

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

**VALIDAÇÃO DE PREVISÕES CLIMÁTICAS SAZONAIS SOBRE O
BRASIL: MODELOS GLOBAIS E REGIONAL**

Cássia Gabriele Dias

Itajubá/MG

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

Cássia Gabriele Dias

Validação de previsões climáticas sazonais sobre o Brasil: Modelos globais e regional

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Orientadora: Dra. Michelle Simões Reboita

Itajubá/MG

2017



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
Criada pela Lei nº 10.435, de 24 de abril de 2002

A N E X O I

FOLHA DE JULGAMENTO DA BANCA EXAMINADORA EXAME DE QUALIFICAÇÃO – MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS

Título da Dissertação: “Validação de previsões climáticas sazonais sobre o Brasil:
Modelos globais e regional”

Autor: **Cássia Gabriele Dias**

JULGAMENTO

Examinadores	Conceito	Rubrica
	A = Aprovado - R = Reprovado	
1ª	A	
2ª	A	
3º	A	
4ª	A	

Observações:

- (1) O Trabalho será considerado Aprovado se todos os Examinadores atribuírem conceito A.
(2) O Trabalho será considerado Reprovado se forem atribuídos pelos menos 2 conceitos R.

Este documento terá a validade de 30 (trinta) dias a contar da data da defesa da Dissertação.

Resultado Final: Conceito: A, ou seja, aprovado

Observações: realizar as conexões solicitadas com a banca.

Itajubá, 26 de Maio de 2017.

Prof.ª Dr.ª Marta Pereira Llopart
1ª Examinadora - UNESP

Prof.ª Dr.ª Rosmeri Porfírio da Rocha
2ª Examinadora - USP

Prof. Dr. Roger Rodrigues Torres
3º Examinador - UNIFEI

Prof.ª Dr.ª Michelle Simões Reboita
5ª Examinadora (Orientadora) - UNIFEI

DEDICATÓRIA

Dedico esta formação ao meu marido Michel Ribeiro Vilas Boas e a minha tia Ana Maria Job Guedes, os quais me apoiam, incentivam e sempre estão ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por guiar meus passos, me dar forças necessárias e por me capacitar a cada dia. Aos amigos, especialmente, Carolina Gouveia e Vanessa Siqueira as quais estiveram sempre comigo me dando forças e incentivos.

Agradeço também a professora Dra. Michelle S. Reboita, a qual me deu orientação e a Dra. Rosmeri P. da Rocha pela disponibilização das previsões RegCFSv2, pela ajuda nas rodadas das previsões do RegCM e por permitir que eu usasse seu espaço na Universidade de São Paulo (USP) para rodar as mesmas. Também agradeço a MSc. Lívia Dutra por seu grande empenho em preparar as condições iniciais para o RegCM, ter rodado inúmeras vezes o modelo e por toda paciência em me ensinar a rodá-lo. Sem a sua ajuda, esse trabalho não teria sido realizado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro e a Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), o meu agradecimento.

“Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas, que já tem a forma do nosso corpo, e esquecer os nossos caminhos, que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o tempo da travessia: e, se não ousarmos fazê-la, teremos ficado, para sempre, à margem de nós mesmos. ”

Fernando Teixeira de Andrade

RESUMO

Este trabalho avaliou a qualidade das previsões climáticas sazonais realizadas com dois modelos climáticos globais, o *Climate Forecast System version 2* (CFSv2) e o modelo do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), e com duas versões do *Regional Climate Model*: versões 4.3 e 4.5. O RegCM4.3 foi dirigido com condições iniciais e de fronteira provenientes do sistema CFSv2, o qual foi chamado de RegCFSv2, já o RegCM4.5 foi dirigido com condições iniciais e de fronteira provenientes do modelo CPTEC, com duas parametrizações *cumulus* diferentes, Kain-Fritsch e Emanuel, estas previsões foram chamadas de RegCPTECKF e RegCPTECEman, respectivamente. Ao todo são analisados doze trimestres que consideram médias por conjunto (*ensembles*) com início em 6 diferentes datas para o CFSv2 e RegCFSv2 e 5 para o CPTEC. As previsões RegCPTECKF e RegCPTECEman não possuem *ensemble*, apenas uma previsão cada. A precipitação prevista foi comparada com dados do *Climate Prediction Center* (CPC) e do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), a temperatura do ar a 2 metros foi comparada com dados da ERA-Interim e do CFSR e o vento nos níveis de 250 e 850 hPa com a ERA-Interim. Foram realizadas análises considerando todo o Brasil e subdomínios: Sudeste do Brasil (SDE), Nordeste do Brasil (NDE), Amazônia (AMZ) e Sul do Brasil (SUL). A primeira parte desse estudo valida a circulação em 250 e 850 hPa prevista pelos modelos globais. Embora os modelos apresentem vieses na intensidade do vento e, às vezes, na direção, em geral, representam as principais características da circulação atmosférica na América do Sul. Portanto, uma vez que os modelos globais mostram destreza em simular as características da circulação atmosférica sobre o Brasil e adjacências, estes serviram de condições de fronteira para as previsões com o RegCM. A etapa seguinte consistiu em validar as previsões de precipitação e temperatura dos modelos globais e regional. As médias por subdomínios mostraram que a precipitação no SUL não conseguiu ser bem prevista em valor médio por nenhuma das previsões, mas a temperatura foi muito bem representada. No subdomínio AMZ, a precipitação foi bem representada por todas as previsões e a temperatura possuiu melhor representatividade pelas previsões RegCPTECKF e RegCPTECEman. A RegCPTECEman foi a previsão que melhor representou a média da precipitação nas regiões NDE e SDE. As previsões CPTEC e RegCPTECEman foram as que melhor simularam a média espacial da temperatura na região NDE. Já a região SDE foi melhor representada pelo CPTEC e RegCPTECKF em comparação com o observado na ERA-Interim. A análise dos dias consecutivos secos (limiar inferior ao percentil de 10%) e úmidos (limiar superior ao percentil de 90%), por trimestre, nos subdomínios em estudo, indica que o RegCPTECKF foi o modelo que melhor simulou os limiares inferiores com relação aos valores observados (CPC e TRMM), e o total de períodos previstos. Esse estudo mostrou que para a previsão de temperatura do ar, o modelo regional adiciona valor às previsões do modelo global CPTEC, enquanto que para a precipitação depende da região analisada.

Palavras-chave: Previsão sazonal; Precipitação; Temperatura do ar; Circulação geral da atmosfera; RegCM4.3; RegCM4.5; CFSv2; CPTEC.

ABSTRACT

This work evaluated the quality of the seasonal climate predictions carried out with two global climate models, the Climate Forecast System version 2 (CFSv2) and the model from Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), and with two versions of the Regional Climate Model: versions 4.3 and 4.5. RegCM4.3 was run with initial and boundary conditions from the CFSv2 system, which was called RegCFSv2, and RegCM4.5 was driven with initial and boundary conditions from the CPTEC model, with two different cumulus parametrizations, Kain-Fritsch and Emanuel, and these predictions were called RegCPTECKF and RegCPTECEman, respectively. In the total, twelve periods were considered to compute averages (ensembles). The simulations started at 6 different dates for CFSv2 and RegCFSv2 and 5 for CPTEC. The RegCPTECKF and RegCPTECEman predictions have no ensemble, only one forecast each. The predicted precipitation was compared with data from the Climate Prediction Center (CPC) and the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), the air temperature at 2 meters was compared with ERA-Interim and CFSR data and wind at the 250 and 850 hPa with ERA-Interim. Analyzes were performed considering all of Brazil and subdomains: Southeastern Brazil (SDE), Northeast Brazil (NDE), Amazonia (AMZ) and South Brazil (SUL). The first part of this study validated the circulation in 250 and 850 hPa predicted by the global models. Although the models show biases in the wind intensity, and sometimes in the direction, they usually represent the main characteristics of the atmospheric circulation in the South America. Therefore, since the global models show ability in simulating the characteristics of the atmospheric circulation over Brazil and adjacencies, these served as boundary conditions for the predictions with RegCM. The next step was to validate the precipitation and temperature predictions of the global and regional models. The averages computed in subdomains showed that the precipitation of the SUL was not well predicted by none of the models, but the temperature was very well represented. In the AMZ subdomain, the precipitation was well simulated by all models and the temperature was better represented by the RegCPTECKF and RegCPTECEman predictions. RegCPTECEman was the forecast that best represented the mean of precipitation in the NDE and SDE regions. The CPTEC and RegCPTECEman predictions were the ones that best simulated the spatial mean temperature in the NDE region. The SDE region was better represented by CPTEC and RegCPTECKF compared to that observed in the ERA-Interim. The analysis of dry consecutive days (threshold lower than the 10% percentile) and wet (threshold above the 90% percentile), per period, in the subdomains under study, indicates that RegCPTECKF was the model that best simulated lower thresholds with respect to the observed values (CPC and TRMM), and the total forecast periods. This study showed that for the prediction of temperature the regional model adds value to the CPTEC global model forecasts, whereas for the precipitation depends on the region analyzed.

Keywords: Seasonal forecast; Precipitation; Air temperature; General circulation of the atmosphere; RegCM4.3; RegCM4.5; CFSv2; CPTEC.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Média sazonal da precipitação (mm) na América do Sul entre 1979 e 2008 com base nos dados do Global Precipitation Climatology Project (GPCP). (Fonte: REBOITA et al., 2012) 22
- Figura 2- (a) anomalias da temperatura média anual ($^{\circ}$ C, período de base 1971-2000) e (b) anomalias de precipitação anual (% , período de base 1971-2000), referentes ao ano de 2013. (Fontes dos dados: Serviços Meteorológicos Nacionais da Argentina, Brasil, Bolívia, Chile, Colômbia, Equador, Paraguai, Peru, Suriname, Uruguai e Venezuela, processados pelo CIIFEN). (Fonte: SÁNCHEZ-LUGO et al., 2014). 37
- Figura 3- Anomalias de precipitação (mm) sobre o Brasil do verão austral (JFM) de 2014 em relação a climatologia (1981-2010). O retângulo em preto define a região sudeste do Brasil (área entre 15° S e 25° S e 55° W e 40° W). Os dados de precipitação utilizados para construir esses mapas são provenientes da rede brasileira de estações mantidas pelo Serviço Meteorológico Nacional (INMET), pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e pelos centros meteorológicos regionais. (Fonte: COELHO et al., 2016) 39
- Figura 4- Anomalia de pressão a nível médio do mar (hPa) na América do Sul em relação à climatologia em janeiro de 2014 (Fonte: REBOITA et al., 2015) 39
- Figura 5- Domínio rodado pelo RegCM4.3 e pelo RegCM4.5, subdomínios em estudo (AMZ, NDE, SDE e SUL) e a topografia em metros. 44
- Figura 6- Direção e intensidade (m/s) média dos ventos em 250 hPa. CFSv2 (primeira coluna): a) MAM de 2013, d) JJA de 2013, g) SON de 2013 e j) JFM de 2014. CPTEC (segunda coluna): b) MAM de 2013, e) JJA de 2013, h) SON de 2013 e k) JFM de 2014. ERA-Interim (terceira coluna): c) MAM de 2013, f) JJA de 2013, i) SON de 2013 e l) JFM de 2014. 53
- Figura 7- Direção e intensidade (m/s) média dos ventos em 850 hPa. CFSv2 (primeira coluna): a) MAM de 2013, d) JJA de 2013, g) SON de 2013 e j) JFM de 2014. CPTEC (segunda coluna): b) MAM de 2013, e) JJA de 2013, h) SON de 2013 e k) JFM de 2014. ERA-Interim (terceira coluna): c) MAM de 2013, f) JJA de 2013, i) SON de 2013 e l) JFM de 2014. 54
- Figura 8- Viés da circulação da atmosfera em 250 hPa e da intensidade do vento (m/s) tendo como observado a ERA-Interim: CFSv2 (primeira coluna): a) MAM de 2013, c) JJA de 2013, e) SON de 2013 e g) JFM de 2014. CPTEC (segunda coluna): b) MAM de 2013, d) JJA de 2013, f) SON de 2013 e h) JFM de 2014..... 55
- Figura 9- Viés da circulação da atmosfera em 850 hPa e da intensidade do vento (m/s) tendo como observado o ERA-Interim: CFSv2 (primeira coluna): a) MAM de 2013, c) JJA de 2013, e) SON de 2013 e g) JFM de 2014. CPTEC (segunda coluna): b) MAM de 2013, d) JJA de 2013, f) SON de 2013 e h) JFM de 2014..... 56
- Figura 10- Médias espaciais sazonais da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa, referentes aos subdomínios em estudo. a) AMZ, b) NDE, c) SDE e d) SUL. Onde a linha preta representa o ERA-Interim, azul o CFSv2 e preto o CPTEC. 57
- Figura 11- Médias espaciais sazonais da componente meridional do vento (m/s) em 250 hPa, referentes aos subdomínios em estudo. a) AMZ, b) NDE, c) SDE e d) SUL. Onde a linha preta representa o ERA-Interim, azul o CFSv2 e preto o CPTEC. 58
- Figura 12- Médias espaciais sazonais da intensidade do vento (m/s) em 250 hPa, referentes aos subdomínios em estudo. a) AMZ, b) NDE, c) SDE e d) SUL. Onde a linha preta representa o ERA-Interim, azul o CFSv2 e preto o CPTEC..... 58

