anos), descontínuas e não homogêneas (CORREIA et al., 2013) restringem diversos estudos sobre a variabilidade espacial e temporal das chuvas no Estado. As simulações de modelos numéricos atmosféricos são uma alternativa para se obter as precipitações numa grade regular e com séries contínuas e, dessa forma, compor com os dados observados o cenário climático atual. Além do cenário atual, os modelos podem ser usados para simular cenários futuros, com vistas a estudos de mudanças climáticas.

Para estudos climáticos, normalmente utilizam-se modelos de circulação global da atmosfera (MCGA). Contudo devido à sua baixa resolução espacial (superior a  $1^\circ$ ), estudos de clima regional são comprometidos. Para contornar esse problema, técnicas de *downscaling* podem ser aplicadas para se obter simulações em subgrades refinadas. Entre essas técnicas, o *downscaling* dinâmico se utiliza das saídas dos MCGA para iniciar modelos regionais (e.g. MM5, WRF e Eta). De qualquer forma, mesmo com grade refinada é necessário avaliar a acurácia e precisão das simulações.

O objetivo do presente trabalho é comparar a precipitação média mensal simulada pelo modelo Eta-CPTEC/HadCM3 com a precipitação observada nas estações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no estado do Rio de Janeiro.

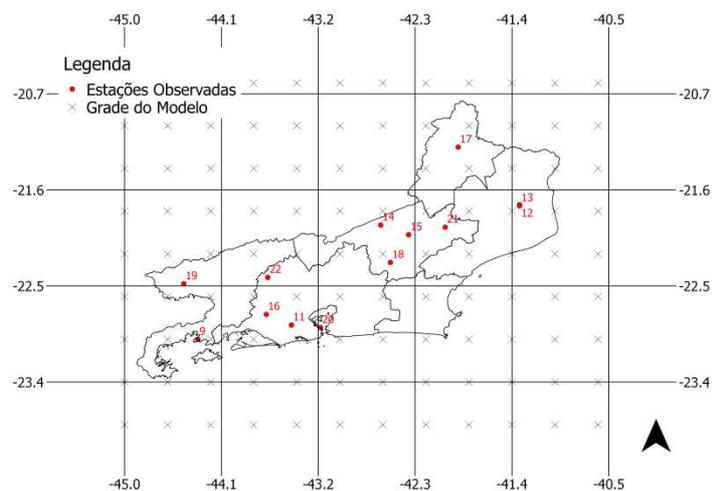
**MATERIAIS E MÉTODOS**

A área de estudo foi centrada no estado do Rio de Janeiro, situado na região Sudeste do Brasil (Figura 1), tendo como divisa os estados de Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo, e a leste e sul o oceano Atlântico.

O modelo regional utilizado nas simulações da chuva foi o Eta/CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos) (MARENGO et al., 2012), inicializado pelo modelo HadCM3, desenvolvido no *UK Met Office Hadley Center*. O Eta é um modelo regional, que considera um sistema de coordenadas vertical  $\eta$ , resultando num sistema de coordenadas à superfície quasi-horizontal. Nas simulações, considerou-se uma resolução horizontal de 40 km e 38 camadas na vertical, e abrangeu praticamente toda a América do Sul (MOURA, 2010). O modelo HadCM3 é um modelo de circulação de grande escala, que tem sua componente atmosférica em 19 níveis, com uma grade horizontal global de 96 x 73 células (MARENGO, 2007).

Os dados observados de chuva no período de 1961-1990 foram obtidos na base de dados (BDMET) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foi realizada uma análise de qualidade dos dados de chuva observados, eliminando estações com séries temporais inferiores a 10 anos e as que estavam fora da área de estudo. Essa análise permitiu selecionar 13 estações com séries mensais de chuva inseridas no período de estudo.

Nas avaliações das simulações, consideraram-se as médias da chuva mensal do período de 1961-1990 simuladas pelo modelo nos pontos de grade mais próximos das estações de superfície do INMET (Figura 1), onde foram obtidas as médias da chuva observada. Na definição da proximidade do ponto de grade e estação meteorológica utilizou-se o aplicativo GRASS-Gis. As coordenadas das estações meteorológicas e os pontos de grade do modelo foram importadas para o GRASS, para então identificar os pontos de grades mais próximos das estações.



**Figura 1.** Mapa do estado do Rio de Janeiro, destacando as estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia e os pontos de grade do modelo Eta/CPTEC.