Figura 13- Médias espaciais sazonais da componente zonal do vento (m/s) em 850 hPa, referentes aos subdomínios em estudo. a) AMZ, b) NDE, c) SDE e d) SUL. Onde a linha preta representa o ERA-Interim, azul o CFSv2 e preto o CPTEC.	59
Figura 14- Médias espaciais sazonais da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa, referentes aos subdomínios em estudo. a) AMZ, b) NDE, c) SDE e d) SUL. Onde a linha preta representa o ERA-Interim, azul o CFSv2 e preto o CPTEC	59
Figura 15- Médias espaciais sazonais da intensidade do vento (m/s) em 850 hPa, referentes aos subdomínios em estudo. a) AMZ, b) NDE, c) SDE e d) SUL. Onde a linha preta representa o ERA-Interim, azul o CFSv2 e preto o CPTEC	60
Figura 16- Precipitação (mm/dia) referente as estações do ano de 2013. CPC (primeira coluna): a) MAM de 2013, c) JJA de 2013, e) SON de 2013 e g) DJF de 2013/2014. TRMM (segunda coluna): b) MAM de 2013, d) JJA de 2013, f) SON de 2013 e h) DJF de 2013/2014.....	62
Figura 17- Temperatura do ar a 2 metros (°C) referente as estações do ano de 2013. Era-Interim (primeira coluna): a) MAM de 2013, c) JJA de 2013, e) SON de 2013 e g) DJF de 2013/2014. CFSR (segunda coluna): b) MAM de 2013, d) JJA de 2013 e f) SON de 2013.	63
Figura 18- Viés da precipitação (mm/dia): CFSv2 menos CPC (primeira linha): a) MAM de 2013, b) JJA de 2013, c) SON de 2013 e d) JFM de 2013/2014. RegCFSv2 menos CPC (segunda linha): e) MAM de 2013, f) JJA de 2013, g) SON de 2013 e h) JFM de 2013/2014. CFSv2 – TRMM (terceira linha): i) MAM de 2013, j) JJA de 2013 e k) SON de 2013 e l) JFM de 2013/2014. RegCFSv2 menos TRMM (quarta linha): m) MAM de 2013, n) JJA de 2013, o) SON de 2013 e p) JFM de 2013/2014.	65
Figura 19- Viés da temperatura do ar a 2 metros (°C): CFSv2 menos Era-Interim (primeira linha): a) MAM de 2013, b) JJA de 2013, c) SON de 2013 e d) DJF de 2013/2014. RegCFSv2 menos Era-Interim (segunda linha): e) MAM de 2013, f) JJA de 2013, g) SON de 2013 e h) DJF de 2013/2014. CFSv2 menos CFSR (terceira linha): i) MAM de 2013, j) JJA de 2013 e k) SON de 2013. RegCFSv2 menos CFSR (quarta linha): l) MAM de 2013, m) JJA de 2013 e n) SON de 2013.	67
Figura 20- Viés da precipitação (mm/dia): CPTEC menos CPC (primeira linha): a) MAM de 2013, b) JJA de 2013, c) SON de 2013 e d) JFM de 2014. RegCPTECKF menos CPC (segunda linha): e) MAM de 2013, f) JJA de 2013, g) SON de 2013 e h) JFM de 2014. RegCPTECEman menos CPC (terceira linha): i) MAM de 2013, j) JJA de 2013 e k) SON de 2013 e l) JFM de 2014. CPTEC menos TRMM (quarta linha): m) MAM de 2013, n) JJA de 2013, o) SON de 2013 e p) JFM de 2014. RegCPTECKF menos TRMM (quinta linha): q) MAM de 2013, r) JJA de 2013, s) SON de 2013 e t) JFM de 2014. RegCPTECEman menos TRMM (sexta linha): u) MAM de 2013, v) JJA de 2013 e w) SON de 2013 e x) JFM de 2014.	69
Figura 21- Viés da temperatura do ar a 2 metros (°C). CPTEC menos ERA-Interim (primeira linha): a) MAM de 2013, b) JJA de 2013, c) SON de 2013 e d) JFM de 2014. RegCPTECKF menos ERA-Interim (segunda linha): e) MAM de 2013, f) JJA de 2013, g) SON de 2013 e h) JFM de 2014. RegCPTECEman menos ERA-Interim (terceira linha): i) MAM de 2013, j) JJA de 2013, k) SON de 2013 e l) JFM de 2014. CPTEC menos CFSR (quarta linha): m) MAM de 2013, n) JJA de 2013 e o) SON de 2013. RegCPTECKF menos CFSR (quinta linha): p) MAM de 2013, q) JJA de 2013 e r) SON de 2013. RegCPTECEman menos CFSR (sexta linha): s) MAM de 2013, t) JJA de 2013, u) SON de 2013.	71
Figura 22- Médias espaciais sazonais da precipitação (mm/dia), referentes aos subdomínios em estudo. a) AMZ, b) NDE, c) SDE e d) SUL. Onde a linha preta representa o CPC, azul o TRMM,	

amarelo a CFSv2, ciano a CPTEC, rosa a RegCFSv2, vermelho a RegCPTECKF, marrom a RegCPTECEman e verde a RegCPTECKFEm. 73

Figura 23- Médias espaciais sazonais da temperatura do ar a 2 metros (°C), referentes aos subdomínios em estudo. a) AMZ, b) NDE, c) SDE e d) SUL. Onde a linha preta representa o ERA-Interim, azul o CFSR, amarelo a CFSv2, ciano a CPTEC, rosa a RegCFSv2, vermelho a RegCPTECKF, marrom a RegCPTECEman e verde a RegCPTECKFEm. 74

Figura 24- Viés da precipitação (mm/dia) referente a JJA de 2013 dos seis membros do RegCFSv2 e do ensemble RegCFSv2, comparado ao TRMM. a) membro dia 1, b) membro dia 5, c) membro dia 10, d) membro dia 15, e) membro dia 20, f) membro dia 25, g) ensemble físico RegCFSv2..... 91

Figura 25- Viés da precipitação (mm/dia) referente a JJA de 2013 dos seis membros do RegCFSv2 e do ensemble RegCFSv2, comparado ao CPC. a) membro dia 1, b) membro dia 5, c) membro dia 10, d) membro dia 15, e) membro dia 20, f) membro dia 25, g) ensemble físico RegCFSv2..... 92

Figura 26- Viés da temperatura do ar a 2m (°C) referente a JJA de 2013 dos seis membros do RegCFSv2 e do ensemble RegCFSv2, comparado ao ERA-Interim. a) membro dia 1, b) membro dia 5, c) membro dia 10, d) membro dia 15, e) membro dia 20, f) membro dia 25, g) ensemble físico RegCFSv2..... 93

Figura 27- Viés da temperatura do ar a 2m (°C) referente a JJA de 2013 dos seis membros do RegCFSv2 e do ensemble RegCFSv2, comparado ao CFSR. a) membro dia 1, b) membro dia 5, c) membro dia 10, d) membro dia 15, e) membro dia 20, f) membro dia 25, g) ensemble físico RegCFSv2..... 94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AB- Alta da Bolívia
- AMJ- Abril, maio e junho
- AMZ- Região Amazônica
- AS- América do Sul
- ASAS - Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
- ASO- Agosto, setembro e outubro
- BATS- *Biosphere - Atmosphere Transfer Scheme*
- CCMs- Complexos Convectivos de Mesoescala
- CCM3.6- *Community Climate Model version 3.6*
- CEMADEN- Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
- CFSR- *Climate Forecast System Reanalysis*
- CFSv1- *Climate Forecast System version 1*
- CFSv2- *Climate Forecast System version 2*
- CGA- Circulação Geral da Atmosfera
- CLM- *Community Land Model*
- CMAP- *Climate Prediction Center - Merged Analysis of Precipitation*
- CORDEX - *Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment*
- CPC- *Climate Prediction Center*
- CPTEC- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
- CPTEC/COLA- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/ *Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies*
- DJF- Dezembro, janeiro e fevereiro
- DOLs- Distúrbios Ondulatórios de Leste
- ECMWF- *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*
- EN- El Niño
- ENOS- El Niño- Oscilação Sul
- ESP- *Earth System Physics*
- FMA- Fevereiro, março e abril
- GFS- *Global Forecast System*
- GLCC- *Global Land Cover Characterization*
- GPCP- *Global Precipitation Climatology Project*
- GrEC-USP- Grupo de Estudos Climáticos da Universidade de São Paulo
- HN- Hemisfério Norte

HS- Hemisfério Sul

ICTP- *International Center for Theoretical Physics*

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia

INPA- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IRI- *International Research Institute on Climate and Society*

JAS- Julho, agosto e setembro

JAXA- *Japan Aerospace Exploration*

JBN- Jato de Baixos Níveis

JFM- Janeiro, fevereiro e março

JJA- Junho, julho e agosto

LN- La Niña

MAM- Março, abril e maio

MCGA- Modelos de Circulação Geral da Atmosfera

MCR- Modelos Climáticos Regionais

MJJ- Maio, junho e julho

NASA- *National Aeronautics and Space Administration*

NCEP- *National Centers for Environmental Prediction*

NDJ- Novembro, dezembro e janeiro

NDE- Região Nordeste do Brasil

NOAA- *National Oceanic and Atmospheric Administration*

OMJ- Oscilação de Madden e Julian

OND- Outubro, novembro e dezembro

OS- Oscilação Sul

PCS- Previsões climáticas sazonais

PNM- Pressão ao Nível do Mar

RegCFSv2- RegCM4.3 dirigido com a saída do modelo global CFSv2 simulado com dois esquemas: BATS e Grell

RegCM- *Regional Climate Model*

RegCM3- *Regional Climate Model, version 3*

RegCM4.3- *Regional Climate Model, version 4.3*

RegCM4.5- *Regional Climate Model, version 5.5*

RegCPTECKF- Previsões rodadas com o modelo RegCM4.5, com previsão do modelo global CPTEC como condição inicial e de fronteira e parametrizações de BATS e Kain-Fritsch.

RegCPTECEman- Previsões rodadas com o modelo RegCM4.5, com previsão do modelo global CPTEC como condição inicial e de fronteira e parametrizações de BATS e Emanuel.