Para avaliar o desempenho das simulações, estruturou-se numa planilha do MS Excel® as médias mensais de precipitação observada e simuladas. Aplicou-se as chuvas médias mensais a análise de regressão linear ( $Y = a + b X$ ) entre os dados observados (X) e simulados (Y), em que, a e b são os coeficientes da regressão ajustados, respectivamente, linear e angular. Determinou-se também o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) da regressão. Além dos coeficientes da regressão, utilizou-se nas avaliações o Erro Padrão de Estimativa (EPE).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados apresentados na Tabela 1, observou-se que nove das estações apresentaram coeficiente de determinação entre os valores observados e simulados maiores que 0,8. As exceções foram as estações em regiões litorâneas como Angra dos Reis e Rio de Janeiro e com altitudes superiores a 400 m, como Resende e Nova Friburgo, que tiveram menor precisão das simulações, com  $r^2$  entre 0,60 e 0,74.

Em relação ao EPE, observou-se que as estações do Norte Fluminense, próximas ao ambiente costeiro (Campos e Campos dos Goytacazes) e as estações de altitudes superiores a 400m (Resende, Nova Friburgo e Cordeiro) apresentaram EPE superior as demais estações, que em relação a média das chuvas variou entre 57 e 73 %. Os menores EPE (< 33,1 mm ou 26 % da chuva média da estação) foram observados nas estações do Carmo, Itaperuna e Santa Maria Madalena, todos no interior do Estado.

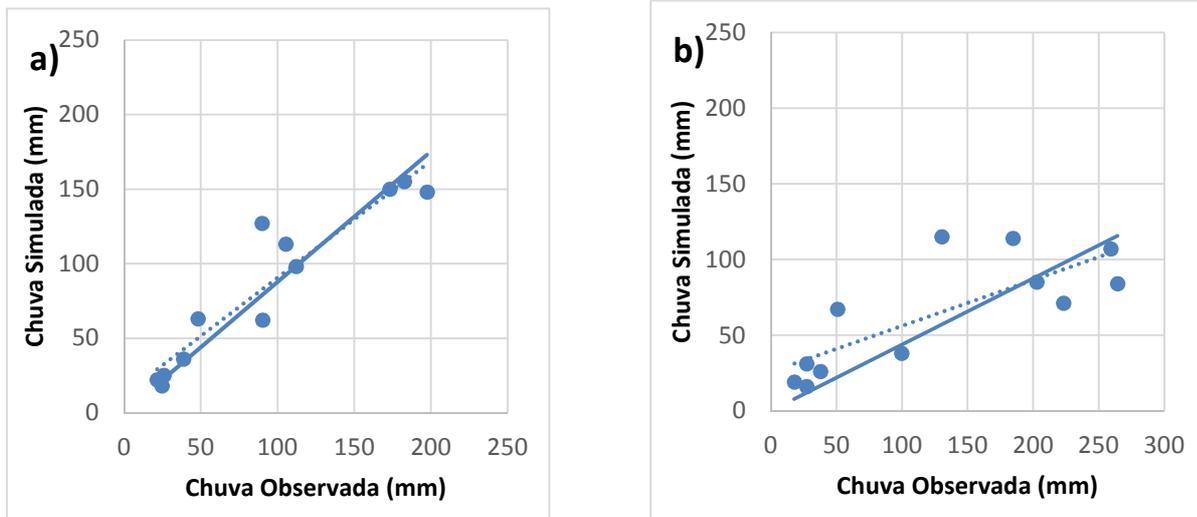
Alves et al. (2002) avaliaram a técnica de *downscaling* dinâmico (modelo regional ETA) para precipitação sobre o Nordeste, para isso compararam os dados observados e simulados, os resultados mostraram que o MRE (modelo regional espectral) obteve  $r^2$  entre 0,30 e 0,64. Alves et al. (2004) avaliaram as previsões de chuvas sazonais para o Brasil utilizando-se do modelo Eta, e obteve para a região Sudeste o  $r^2$  entre 0,74 e 0,88. Ou seja, o modelo pode prever a sazonalidade de chuvas.