SCMs- Sistemas Convectivos de Mesoescala

SDE- Região Sudeste do Brasil

SMAS- Sistema de Monção da América do Sul

SON- Setembro, outubro e novembro

SUL- Sul do Brasil

TRMM- *Tropical Rainfall Measuring Mission*

TSM- Temperatura da superfície do mar

u- componente zonal do vento

USGS- *United States Geological Survey*

v- componente meridional do vento

VCANs- Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis

ZCAS- Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCIT- Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
2. OBJETIVOS.....	19
2.1. Objetivo geral.....	19
2.2. Objetivos específicos.....	19
3. JUSTIFICATIVA.....	20
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	21
4.1. Sistemas meteorológicos atuantes no Brasil.....	21
4.2. Sistemas meteorológicos que influenciam as regiões em estudo.....	23
4.3. Variabilidade de baixas frequências.....	28
4.4. Uso de modelo para a previsão do clima sazonal.....	29
4.5. Estudos com Modelos Climáticos na América do Sul.....	31
4.6. Disponibilização de previsões sazonais.....	34
4.7. O clima em 2013 e 2014.....	36
5. METODOLOGIA.....	40
5.1. Modelos.....	40
5.1.1. CFSV2.....	40
5.1.2. CPTEC.....	40
5.1.3. RegCM.....	41
5.2. Características das previsões com o RegCM4.....	44
5.3. Dados para Validação das Previsões.....	45
5.4. Análises.....	47
5.4.1. Médias trimestrais.....	47
5.4.2. Índice de concordância de Willmott.....	49
5.4.3. Dias secos e úmidos consecutivos.....	49
6. RESULTADOS.....	51
6.1. Modelos Globais.....	51
6.1.1. Circulação da atmosfera representada pelos modelos globais.....	51
6.2. RegCM4.3 dirigido pelo CFSV2.....	61
6.2.1. Precipitação sazonal.....	64
6.2.2. Temperatura sazonal.....	66
6.3. RegCM4.5 dirigido pelo CPTEC.....	67
6.3.1. Precipitação sazonal.....	68
6.3.2. Temperatura sazonal.....	70

6.4. Médias regionais.....	72
6.5. Períodos secos e úmidos.....	76
7. CONCLUSÕES.....	79
7.1. Considerações finais.....	79
7.2. Recomendações para trabalhos futuros	81
REFERÊNCIAS	82
ANEXOS.....	91
GLOSSÁRIO.....	104

1. INTRODUÇÃO

O Brasil cobre áreas em diferentes latitudes e que possuem condições climáticas distintas (REBOITA et al., 2010a). Estas condições climáticas influenciam diretamente as atividades econômicas exercidas tanto no Brasil quanto no mundo. Entre elas, destacam-se a agricultura e a geração de energia hidroelétrica. Diante disso, previsões climáticas de boa qualidade tornam-se de grande importância para o sucesso de tais atividades (RESENDE; CHOU, 2014). A previsão climática não é tarefa simples, pois envolve períodos superiores há 15 dias o que está suscetível ao efeito do caos (LORENZ, 1965). Outra dificuldade das previsões climáticas é em relação à inicialização da umidade do solo e ajuste do ciclo hidrológico (GIOGI; MEARNNS, 1999).

Diferente da previsão de tempo, em que se deseja saber como serão as condições atmosféricas nos dias seguintes, a previsão climática indica se uma dada estação do ano será, por exemplo, mais seca ou chuvosa do que a média climatológica, mais quente ou mais fria etc. Desta forma, as previsões climáticas sazonais são de suma importância para a sociedade, especialmente no planejamento das atividades socioeconômicas, tendo em vista que estas previsões permitem a tomada antecipada de decisões, de forma que os impactos climáticos sejam minimizados, assim como o grau de vulnerabilidade de uma determinada região ou setor da sociedade (MACHADO; DA ROCHA, 2011; SILVEIRA et al., 2011; FERREIRA et al., 2012).

A previsão climática pode ser realizada com modelos de circulação geral da atmosfera ou modelos de área limitada, também chamados de modelos climáticos regionais (MCR). Os MCR, em geral, produzem prognósticos mais acurados dos que os modelos globais já que possuem melhor resolução horizontal e parametrizações físicas mais adequadas para resolver os processos atmosféricos de mesoescala (MISRA; DIRMEYER; KIRTMAN, 2003; CUADRA; DA ROCHA, 2006). Portanto, essa característica dos MCR pode contribuir para previsões mais realísticas, como por exemplo, na região sudeste do Brasil, onde a topografia é complexa, além de ser uma região de transição trópicos-extratrópicos.

Os MCR são dirigidos por reanálises ou por previsão de modelos globais. Dentre os modelos climáticos globais usados na previsão sazonal, pode-se citar o sistema *Climate Forecast System version 2 - CFSv2* (SAHA, 2014) e o modelo global do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC (CAVALCANTI et al., 2002). Esses dois modelos globais são utilizados no presente estudo.

Considerando que a previsão climática sazonal ainda é um desafio para todas as regiões do globo, que prognósticos mais precisos do clima podem auxiliar no planejamento de atividades de diferentes setores da sociedade e tendo em vista um complemento aos esforços da comunidade científica na previsão climática sazonal para o Brasil, esse estudo avalia as previsões sazonais dos modelos globais CFSv2 e CPTEC e a do regional RegCM4 sobre o Brasil e em subdomínios específicos: Sudeste do Brasil (SDE), Nordeste do Brasil (NDE), Amazônia (AMZ) e Sul do Brasil (SUL).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a qualidade das previsões climáticas sazonais dos modelos climáticos globais CFSv2 e CPTEC e do modelo regional RegCM4, sobre o Brasil.

2.2. Objetivos específicos

- Validar as previsões da circulação atmosférica, temperatura do ar a 2 metros e precipitação dos modelos globais em estudo.
- Identificar se o RegCM4 adiciona valores as previsões do clima sazonal dos modelos globais.
- Avaliar a qualidade das previsões climáticas sazonais dos modelos climáticos globais CFSv2 e CPTEC e a do modelo regional RegCM4, nos subdomínios específicos: Sudeste do Brasil (SDE), Nordeste do Brasil (NDE), Amazônia (AMZ) e Sul do Brasil (SUL).
- Identificar quais as regiões do Brasil que cada modelo simula melhor o clima sazonal.

3. JUSTIFICATIVA

Este trabalho visa comparar e validar os resultados de modelos globais (CFSv2 e CPTEC) e do modelo regional RegCM4 em previsões climáticas trimestrais, para o ano de 2013. Isso permitirá conhecer as habilidades e deficiências na previsão climática sazonal (PCS) e indicará se a utilização destes modelos podem fornecer prognósticos trimestrais confiáveis o suficiente para serem aplicados em outras áreas de pesquisa e para auxiliar os diferentes setores da sociedade a planejarem suas atividades.

Alguns dos setores que podem ser beneficiados com previsões climáticas mais acuradas são o da energia, agricultura e turismo, por exemplo. O setor que comercializa energia elétrica precisa saber como a precipitação em uma determinada estação do ano será em relação à climatologia, para controlar o preço da energia e a quantidade de água nos reservatórios. No setor da agricultura, a PCS ajuda na tomada de decisão dos períodos mais adequados para plantio e colheita das culturas. Já o setor do turismo, precisa ter conhecimento com antecedência de como será o próximo trimestre para decidir em qual lugar investir em viagens para aquela estação, por exemplo, se souber com antecedência que será um período mais quente, pode investir mais em viagens para a praia e se for um período mais frio, em regiões que são famosas no turismo pelo clima frio.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Sistemas meteorológicos atuantes no Brasil

A distribuição territorial do Brasil em diferentes latitudes e com uma geografia diversificada proporciona a atuação e o desenvolvimento de diferentes sistemas atmosféricos, que contribuem para a grande diversidade climática desta região (AMBRIZZI et al., 2006; REBOITA et al., 2010a). O clima de uma região é estabelecido por fatores intitulados controladores climáticos, que atuam na escala global e regional. Entre os mais importantes estão: a latitude, altitude, cobertura vegetal, topografia, proximidade com o oceano e a circulação geral da atmosfera (CGA) (REBOITA et al., 2012).

As regiões montanhosas causam influência nos ventos, pois, estes ao encontrarem uma barreira topográfica, tendem a ascender e, nesse processo, pode ocorrer a formação de nuvens e precipitação no lado barlavento das montanhas (REBOITA et al., 2010a). Além disso, regiões altas, são mais frias do que aquelas ao nível médio do mar. Em escala regional, a topografia causa circulações de vale e montanha (REBOITA et al., 2014a).

A proximidade com o oceano é importante para o clima de uma região, pois, ela receberá influência de brisas marítimas e terrestres, as quais resultam do aquecimento e resfriamento diferenciais que se estabelecem entre a terra e a água. Estas brisas afetam até 100 km para dentro do continente ou do mar (FERREIRA; MELLO, 2005). Durante o dia, a superfície terrestre (continente) se aquece mais rapidamente que o oceano adjacente, fazendo com que a pressão sobre o continente seja mais baixa que sobre o oceano. Desta forma, o vento à superfície sopra do oceano para o continente, caracterizando a brisa marítima. Porém, no período da noite, o continente perde calor mais rapidamente que o oceano, e como consequência, este fica com temperaturas mais elevadas se comparadas às do continente. Assim, a pressão fica maior sobre o continente, fazendo com que o vento sopra do litoral para o oceano, caracterizando a brisa terrestre (FERREIRA; MELLO, 2005; REBOITA et al., 2012). Os autores citados anteriormente, também ressaltam que a proximidade com o oceano é importante para o suprimento de vapor d'água para a atmosfera, o que contribui para o efeito estufa local, favorecendo temperaturas com menor variação diária do que das regiões no interior do continente.

A CGA é uma consequência da distribuição latitudinal da energia solar e da distribuição assimétrica de continentes e oceanos (HARTMANN, 1994). Detalhes sobre o modelo

conceitual de CGA podem ser obtidos em Hartmann (1994), Reboita et al. (2012) e Ynoue et al. (2017), por exemplo.

Com relação à precipitação, a figura 1, extraída de Reboita et al. (2012), apresenta a precipitação média sazonal na América do Sul (AS) no período de 1979 a 2008. Durante todo o ano, o Norte da AS é uma região com precipitação abundante, enquanto que a região central do continente é seca no inverno. A figura 1 também realça próximo à zona equatorial uma faixa de intensa precipitação no oceano Atlântico, o que indica a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT- ver seção 4.4.2). Já o verão (figura 1), mostra uma banda que se estende da Amazônia ao sudeste do Brasil com precipitação abundante no verão, o que caracteriza a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS- ver seção 4.2.1).

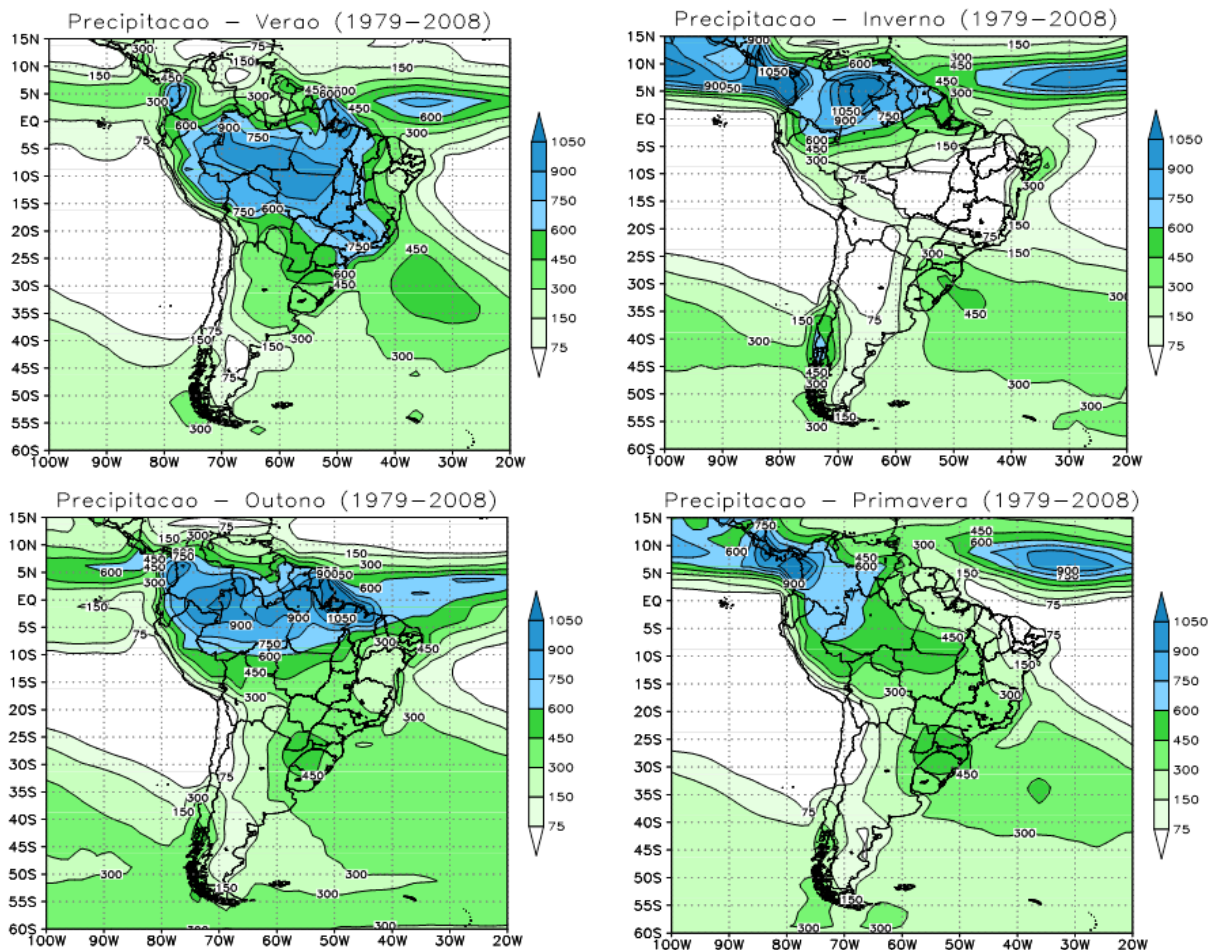


Figura 1- Média sazonal da precipitação (mm) na América do Sul entre 1979 e 2008 com base nos dados do *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP). (Fonte: REBOITA et al., 2012)

4.2. Sistemas meteorológicos que influenciam as regiões em estudo

Existem vários sistemas meteorológicos que contribuem para as características climáticas no Brasil, porém neste trabalho serão discutidos apenas os sistemas meteorológicos atuantes nas quatro regiões em estudo: Sudeste do Brasil (SDE), Amazônia (AMZ), Nordeste do Brasil (NDE) e Sul do Brasil (SUL).

A região Sudeste do Brasil apresenta características climáticas diversificadas, devido a topografia, localização latitudinal entre 15° e 25°S, distribuição longitudinal, cuja área se estende da zona costeira do Oceano Atlântico até aproximadamente 1.000 km de distância do mar e, também, devido aos aspectos dinâmicos da atmosfera, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), sistemas frontais, o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) subtropicais, que dependendo da posição, ocasionam grandes períodos de estiagens (SANT'ANNA NETO, 2005; MINUZZI et al., 2007b, REBOITA et al., 2012).

O regime de precipitação na Amazônia não é homogêneo, onde, os sistemas meteorológicos que causam precipitação ocorrem em diferentes escalas de tempo e de espaço, tais como: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), ZCAS, sistemas frontais, linha de instabilidade e convecção associada a Alta da Bolívia (AB) (ALBUQUERQUE et al., 2010; FERREIRA et al., 2012).

O NDE engloba a maior parte do semiárido brasileiro. Em geral, os mecanismos que governam o regime de chuva desta região são: ventos alísios; ZCIT; sistemas frontais; VCANs; linha de instabilidade; CCMs; efeito das brisas marítima e terrestre e os distúrbios ondulatórios de Leste (DOLs) (FERREIRA; MELLO, 2005; ALVES et al., 2006; TORRES; FERREIRA, 2011; DANTAS et al., 2013; COSTA; SOUZA; SILVA, 2014). Vale ressaltar, que dependendo da localização, a região sofre mais ou menos influência dos mecanismos citados acima. Por exemplo, a ZCIT é responsável pelas precipitações que ocorrem no centro norte da NDE, os sistemas frontais provocam chuva no centro sul do NDE, os DOLs são responsáveis pelas chuvas na costa leste do NDE, enquanto, os VCANs, produzem chuvas, especialmente, na parte norte do NDE (COSTA; SOUZA; SILVA, 2014).

A região sul do Brasil tem precipitação bem distribuída ao longo do ano, com totais pluviométricos elevados e possui seu tempo e clima influenciados por fenômenos meteorológicos como sistemas frontais, CCMs, linha de instabilidade pré-frontais, VCANs, ciclones extratropicais e JBN (PEZZI.; UBARANA; REPELLI, 2000; REBOITA et al., 2012;

CERA; FERRAZ, 2015). Os ciclones extratropicais formam-se na presença de intensos gradientes horizontais de temperatura, e estes sistemas influenciam o tempo das regiões onde atuam devido à formação de nuvens, precipitação, ventos fortes e bruscas mudanças na temperatura (REBOITA, 2008). Vale destacar que a região sul está na rota dos sistemas frontais, sendo influenciada o ano todo por esses sistemas.

A ZCAS exerce um papel importante no regime de chuvas na região onde atua, acarretando altos valores de precipitação em grande parte da AS durante os meses de primavera e verão (CARVALHO; JONES; LIEBMANN, 2004; CHAVES; SATYAMURTY, 2006; GRIMM, 2011; QUADRO et al., 2012). Este fenômeno é definido como uma faixa de nebulosidade persistente por vários dias, com orientação noroeste-sudeste, que se estende desde o sul da região Amazônica até o Atlântico Sul-Central, cuja estrutura é originada e mantida pela interação entre a convecção tropical e os sistemas de grande escala (FERREIRA; SANCHES; DIAS, 2004; CHAVES; SATYAMURTY, 2006; MENDONÇA; BONATTI, 2008, VIEIRA et al., 2014). Um fator que pode influenciar a ZCAS é a confluência entre os ventos de nordeste do ASAS, os quais transportam para o interior do Brasil calor e umidade provindos do oceano Atlântico, e o Jato de Baixos Níveis (JBN) a leste dos Andes, que transporta calor e umidade da região Amazônica e do oceano Atlântico tropical para o sudeste da AS (SANTOS; CAMPOS; LIMA, 2008; REBOITA et al., 2010a). Para a manutenção das ZCAS também é necessário a presença de uma frente fria.

O JBN é responsável pelo transporte de umidade da bacia Amazônica para o sudeste da AS e se caracteriza por uma estreita zona com ventos intensos no lado leste dos Andes, o qual canaliza a umidade em direção sul (MARENGO; DOUGLAS; SILVA DIAS, 2002; BENETI, 2012). Na AS, principalmente durante a primavera e verão, os JBN a leste dos Andes são importantes fontes de umidade para o surgimento dos Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCMs) (BENETI, 2012). Esse jato está presente o ano inteiro (LENTERS; COOKS, 1999; MARENGO et al., 2004; SANTOS; CAMPOS; LIMA, 2008), embora ao norte de 20°S a maior frequência ocorra durante o verão austral (DJF) (MARENGO et al., 2004). Quando os JBN estão direcionados para o sul do Brasil e centro da Argentina no verão, a ZCAS fica enfraquecida, porém, quando o JBN se desloca em direção ao sudoeste do Brasil há ZCAS (NOGUÉS-PAEGLE; MO, 1997).

A passagem, formação ou intensificação de frentes frias durante o ano todo é, também, um importante mecanismo causador de precipitação na AS, principalmente próximo ao litoral das regiões Sul e Sudeste do Brasil (RODRIGUES; FRANCO; SUGAHARA, 2004;

FERREIRA; MELLO, 2005). As frentes frias se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio com uma massa de ar quente, onde, a massa de ar frio força a massa de ar mais quente a subir. Isto favorece a formação de nuvens e precipitação (FERREIRA; MELLO, 2005; REBOITA et al., 2012). Os sistemas frontais, ao longo da sua trajetória, modificam os campos de pressão atmosférica, de vento, e de outras variáveis atmosféricas (WALLACE; HOBBS, 1977). Quando os sistemas frontais chegam a região norte do Brasil, chama-se o fenômeno de friagem (SELUCHI, 2009). Alguns sistemas frontais também conseguem chegar ao nordeste do Brasil (KOUSKY, 1979). No sudeste do Brasil há maior frequência de frentes frias entre o inverno e primavera (SILVA; REBOITA; DA ROCHA, 2014; CARDOZO; REBOITA; GARCIA, 2015)

O ASAS é um anticiclone semipermanente que dependendo da posição pode favorecer ou não a precipitação no sudeste e nordeste do Brasil. Segundo Kayano e Andreoli (2009), ele atinge sua máxima intensidade em julho e depois enfraquece no verão. No verão, o ASAS está mais afastado do continente e no inverno seu setor oeste atua sobre este. Desta forma, no inverno, o ASAS inibe os processos convectivos e a passagem de frentes, o que contribui para baixos totais pluviométricos nas regiões sudeste e nordeste do Brasil (REBOITA et al., 2010a; SILVA; REBOITA; DA ROCHA, 2014)

Na AS atuam os VCANs subtropicais e os tropicais. A posição dos VCANs subtropicais está entre as latitudes de 20° S e 30° S, enquanto que a posição dos VCANs tropicais é do equador a 15° S (SATYAMURTY; SELUCHI, 2007). Desta forma, os VCANs subtropicais, podem afetar a região central, sul e sudeste do Brasil enquanto que os tropicais, o nordeste do Brasil. As diferenças entre VCANS subtropicais e tropicais, está especialmente em termos do processo de formação, duração do ciclo de vida, propagação e a estação do ano preferencial de ocorrência (SATYAMURTY; SELUCHI, 2007). Os VCANs tropicais ocorrem preferencialmente entre meados da primavera até início do outono. Já os VCANs subtropicais, segundo Reboita et al. (2010b), são mais frequentes durante o verão, outono e inverno em 200, 300 e 500 hPa, respectivamente. Nestes níveis, eles tendem a ocorrer próximos dos continentes, preferencialmente no sudeste da Austrália para a Nova Zelândia, no Sul da AS e no sul da África. Estes sistemas ocorrem na alta troposfera, consistem em uma circulação ciclônica fechada, de escala sinótica, a qual possui o núcleo mais frio que a periferia e que quando observado pelas imagens de satélite, mostram uma formação de nuvens com a forma aproximada de um círculo com giro no sentido horário, onde, na sua periferia há formação de nuvens causadoras de chuva e no centro há movimentos de ar subsidente, aumentando a pressão

e impedindo a formação de nuvens (FERREIRA; MELLO, 2005; PINHEIRO et al., 2014). O tempo de vida desses sistemas varia em média, entre 7 a 10 dias e podem favorecer o desenvolvimento de ciclones em superfície, através do processo de advecção de vorticidade ciclônica absoluta em níveis médios, ou por se estenderem até baixos níveis (FERREIRA; MELLO, 2005; REBOITA et al., 2010a).

A ZCIT pode ser definida como uma banda de nuvens que contorna a faixa equatorial do globo terrestre, formada, sobretudo pela convergência dos ventos alísios de nordeste do Hemisfério Norte (HN) com os ventos alísios de sudeste do Hemisfério Sul (HS) (XAVIER et al., 2000; FERREIRA; MELLO, 2005; DANTAS et al., 2013). Ela está relacionada a nuvens convectivas e é um dos mais importantes sistemas meteorológicos atuando nos trópicos e que determina quão abundante ou deficiente serão as chuvas neste setor (XAVIER et al., 2000). De acordo com Melo, Cavalcanti e Souza (2009) a ZCIT migra sazonalmente, para sua posição mais ao norte (em torno de 14°N), durante agosto-setembro e para sua posição mais ao sul (em torno de 2°S) durante março-abril. Essa migração está associada ao fortalecimento ou enfraquecimento dos ventos alísios de nordeste e sudeste e tem papel importante na determinação da estação chuvosa para a região norte e nordeste do Brasil. Ocorrências de gradientes meridionais de anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) no oceano Atlântico Tropical influenciam bastante na posição latitudinal da ZCIT, alterando assim a distribuição sazonal de precipitação pluviométrica sobre o Atlântico Equatorial, parte norte do Nordeste do Brasil, até a parte central da Amazônia (NOBREGA; SANTIAGO, 2014).

Os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCMs) são importantes para o ciclo hidrológico terrestre, por estarem associados a fenômenos como chuvas intensas e eventos de tempo severo em todo o globo (BENETI, 2012). Os SCM possuem formas variadas, são compostos principalmente por um aglomerado de nuvens convectivas e apresentam regiões com precipitação que pode ser convectiva e estratiforme as quais desenvolvem circulações de mesoescala à medida que amadurecem (HOUZE JR., 2004; BENETI, 2012). Podem ser classificados como: linha de instabilidade, os que possuem forma de linha; Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs), os que apresentam um formato circular ou simplesmente, SCM, os de formas irregulares (CAMPOS; EICHHOLZ, 2011). As linha de instabilidade se formam pela confluência dos ventos alísios com as brisas e consistem de um conjunto de cumulonimbus alinhados que se deslocam uniformemente, mantendo certa identidade durante seu tempo de vida, que varia entre poucas horas até um dia. Com a grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região tropical, são formadas as linhas de instabilidade, as quais

ocorrem devido ao desenvolvimento das nuvens *cumulus*, que atingem um número maior à tarde e início da noite, quando a convecção é máxima, com consequentes precipitações (FERREIRA; MELLO, 2005; YAMAMOTO, 2016). Na região sudeste do Brasil ocorrem linhas de instabilidade pré-frontais (REBOITA; DUTRA; DIAS, 2016).

A Alta da Bolívia (AB) é um sistema tropical em altos níveis, de circulação anticiclônica, que se posiciona sobre o platô boliviano, apresentando máxima intensidade nos meses de dezembro a fevereiro e sua formação se deve à intensa atividade convectiva sobre a Amazônia, a convergência de vapor d'água em baixos níveis e a liberação de calor latente em altos níveis (CAVALCANTI et al., 2009; SANTOS, 2012).