**Tabela 1.** Coeficiente de determinação ( $r^2$ ), coeficiente linear (a), coeficiente angular (b) e o erro padrão da estimativa (EPE mm , %), para cada estações em análise no estado do Rio de Janeiro

| Estações           | Identificador<br>(ID) | $r^2$ | a<br>(mm) | B    | EPE<br>(mm) | EPE<br>(%) |
|--------------------|-----------------------|-------|-----------|------|-------------|------------|
| Angra dos Reis     | 09                    | 0,74  | 9,3       | 0,60 | 63,1        | 41,0       |
| Resende            | 19                    | 0,60  | 25,9      | 0,30 | 92,3        | 72,6       |
| Vassouras          | 22                    | 0,86  | 38,5      | 0,79 | 32,2        | 31,3       |
| Ecologia Agrícola  | 16                    | 0,81  | 17,1      | 1,04 | 33,9        | 34,5       |
| Bangu              | 11                    | 0,80  | 45,1      | 0,46 | 49,5        | 41,2       |
| Rio de Janeiro     | 20                    | 0,62  | 37,5      | 0,84 | 33,0        | 42,1       |
| Carmo              | 14                    | 0,89  | 6,6       | 0,85 | 28,6        | 24,3       |
| Nova Friburgo      | 18                    | 0,70  | 10,7      | 0,43 | 62,0        | 64,0       |
| Cordeiro           | 15                    | 0,89  | 3,3       | 0,48 | 64,2        | 61,0       |
| Sta Maria Madalena | 21                    | 0,87  | -2,2      | 0,87 | 30,4        | 26,0       |
| Itaperuna          | 17                    | 0,89  | 8,7       | 0,85 | 23,2        | 25,1       |
| Campos             | 12                    | 0,85  | 15,9      | 1,28 | 49,5        | 57,4       |
| C. dos Goytacazes  | 13                    | 0,88  | -11,8     | 1,72 | 57,2        | 70,8       |

Avaliando o  $r^2$  e o EPE de cada estação, observou-se que a estação de Itaperuna, situada no Noroeste Fluminense, apresentou a maior acurácia e precisão (Figura 2a) com valores de  $r^2 = 0,88$  e EPE relativo a média de 25 %, enquanto que a estação de Resende, situada no interior do Estado em altitude elevada, apresentou menor acurácia e precisão (Figura 2b) com valores de  $r^2 = 0,60$  e EPE = 73 %.

**Figura 1.** Dispersão dos dados simulados e observados na estação a) Itaperuna e b) Resende



## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos através da modelagem numérica atmosférica indicam que para regiões litorâneas e de altitudes elevadas no estado do Rio de Janeiro, o modelo apresenta menor acurácia e precisão. O modelo representa a variabilidade mensal média da chuva no estado do Rio de Janeiro, sendo, entretanto, usar técnicas de correção das simulações para se obter melhor exatidão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L. M. et al. **Avaliação das previsões de chuva sazonais do modelo ETA climático sobre o Brasil.** In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 29/08 a 03/09/2004, Fortaleza-CE. *Anais...* Fortaleza-CE: SBMET, 2004.

ALVES J. M. B. et al. **Uma avaliação preliminar da simulação de precipitação sobre o Nordeste do Brasil usando um aninhamento do modelo numérico regional em um modelo numérico global.** In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002.

BOHN, L. et al. **Susceptibilidade à desertificação no estado do Rio de Janeiro baseada em índices climáticos de aridez.** In: XVIII Congresso Brasileiro e VII Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia, 2013, Belém. *Cenários de mudanças climáticas e a sustentabilidade socioambiental e do agronegócio na Amazônia.* Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2013.

CORREIA, T.P. et al. **Interpoladores de efeito local aplicados a precipitação pluvial mensal no estado do Rio de Janeiro.** In: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2011, Guarapari. *Riscos climáticos e os cenários futuros para a agricultura,* 2011.

CORREIA, T.P. et al. **Controle de qualidade de séries mensais de precipitação pluvial no estado do Rio de Janeiro.** In: XVIII Congresso Brasileiro e VII Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia,



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

2013, Belém. Cenários de mudanças climáticas e a sustentabilidade socioambiental e do agronegócio na Amazônia. Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2013.



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. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. v.1, p.214

MARENGO, J. A. et al. 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**, v. 38, p. 1829-1848. 2012.

MOURA, R. G. et al. Avaliação do modelo regional ETA utilizando as análises do CPTEC e NCEP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 1, p. 46-53, 2010.

SANTOS, A. R. **Precipitação atmosférica** : climatologia – depto de geografia. Universidade Federal do Espírito Santo. Cap 5, p. 1-20, 2013.