Vale ressaltar, que o chamado Sistema de Monção da América do Sul (SMAS) é um importante mecanismo determinante da precipitação na AS. Um sistema de monção é caracterizado pela inversão sazonal do vento nos baixos níveis da troposfera em resposta ao contraste térmico entre regiões continentais e oceânicas adjacentes (QUADRO et al., 2012; YNOUE et al., 2017; AHRENS, 2009). Entretanto, Zhou e Lau (1998) mostram que apesar da inversão sazonal do vento no SMAS não ser bem definida como na monção clássica, ao subtrair a média anual dos ventos em superfície das médias sazonais, a inversão sazonal característica do regime de monção é evidenciada e está associada ao forte aquecimento diabático sobre a região central da AS. O SMAS tem relação direta com a ZCAS, modulando o ciclo sazonal da precipitação sobre a AS tropical em distintas estações seca e chuvosa em uma região envolvida entre o equador e 25° S (SILVA, 2009).

Os VCANs que penetram na região NDE formam-se no oceano Atlântico, principalmente entre os meses de novembro a março. Geralmente, sua trajetória é de leste para oeste, com maior presença entre os meses de janeiro e fevereiro (GAN; KOUSKY, 1982; COSTA; SOUZA; SILVA, 2014).

Os DOLs são ondas que se formam no campo da pressão atmosférica, na área de influência dos ventos alísios da faixa tropical do globo terrestre e se deslocam de leste para oeste (TORRES; FERREIRA, 2011; REBOITA et al., 2010a; GOMES et al., 2015). Segundo Ferreira e Mello (2005), eles são responsáveis por provocar precipitação principalmente na região que se estende desde o Recôncavo Baiano até o litoral do Rio Grande do Norte, entretanto, quando as condições oceânicas e atmosféricas estão favoráveis, os DOLs também provocam chuvas no estado do Ceará nos meses de junho a agosto, principalmente na parte centro-norte do estado. Analisando imagens de satélites e os campos compostos do vento em

700 hPa, Gomes et al. (2015) notaram que o tempo médio de vida de eventos dos DOLs, comprimento de onda e velocidade média são de 5,5 dias, 4500 km e $9,5 \text{ m.s}^{-1}$, respectivamente.

4.3. Variabilidade de baixas frequências

Até aqui foram descritos os sistemas atmosféricos que contribuem para a precipitação no Brasil. Entretanto, esses sistemas podem ter sua frequência e/ou intensidade alterada pelos mecanismos de teleconexão. Entre esses, podem-se citar, por exemplo, o El Niño-Oscilação Sul, a Oscilação de Madden-Julian e o Dipolo de TSM do Atlântico Tropical.

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é o acoplamento de fenômenos oceânico e atmosférico. As componentes oceânicas do ENOS, El Niño (EN) e La Niña (LN), são definidas, respectivamente, pelo aquecimento e resfriamento anômalo das águas do Oceano Pacífico Equatorial central e leste. Já a componente atmosférica a Oscilação Sul (OS) é um fenômeno de grande escala caracterizado pela diferença da Pressão ao Nível do Mar (PNM) entre o Pacífico Central (Taiti) e o Pacífico Oeste (Darwin/Austrália) (KOUSKY; KAYANO; CAVALCANTI, 1984; MINUZZI et al., 2007a; CERA; FERRAZ, 2015). O ENOS causa anomalias climáticas em várias regiões do globo, uma vez que provoca mudanças na circulação de grande escala da atmosfera (ALVES; REPELLI, 1992). Sobre a AS, as anomalias climáticas relacionadas as duas fases do ENOS ocorrem nas mesmas regiões, mas de maneiras opostas (MINUZZI et al., 2007a). Em sua fase quente (fria) ocorre déficit (excesso) de precipitação no Nordeste do Brasil e Norte e precipitação acima (abaixo) da normal no Uruguai, Norte da Argentina, Chile e Sul do Brasil.

Com relação ao impacto do EN e LN na precipitação das regiões em estudo, tem-se que a região norte do Brasil, apresenta anomalia negativa (positiva) de precipitação no inverno do ano em que um evento de EN (LN) começa, e esta anomalia se mantém até o outono do ano seguinte (GRIMM, 2009). No sul do Brasil, na primavera de EN (LN) ocorrem fortes anomalias positivas (negativas) de precipitação, ao mesmo tempo em que no norte do Brasil há predominância de anomalias negativas (positivas). Ainda com relação ao sul, em fevereiro as condições são similares às condições de primavera, mas com anomalias menos intensas. Sobre o Nordeste, no outono a LN traz impacto significativo de precipitação, o que não é observado durante o EN. O sudeste/sul do Brasil apresenta aumento de precipitação no outono de EN, entretanto em LN o efeito não é tão significativo. Caso o episódio de EN persista até

outono/inverno, anomalias positivas ocorrem no outono em parte do Sul do Brasil, Argentina e Paraguai e apenas no Sul do Brasil no inverno (GRIMM, 2009).

O fenômeno Oscilação de Madden e Julian (OMJ), também conhecido como Oscilação de 30 – 60 dias, caracteriza-se pela propagação de uma onda atmosférica na direção zonal para leste, ao longo do globo terrestre e em latitudes tropicais (REPELLI et al., 1998; MELO, 2006; ALVES et al., 2012). Kayano, Jones e Dias (2009) citam que a OMJ é o modo equatorial mais importante na escala intrasazonal com impactos nas distribuições anômalas de precipitação nos trópicos e extratropicais e que a OMJ modula a intensidade da ZCAS com persistência maior que três dias. A atuação da OMJ influencia a AS, uma vez que faz com que os fenômenos meteorológicos se intensifiquem ou enfraqueçam, influenciando assim, no regime pluviométrico da região onde atua (MELO, 2006). Carvalho, Jones e Liebmann (2004) constataram que a fase da OMJ caracterizadas pela supressão (aumento) da atividade convectiva sobre a Indonésia e aumento (supressão) sobre o Pacífico Central, aumenta (diminui) o percentil de 95% da precipitação diária sobre o nordeste do Brasil.

O dipolo meridional de TSM no Atlântico Tropical é definido pela ocorrência de anomalias positivas (negativas) de TSM no Oceano Atlântico Tropical Sul e negativas (positivas) no Oceano Atlântico Tropical Norte. Quando as anomalias de TSM são positivas no setor sul, há mais precipitação no norte do nordeste do Brasil do que na fase oposta (REBOITA; AZEVEDO, 2014).

4.4. Uso de modelo para a previsão do clima sazonal

Previsões de clima e de tempo se diferenciam pelo período projetado, visto que a do tempo se estende em até 15 dias e o do clima de semanas a séculos. Outro fato notável, é que previsão do tempo busca prever com exatidão o local e momento da ocorrência dos fenômenos atmosféricos. Já na previsão climática, o importante é que os sistemas sejam simulados não importando se ocorram no momento exato. Esses devem aparecer a fim de sua influência ser computada nas médias (por exemplo, temperatura do ar e precipitação). Portanto, o objetivo da previsão climática é saber, por exemplo, se um período será mais ou menos chuvoso que a média (normal climatológica).

Para realizar previsões climáticas, os modelos podem ser globais ou regionais. Segundo Marengo et al. (2014) e Ynoue et al. (2017), de forma geral, os modelos são códigos

computacionais que possuem centenas de milhares de linhas de programação, as quais aplicam aproximações numéricas de equações matemáticas que representam as leis físicas que governam os movimentos da atmosfera. As equações são: conservação do momento, energia e massa.

Os modelos globais, possuem resoluções mais grosseiras que as dos regionais, ou seja, possuem resolução espacial da ordem de algumas dezenas de quilômetros, enquanto que os regionais, de apenas poucos quilômetros, o que permite a descrição das condições meteorológicas em regiões de topografia mais complexa afetadas por heterogeneidade de cobertura da superfície (continente/oceano) (SAMPAIO; DIAS, 2014). De acordo com Misra, Dirmeyer e Kirtman (2003) e Ferreira et al. (2012), os modelos globais são capazes de representar os sistemas de grande escala responsáveis por grande parte da variabilidade da precipitação e da temperatura do ar, entretanto, devido a sua baixa resolução espacial, sua aplicação em previsão climática tem sido limitada especialmente em aplicações que exigem resolução mais refinada como, na hidrologia e agricultura (MISRA; DIRMEYER; KIRTMAN, 2003; FREIRE; FREITAS; COELHO, 2015). Desta forma, há uma limitação nos modelos globais, visto que as características regionais são de suma importância para a composição do clima local, o qual é o resultado final da interação de múltiplos processos físicos de diferentes escalas de espaço e tempo (DANTAS et al., 2013), neste caso o modelo regional é mais indicado. Os modelos regionais necessitam saber o que está ocorrendo fora de seu domínio para iniciar seus cálculos. Desta forma, é necessário utilizar previsões de modelos globais (ou reanálises) para lhe informar as condições iniciais e de fronteira do domínio, esta técnica é chamada de *downscaling* dinâmico (SAMPAIO; DIAS, 2014). Uma vez que condições de fronteira como, temperatura da superfície do mar e radiação solar, são definidas a partir de outras simulações ou de dados observados, esses dados dificilmente são completos ou de precisão apropriada para estabelecer perfeitamente as condições do meio, de tal forma que existem incertezas nos resultados que serão simulados (ROQUE DA SILVA, 2005).

Com relação ao RegCM, as etapas envolvidas para a geração da previsão são:

- Pré-processamento: O primeiro passo para executar uma simulação é obter dados estáticos para criar o domínio (DOMAIN) do modelo (as informações necessárias são topografia e classificação do tipo de solo). O próximo passo é a preparação da TSM para a grade e resolução temporal do modelo regional. Por fim, tem-se a geração das condições de fronteira já na grade da simulação a ser realizada. As variáveis necessárias são: altura geopotencial, temperatura

do ar, umidade relativa e componentes zonal e meridional do vento (GIORGI; SOLMON; GIULIANI, 2016).

- Processamento: O segundo passo é executar o modelo, aqui o modelo já deve ter todos os dados necessários para permitir que a simulação seja iniciada. Nesta etapa pode-se modificar o tipo de parametrização que se quer usar, utilizando alguma que seja disponível pelo modelo. Para mais detalhes sobre as parametrizações físicas disponíveis no RegCM4.5, ver Giorgi, Solmon e Giuliani (2016).

- Pós-processamento: Nessa etapa, em geral, as simulações são interpoladas da grade vertical sigma-pressão para coordenadas de pressão e são calculadas médias e realizadas as análises das simulações.

4.5. Estudos com Modelos Climáticos na América do Sul

As previsões do sistema de previsão *Climate Forecast System version 2* (CFSv2) do *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP), foram analisadas por Reboita et al. (2011), no período entre 1999 e 2010 sobre a AS, através de comparações com as análises do *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP) e do *Climate Prediction Center - Merged Analysis of Precipitation* (CMAP). Segundo os autores, o CFSv2 simula o padrão espacial da precipitação anual e sazonal semelhante aos das análises, mas, em geral, subestima a precipitação sobre o continente em cerca de 1-2 mm/dia e superestima na ZCIT. Como o CFSv2 é hábil em reproduzir a variação sazonal da precipitação na AS, suas previsões (temperatura, vento etc.) podem ser utilizadas como condições inicial e fronteira em modelos climáticos regionais (MCRs).

Silva et al. (2014) avaliaram *hindcasts* do CFSv2 sobre o globo no período de DJF e JJA de 1983 a 2010. O CFSv2 possui melhor habilidade em prever a precipitação sobre o continente do que sobre o oceano e, embora o modelo possua grandes melhorias que sua versão anterior, investigações adicionais ainda são necessárias. *Hindcast* é uma técnica através da qual um dado modelo matemático é utilizado para realizar previsões temporais históricas, utilizando dados observados como condições iniciais. Desta forma, é vista a destreza do modelo em prever o clima, através da análise de comparação dos resultados obtidos com as respectivas observações (SANTOS; PORTELA; PULIDO-CALVO, 2015).

Cavalcanti et al. (2002) analisaram o *ensemble* (média de um conjunto de simulações) temporal do modelo CPTEC-COLA, integrado com nove condições iniciais (de 9 dias

consecutivos) do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) para um período de 10 anos, com foco na AS. O modelo é capaz de reproduzir o ciclo sazonal de precipitação e as principais características globais climatológicas da circulação atmosférica. Porém, a precipitação nos setores tropicais (subtropicais) das zonas de convergência no Hemisfério Sul é subestimada (superestimada). Sobre a AS, a variação sazonal é bem simulada, porém o modelo superestima a precipitação sobre os Andes e sobre o Nordeste do Brasil e a subestima em várias áreas do interior do continente, incluindo a bacia Amazônica.

A fim de contribuir com a modelagem climática, pesquisas têm avaliado a performance do *Regional Climate Model* (RegCM) do *International Centre for Theoretical Physics* (ICTP). Embora aqui sejam apresentados resultados de trabalhos sobre a AS, é interessante citar o estudo realizado para o Vietnã por Van et al. (2014) que investigaram a habilidade do RegCM4.2 dirigido pelo CFSv2 em prever sazonalmente a temperatura do ar no Vietnã. O qual apresenta objetivo similar ao da presente dissertação. As variáveis analisadas foram temperatura máxima, mínima e média do ar a 2 metros, para o período de janeiro de 2012 a novembro 2013. As previsões foram executadas quatro vezes por mês a partir do mês atual até os próximos seis meses e com estes dados foram realizados os *ensembles*. Os resultados mostraram que sem qualquer correção de viés, o RegCM tinha pouca habilidade em todo o Vietnã. Após a correção do viés, as previsões mostraram uma melhora, mas ainda limitadas, no modo operacional. Portanto, estudos mais detalhados são necessários para melhorar as habilidades de previsão sazonal dinâmica para o Vietnã.

Machado e da Rocha (2011) avaliaram o desempenho do RegCM3 aninhado ao modelo global CPTEC/COLA, entre maio de 2005 e julho de 2007, sobre o Brasil. Quando comparadas à observação, as previsões do CPTEC/COLA superestimam a chuva trimestral e defasam em um ou dois meses o pico da estação chuvosa no nordeste do Brasil, enquanto que o RegCM3 prevê melhor a precipitação e possui maior habilidade em prever a evolução temporal da temperatura desta região. No sudeste do Brasil, o CPTEC/COLA apresenta previsões um pouco melhores para a temperatura do ar, enquanto o RegCM3 simula melhor a precipitação. No SUL, as previsões de precipitação e temperatura do ar do RegCM3 são melhores que as do CPTEC/COLA. De acordo com os autores, em geral, as previsões de chuva e temperatura do RegCM3 são mais próximas das observações do que as do CPTEC/COLA. O RegCM3 também foi capaz de corrigir alguns erros sistemáticos do CPTEC/COLA, o que indicou um possível potencial para ser empregado na previsão sazonal.

Reboita et al. (2014b) utilizaram o RegCM4.3 para simular o clima da AS, através de sete simulações para o período de 1990 a 2000. Considerando toda a AS, os resultados mostram que a precipitação é melhor simulada com o esquema de superfície BATS (esquema de transferência biosfera-atmosfera), com as parametrizações de *cumullus* Grell sobre a superfície e Emanuel sobre o oceano, enquanto que para a temperatura do ar, os melhores resultados foram obtidos usando o esquema de *cumulus* de Emanuel em conjunto com o esquema de superfície e *Community Land Model* (CLM).

Da Rocha, Reboita e Cuadra (2012) simularam a precipitação sobre a AS utilizando o RegCM4 aninhado a reanálise ERA-Interim no período de 1989-1997 para ver a destreza do modelo em simular os períodos secos e úmidos. Foi testada a parametrização convectiva que combina os esquemas convectivos de Grell e Emanuel, considerando Grell sobre o continente e Emanuel sobre o Oceano. A simulação foi avaliada com a análise diária da precipitação do CPC em três subdomínios da AS: Amazônia (AMZ), Bacia do Prata (LPB) e Nordeste do Brasil (NDE). Em termos de climatologia, a fase e a intensidade do ciclo anual de precipitação sobre AMZ e LPB seguem a análise CPC, enquanto que no NDE o modelo captura a fase do ciclo anual de precipitação, mas grandes superestimções ocorrem durante a estação chuvosa. Sobre a AMZ e LPB há similaridade entre o CPC e a simulação na caracterização de eventos úmidos. Por fim, a simulação superestima os eventos úmidos sobre o NDE.

Gonçalves (2015) utilizou o modelo global CFSv2 como condição de contorno no RegCM4 para avaliar a previsão climática sazonal de precipitação no estado do Rio Grande do Sul, no período de agosto de 2013 a agosto de 2014 e empregou nove diferentes combinações (oceano e continente) de parametrizações de *cumulus*. Foram realizadas 34 simulações de 5 meses de duração para cada uma das 9 combinações de parametrizações de convecção *cumulus* e realizado um *ensemble* temporal para cada parametrização. Os dois primeiros meses de cada previsão foram considerados como período de *spin-up* sendo descartados do estudo. As análises mostraram que o RegCM4 apresentou correlações maiores e erros menores da precipitação em comparação com o modelo global CFSv2. Apesar de alguns setores do Rio Grande do Sul não terem sido representados adequadamente pelo RegCM4, ainda assim ele teve um bom desempenho em reduzir as superestimções de precipitação produzidas na previsão do CFSv2 e melhorar a distribuição temporal da mesma. O erro sistemático do modelo ficou acima de 60% em todas as parametrizações, e se apresentou mais seco, sugerindo, a necessidade de uma melhor calibração nas parametrizações. Estudos como o de Reboita et al. (2014b) confirmam que o RegCM4 tem viés seco sobre o Rio Grande do Sul.

No Brasil, o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) utiliza dois modelos numéricos para fornecer previsões climáticas: o modelo de circulação geral da atmosfera denominado de CPTEC (CAVALCANTI et al., 2002) e o modelo regional Eta (CHOU et al., 2005).

Previsões do modelo regional Eta foram estudadas por Chou et al. (2000, 2005), onde este modelo foi aninhado com o modelo de circulação geral da atmosfera CPTEC/COLA (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/ *Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies*). Chou et al. (2000) realizaram previsões sobre a AS para o mês de agosto (seco) e novembro (chuvoso) de 1997, e Chou et al. (2005) avaliaram as previsões para o período de 2002-2003, novamente com o modelo regional Eta aninhado ao CPTEC/COLA. Chou et al. (2000, 2005) mostraram, que há um melhoramento nas previsões do modelo Eta quando dirigido pelas simulações do CPTEC/COLA, uma vez que este simula melhor o padrão da precipitação do que o modelo global. Apesar do modelo Eta melhorar as previsões climáticas comparado ao modelo CPTEC/COLA, este ainda superestima a precipitação, especialmente, entre os meses de agosto a novembro em algumas regiões da AS. Entretanto, as áreas com maiores erros nas previsões estendem-se ao longo das costas norte e nordeste do Brasil e sobre os Andes. Já na região sudeste do Brasil, as maiores superestimativas ocorrem no sul de Minas Gerais (CHOU et al., 2005).

Por fim, ressalta-se que os estudos apresentados indicam que a técnica de *downscaling* adiciona valor aos resultados dos modelos regionais.

4.6. Disponibilização de previsões sazonais

Existem alguns institutos que executam modelos climáticos e disponibilizam suas previsões sazonais; entre eles estão o *Internacional Research Institute on Climate and Society* (IRI), da Universidade de Columbia; o *Climate Prediction Center* (CPC) do *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) e o *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) que são centros internacionais e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), que são brasileiros.

O IRI disponibiliza suas previsões sazonais de precipitação e temperatura para quase todo o globo, através do site: <<http://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/seasonal-climate-forecasts/>>. Neste site as previsões de precipitação e temperatura se encontram como

probabilidade de o trimestre ser normal, abaixo ou acima da normal climatológica. Todo mês, ele disponibiliza as rodadas dos modelos executadas no mês respectivo e libera previsões de até 4 combinações de trimestres a frente. Por exemplo, a rodada de janeiro faz previsões para janeiro-fevereiro-março, fevereiro-março-abril, março-abril-maio e abril-maio-junho. Para realizar estas previsões, é utilizada a combinação das previsões sazonais dos Modelos de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA) o ECHAM4.5 e o CCM3.6 (*Community Climate Model version 3.6*) (IRI, 2017). O IRI disponibiliza também a previsão sazonal para precipitação, temperatura a 2 metros e altura geopotencial para a combinação de dois trimestres adiante, no seguinte link: <http://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/Global/Forecasts/GCM.html>.

O CPC disponibiliza suas previsões sazonais no site <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/seasanom.shtml>. Estas são referentes às anomalias da temperatura da superfície do mar, precipitação e temperatura a 2 metros. São disponíveis 5 combinações de previsões sazonais, uma a mais que a do IRI. Outro centro de meteorologia que fornece previsões sazonais é o ECMWF. As previsões são apenas para o trimestre seguinte. São disponíveis previsões por *ensemble* para a temperatura do ar a 2 metros, pressão a nível médio do mar, precipitação e TSM (http://www.ecmwf.int/en/forecasts/charts/catalogue?f%5B0%5D=im_field_chart_type%3A483)

No Brasil, também há alguns centros que fazem a previsão climática sazonal e liberam ao público em geral, entre eles estão o INMET e o CPTEC/INPE. O INMET utiliza um modelo estatístico de previsão climática (LÚCIO et al., 2010) para realizar previsões sazonais de precipitação total e temperatura média para todo Brasil, e disponibilizam mensalmente a previsão sazonal para o trimestre seguinte, juntamente com um boletim informativo, através do link: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/prev_estocastica (INMET, 2017).

O CPTEC, em Cachoeira Paulista-SP, disponibiliza as previsões sazonais do modelo regional ETA para a AS, referentes às variáveis precipitação e temperatura do ar. Também disponibiliza as previsões sazonais das anomalias de precipitação, temperatura do ar, altura geopotencial em 500 hPa e pressão ao nível do mar para o globo todo. Essas previsões globais são realizadas com o MGCA CPTEC e estão disponíveis em: <http://clima1.cptec.inpe.br/gpc/pt>. Mensalmente, no CPTEC, ocorre uma reunião climática com pesquisadores e tecnólogos do INPE, Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e de

órgãos ligados à área de Meteorologia, Climatologia, Hidrologia e Desastres Naturais. Nesta reunião, é realizada a previsão por consenso entre os integrantes, com base na análise das condições diagnósticas oceânicas e atmosféricas globais e de modelos dinâmicos e estatísticos de previsão climática sazonal fornecidos pelos integrantes acima citados. As previsões climáticas para o Brasil da precipitação e temperatura apresentadas e discutidas durante esta reunião são colocadas em forma de distribuições de probabilidades para as categorias acima, dentro e abaixo da faixa normal climatológica. Estas previsões são disponibilizadas no portal do INPE/CPTEC no link: <<http://clima1.cptec.inpe.br/>>. Neste link também estão disponíveis boletins como o prognóstico climático e o boletim climanálise.

O Grupo de Estudos Climáticos da Universidade de São Paulo (GrEC-USP) atualmente não executa nenhum modelo climático, mas com base nos produtos dos centros de meteorologia já citados, realiza mensalmente reuniões climáticas e disponibiliza suas previsões climáticas sazonais (por consenso) em: <www.grec.iag.usp.br>.

4.7. O clima em 2013 e 2014

Como o período estudado compreende o ano de 2013 e início de 2014 é importante apresentar um resumo das condições climáticas em ambos.

Sánchez-Lugo et al. (2014), Marengo et al. (2014; 2015), Sánchez-Lugo (2015), Martínez, et al. (2015), Reboita et al. (2015) e Coelho et al. (2016) são alguns dos pesquisadores que descrevem as características climáticas dos anos de 2013 e 2014.

Segundo o CPC, o ano de 2013 e início de 2014 foram caracterizados por condições neutras de ENOS. Isto pode ser verificado em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>.

Em 2013 na AS, a temperatura média anual foi acima da normal climatológica (média de 1961-1990), exceto no sudeste do continente onde as anomalias foram negativas (figura 2). As anomalias mais quentes e mais persistentes foram observadas ao longo da fronteira entre Colômbia e Venezuela e nordeste do Brasil (figura 2, SÁNCHEZ-LUGO et al., 2014). Segundo Marengo et al. (2014), em quase em toda a AS, a temperatura média mensal foi cerca de 1°C mais quente do que a normal durante praticamente todo o ano de 2013, até mesmo no inverno.

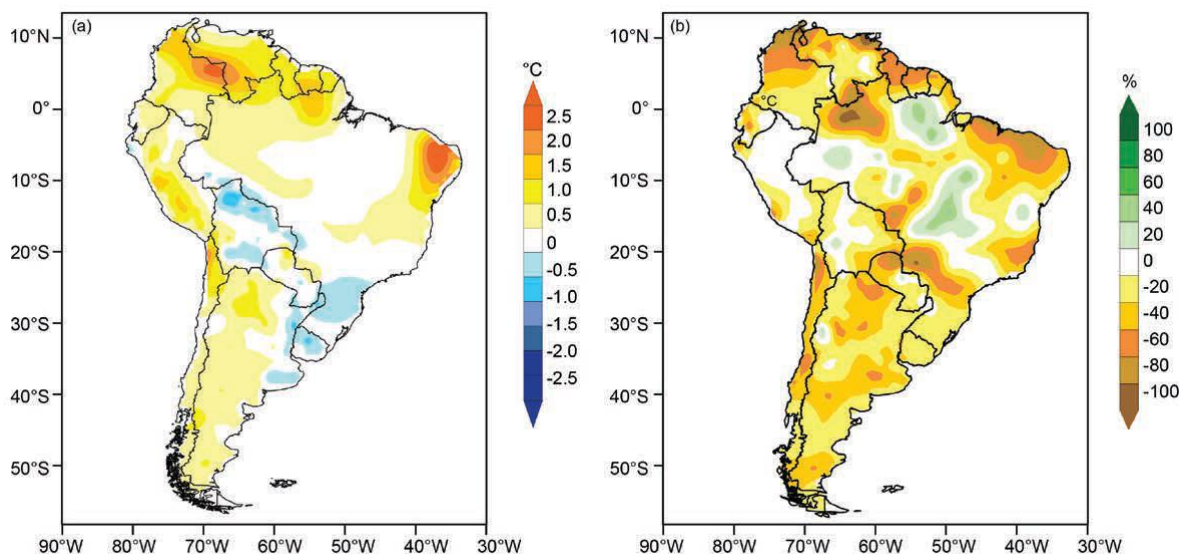


Figura 2- (a) anomalias da temperatura média anual ($^{\circ}$ C, período de base 1971-2000) e (b) anomalias de precipitação anual (% , período de base 1971-2000), referentes ao ano de 2013. (Fontes dos dados: Serviços Meteorológicos Nacionais da Argentina, Brasil, Bolívia, Chile, Colômbia, Equador, Paraguai, Peru, Suriname, Uruguai e Venezuela, processados pelo CIIFEN). (Fonte: SÁNCHEZ-LUGO et al., 2014).

Em 2013 a precipitação anual foi abaixo da normal climatológica na maior parte do continente (SÁNCHEZ-LUGO et al., 2014; MARENGO et al., 2014). No nordeste do Brasil, o verão e outono de 2013 tiveram déficit de 50 a 200 mm abaixo da média, dando continuidade à intensa seca que começou em 2012. De acordo com Marengo et al. (2014), as causas da seca no nordeste do Brasil estão relacionadas com anomalias na circulação em grande escala, onde a água superficial quente no Oceano Atlântico Tropical Norte favoreceu uma migração anômala da ZCIT para norte, o que reduziu o transporte de umidade do Atlântico Tropical Norte para a região. Já sobre o Sul do Peru e Bolívia, no mês de fevereiro houve precipitação de 200 mm acima da normal. Em dezembro de 2013, condições chuvosas de 100 a 300 mm acima da normal climatológica também foram identificadas sobre a Bolívia e sul do Nordeste do Brasil, enquanto os déficits de precipitação continuaram sobre a região da monção da AS em torno de 200 mm abaixo da normal (MARENGO et al., 2014).

Em 2014, a temperatura média anual foi acima da normal climatológica na AS, com anomalias entre 0,5 $^{\circ}$ C e 1,5 $^{\circ}$ C. No entanto, anomalias negativas de até 1,0 $^{\circ}$ C ocorreram no centro da Bolívia e norte do Paraguai (SÁNCHEZ-LUGO, 2015). Na região que abrange o Brasil, Paraguai, setores do norte da Argentina, Peru e Bolívia, as temperaturas médias mensais foram de 1 $^{\circ}$ a 2 $^{\circ}$ C mais quentes do que a normal na maior parte do ano de 2014. Janeiro e fevereiro foram excepcionalmente quentes, principalmente na região sudeste do Brasil, onde São Paulo e Rio de Janeiro tiveram recordes de temperatura máxima em relação às últimas décadas (MARENGO et al., 2015; REBOITA et al., 2015).

Com relação à precipitação no ano de 2014, esta foi abaixo da normal na AS ocidental e no norte e sudeste do Brasil, enquanto que a precipitação acima da normal foi observada sobre a Argentina, Uruguai, Paraguai e Bolívia central (MARTÍNEZ et al., 2015; SÁNCHEZ-LUGO, 2015). Marengo et al. (2015) ressaltam que foram observados déficits de precipitação entre janeiro e março sobre o sudeste do Brasil de 150 a 200 mm/mês abaixo da normal. Esses valores concordam com Coelho et al. (2016) que afirmam que em algumas áreas dentro desta região o déficit foi superior a 300 mm durante este período (figura 3). Reboita et al. (2015) comparam a precipitação de janeiro de 2014 com a média do período de 1979 a 2015 deste mesmo mês e notaram que há vários janeiros nos quais a anomalia de precipitação foi negativa no sudeste do Brasil, entretanto, os anos mais secos foram 2014 e 2015.

No Nordeste do Brasil, Marengo et al. (2015) notaram que entre janeiro e maio de 2014 a precipitação foi de 50 a 150 mm/mês abaixo da normal. O que também foi observado no trimestre de janeiro a março, na figura 3, por Coelho et al. (2016). Ainda segundo os autores citados, esta falta de precipitação na maior parte da AS subtropical ocorreu devido à intensificação do ASAS (fig. 4), que adquiriu características similares às do inverno, atuando sobre o sudeste do Brasil, o que desfavoreceu a ZCAS durante o verão.

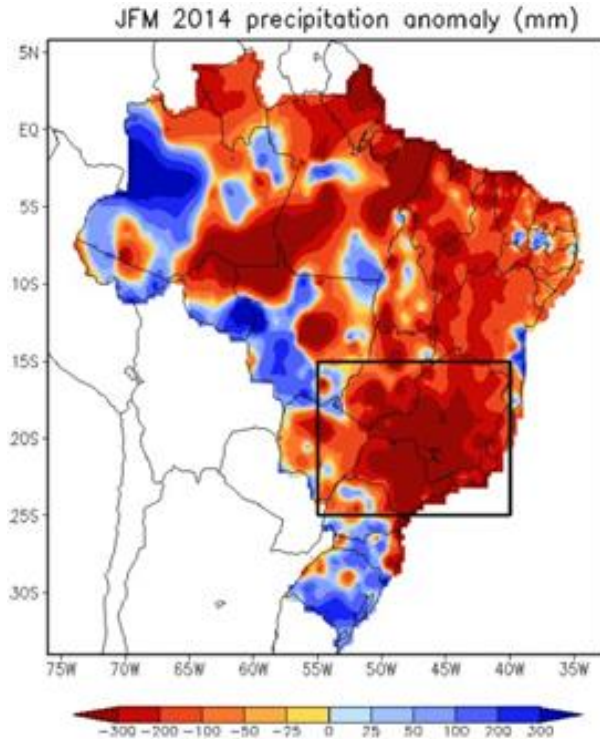


Figura 3- Anomalias de precipitação (mm) sobre o Brasil do verão austral (JFM) de 2014 em relação a climatologia (1981-2010). O retângulo em preto define a região sudeste do Brasil (área entre 15 ° S e 25 ° S e 55 ° W e 40 ° W). Os dados de precipitação utilizados para construir esses mapas são provenientes da rede brasileira de estações mantidas pelo Serviço Meteorológico Nacional (INMET), pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e pelos centros meteorológicos regionais (Fonte: COELHO et al., 2016).

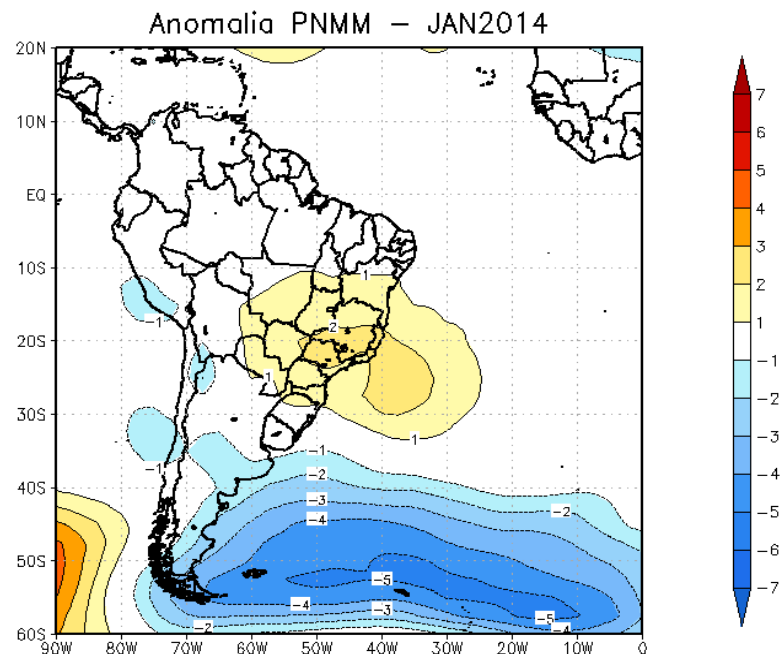


Figura 4- Anomalia de pressão a nível médio do mar (hPa) na América do Sul em relação à climatologia em janeiro de 2014 (Fonte: REBOITA et al., 2015).

5. METODOLOGIA

5.1. Modelos

5.1.1. CFSV2

O sistema CFSv2 (SAHA et al., 2014) desenvolvido pelo *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP) é uma versão aprimorada do CFSv1, em quase todos os aspectos da assimilação de dados e componentes do modelo de previsão do sistema. É um modelo acoplado que representa a interação entre os oceanos, terra e a atmosfera terrestre, e está sendo executado com grade espacial de $0,9^\circ \times 0,9^\circ$ de latitude por longitude. Suas previsões são executadas diariamente, desde seu lançamento em março de 2011. O CFSv2 é o mesmo modelo usado para criar o NCEP *Climate Forecast System Reanálise* (CFSR), porém, se diferenciam nas parametrizações físicas do modelo atmosférico e em alguns parâmetros de ajuste no modelo de superfície terrestre (SAHA et al., 2010; SAHA et al., 2014).

O CFSv2 possui 64 níveis na vertical e é constituído pela componente atmosférica do modelo *Global Forecast System* (GFS) com resolução T126 ($\sim 0,937^\circ$); pelo modelo oceânico *Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Modular version 4.0*, com espaçamento de $0,25^\circ$ latitude por $0,5^\circ$ de longitude; juntamente com um modelo interativo de três camadas de gelo marinho, o modelo de superfície terrestre Noah de quatro camadas, e as concentrações de CO_2 prescritas historicamente (SAHA et al., 2014). Para uma descrição mais detalhada sobre o CFSv2 veja Saha et al. (2010; 2014).

5.1.2. CPTEC

O Modelo de Circulação Geral da Atmosfera do CPTEC-INPE (CAVALCANTI et al., 2002), é uma versão lançada em 2007, possui resolução espacial de $1,8^\circ \times 1,8^\circ$ de latitude e longitude, resolução vertical com 28 camadas (níveis sigma) e suas previsões são realizadas diariamente. Este modelo é uma versão modificada do Modelo de Circulação Geral COLA do NCEP.

O esquema de convecção do CPTEC é o de Kuo (1974). Já o esquema de superfície é o *Simplified Simple Biosphere Model* (SSiB; XUE et al., 1991). Os processos dinâmicos do modelo do CPTEC e as parametrizações físicas são os mesmos do modelo COLA, descritos em Kinter III et al. (1997).

No esquema de parametrização Kuo (KUO, 1974), as quantidades e as distribuições verticais do calor latente liberado e do calor sensível transportado pelo *cumulus* profundo são expressas pela diferença de temperatura entre a nuvem e o ambiente e a convergência do fluxo de umidade produzida pela grande escala (KUO, 1974).

O esquema de superfície SSiB (XUE et al., 1991) simula a interação entre a superfície e a atmosfera, e descreve os processos de transferência turbulenta, radiativa e controle biofísico da evapotranspiração (CORREIA et al., 2005).

5.1.3. RegCM

O RegCM foi desenvolvido a partir do modelo MM4 pertencente ao NCAR. Atualmente, o RegCM é mantido pelo *Earth System Physics* (ESP) do *Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics* (ICTP). Foi o primeiro modelo de área limitada aplicado a estudos climáticos (GIORGI; ANYAH, 2012). Ao longo dos anos, novas parametrizações físicas foram sendo incorporadas no RegCM (GIORGI; ANYAH, 2012; GIORGI et al., 2012). No presente estudo foram utilizadas duas versões do RegCM: o RegCM4.3 e o RegCM4.5. Essa última versão foi lançada em 2016, quando as simulações do RegCM4.3 aninhado ao CFSv2 já haviam sido realizadas. Portanto, devido ao tempo de processamento e espaço necessário para armazenar os dados, decidiu-se utilizar a versão 4.5 apenas para as simulações aninhadas às saídas do modelo do CPTEC que ainda não haviam sido realizadas.

Para convecção *cumulus*, o RegCM4 possui várias opções de parametrizações, entre elas estão: Kuo Simplificado (ANTHES, 1977), Grell (GRELL, 1993), Emanuel (EMANUEL; ZIVKOVIC-ROTHMAN, 1999), Tiedtke (TIEDTKE, 1989), Kain-Fritsch (KAIN, 2004), Mixed1 (Grell no continente, Emanuel no oceano) e Mixed2 (Emanuel no continente, Grell no oceano). Enquanto que para os esquemas de superfície, estão disponíveis duas parametrizações: BATS (DICKINSON; HENDERSON-SELLERS; KENNEDY, 1993) e *Community Land Model versions 3.5 and 4.5* (CLM3.5 e CLM4.5, respectivamente) (STEINER et al., 2009). A seguir serão descritas as parametrizações utilizadas no presente estudo.

O esquema BATS (DICKINSON; HENDERSON-SELLERS; KENNEDY, 1993) descreve o papel da vegetação e a sua interação com o solo nas trocas turbulentas de momento, energia e vapor d'água entre a superfície e a atmosfera. Segundo Yamamoto (2016) o esquema

BATS utiliza 20 tipos de superfícies e 12 tipos de cores e texturas de solo pra o cálculo do Albedo. Já o esquema de Grell (GRELL, 1993) representa as nuvens convectivas profundas como uma corrente ascendente e uma descendente que só se misturam com o ar ambiente na base e no topo da nuvem. O esquema Grell é ativado quando uma parcela de ar se eleva atingindo a convecção úmida e usa o fechamento convectivo de Fritsch-Chappell (FRITSCH; CHAPPELL, 1980) que considera que a energia disponível é dissipada durante um período de tempo convectivo especificado definido entre 30 minutos e 1 hora (PAL et al., 2007; FERREIRA et al., 2012). Ainda segundo estes autores, o fechamento calcula a quantidade de convecção que ocorre e o esquema de convecção Grell estima as propriedades desta convecção.

A parametrização Kain-Fritsch (KAIN, 2004) é uma parametrização de *cumulus* baseada em Kain e Fritsch (1990; 1993) que emprega o método da parcela lagrangeano para estimar a existência de instabilidade e se ela se tornará disponível para o crescimento de nuvem, além de determinar as propriedades convectivas destas nuvens. Em função disso, o esquema Kain-Fritsch é dividido em três partes: 1) a função gatilho que dispara a convecção, 2) formulação do fluxo de massa, e 3) as hipóteses de fechamento (KAIN, 2004).

No esquema da parametrização de Emanuel (EMANUEL; ZIVKOVIC-ROTHMAN, 1999), a convecção é acionada quando o nível de equilíbrio de uma parcela de ar, é maior do que o nível de base da nuvem; sendo que o nível de equilíbrio ocorre quando uma parcela de ar, subindo ou descendo adiabaticamente, atinge a mesma densidade do seu ambiente. Uma vez que isto ocorre a parcela de ar é elevada e ocorre condensação de uma fração do ar úmido existente nessa parcela formando a precipitação, enquanto o que sobra desta parcela constitui a nuvem (EMANUEL; ZIVKOVIC-ROTHMAN, 1999; GIORGI et al., 2012).

O esquema de Tiedtke (1989) representa vários tipos de convecção e considera uma população de nuvens onde seu conjunto é descrito por um modelo unidimensional. As hipóteses de fechamento para determinar o fluxo de massa em nuvem são: a convecção profunda e a convecção de nível médio são mantidas por convergência do fluxo de umidade em grande escala e a convecção rasa por fornecimento de umidade devido à evaporação superficial (TIEDTKE, 1989).

Considerando que um modelo é a representação aproximada de um sistema e, no caso, que os modelos climáticos são modelos numéricos usados para calcular a quantidade de massa, momentum e energia com base em leis físicas de conservação (GETTELMAN; ROOD, 2016), logo existem incertezas associadas aos resultados produzidos pelos modelos. A técnica de previsão por *ensemble*, em português chamada de previsão por conjunto, busca diminuir as

incertezas das previsões do tempo e de clima, uma vez que existem várias fontes de incertezas, como erros nas condições iniciais e de fronteiras que são fornecidas a um modelo, modelos imperfeitos e o comportamento caótico da atmosfera (FARINA, 2006). Uma maneira de quantificar os diferentes tipos de incertezas é realizar várias simulações de um determinado período e realizar a média (*ensemble*) deste conjunto de dados. Essas simulações podem iniciar em datas diferentes, o que perturba a condição inicial (*ensemble* temporal); na mesma data, mas alterando as parametrizações físicas do modelo (*ensemble* físico); mesclando ambos os tipos (*ensemble* temporal e físico); executando simulações com diferentes modelos etc., isso permite que as incertezas sejam suavizadas e que a média receba o valor tendencial, ou seja, o valor médio das previsões (WMO, 2012).

No presente estudo utilizou *ensembles* temporais que são as médias das previsões empregando as mesmas parametrizações físicas, mas iniciando em datas diferentes. Por exemplo, se foram iniciadas previsões em seis dias diferentes de janeiro para o trimestre de MAM, têm-se seis membros e ao realizar o *ensemble* temporal, obtém-se apenas a média destas seis previsões. Para a realização dos *ensembles* foi utilizada a versão 4.3 do RegCM com seis membros do CFSv2 como condição inicial e de fronteira, juntamente com as parametrizações: BATS (DICKINSON; HENDERSON-SELLERS; KENNEDY, 1993) para o esquema de superfície e Grell (1993) com fechamento de Fritsch Chapell para a convecção *cumulus*, previsões chamado neste trabalho de RegCFSv2.

A versão 4.5 do RegCM foi utilizada para a realização de mais dois conjuntos de previsões, as quais empregaram o modelo global CPTEC como condição inicial e de fronteira e a parametrização BATS (DICKINSON; HENDERSON-SELLERS; KENNEDY, 1993) para o esquema de superfície. Com relação à parametrização de *cumulus* foi aplicado Kain-Fritsch (KAIN, 2004) para um conjunto e o Emanuel (EMANUEL; ZIVKOVIC-ROTHMAN, 1999) para o outro. Desta forma, a partir de agora estas previsões serão chamadas de RegCPTECKF e RegCPTECEman, respectivamente. Todas as previsões dos modelos regionais foram rodadas com 30 km de espaçamento de grade horizontal.

A título de curiosidade, foi realizado o *ensemble* físico para a precipitação e temperatura do ar a 2 metros entre as previsões RegCPTECKF e RegCPTECEman, o qual foi chamado de RegCPTECKFEm. Este resultado está apresentado apenas nos vieses dos subdomínios em estudo (fig. 20 e fig. 21) e na tabela 5, onde encontra-se o índice de Willmott e o viés para os subdomínios.

5.2. Características das previsões com o RegCM4

As previsões com o RegCM4.3 e com o RegCM4.5 foram realizadas para o domínio mostrado na figura 5 para a AS e com 30 km de espaçamento de grade horizontal e 18 níveis sigma-pressão na vertical. De início, o domínio das previsões iria utilizar domínio sujeito pelo CORDEX (*Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment*), porém este possuía as condições de fronteira relativamente próximas à região Nordeste do Brasil, podendo desta forma, influenciar na previsão e proporcionar erros. Portanto, o domínio foi estendido para leste.

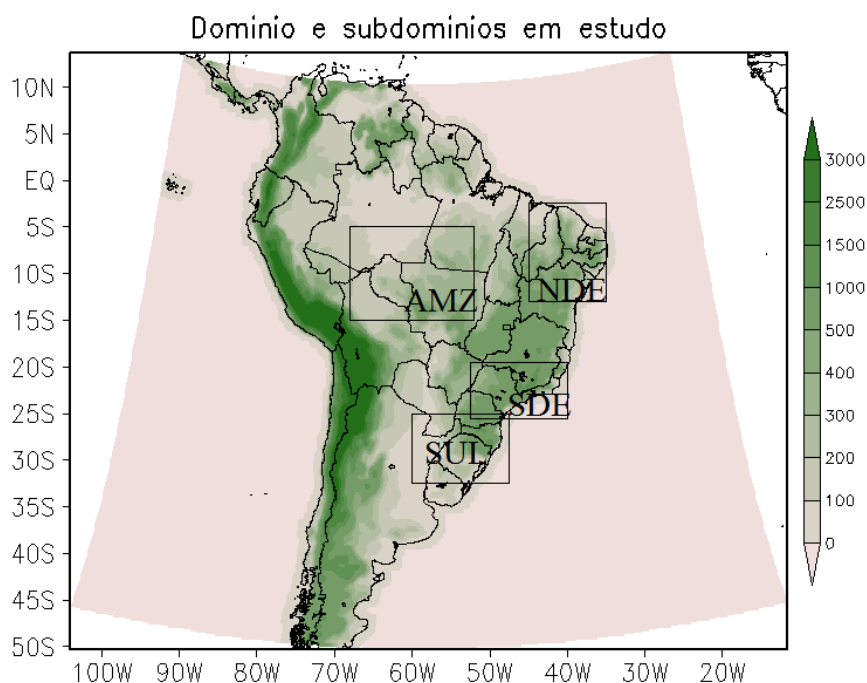


Figura 5- Domínio rodado pelo RegCM4.3 e pelo RegCM4.5, subdomínios em estudo (AMZ, NDE, SDE e SUL) e a topografia em metros.

O RegCM4.3 foi dirigido por previsões do ano de 2013 aninhado a seis previsões por mês do modelo global de circulação geral da atmosfera, o CFSv2 (SAHA et al., 2014). Já o RegCM4.5, também foi dirigido por previsões do ano de 2013, porém, foi aninhado a apenas uma previsão do modelo global CPTEC (CAVALCANTI et al., 2002). O que se deve ao fato de que o RegCM4.5 foi lançado em 2016 e necessitaria de uma demanda maior de tempo e espaço para armazenamento dos dados, o que não foi possível. Portanto, obtiveram-se seis previsões para cada mês para o RegCFSv2 e uma para o RegCPTEC. Lembra-se que para o RegCPTEC foram realizadas duas previsões, a RegCPTECKF e a RegCPTECEman. As

informações referentes às datas iniciais das previsões e período se encontram na tabela 1. Com relação à TSM fornecida ao RegCM, na simulação do modelo dirigido como CFSv2 esta é prevista, enquanto na dirigida pelo CPTEC, a TSM é persistida. A PCS com TSM persistida consiste em assumir a persistência da anomalia de TSM observada no mês anterior ao primeiro mês de previsão durante todos os meses futuros (COELHO et al., 2010).

Tabela 1- Detalhamento dos dias das rodadas das previsões utilizadas neste trabalho.

Previsões	Data inicial das previsões	Horário da rodada	Período das rodadas
CFSv2 e RegCFSv2	1, 5, 10, 15, 20 e 25	00UTC	Janeiro a dezembro de 2013.
CPTEC	13, 14, 15, 16 e 17	12UTC	Janeiro a dezembro de 2013. Exceto o mês de outubro.
RegCPTECEman e RegCPTECKF	15	12UTC	Janeiro a dezembro de 2013. Exceto o mês de outubro.

Os dados topográficos e de uso da terra utilizados para as previsões do RegCM foram obtidos dos arquivos globais do *United States Geological Survey* (USGS) e do *Global Land Cover Characterization* (GLCC), respectivamente (LOVELAND, 2000). A condição inicial da umidade do solo no modelo seguiu a especificação da vegetação (GIORGI; BATES, 1989).

As previsões aqui analisadas foram executadas para atender o projeto "*Downscaling Sazonal Para a Região Sudeste do Brasil Utilizando Dois Modelos Globais Como Forçantes*", financiado pelo CNPq, cujo presente estudo fez parte.

5.3. Dados para Validação das Previsões

As previsões de precipitação foram validadas através de comparação com dados da análise do *Climate Prediction Center* (CPC; CHEN et al., 2008), centro pertencente a NOAA e dados do satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), pertencente a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) em parceria com o *Japan Aerospace Exploration* (JAXA). A análise do CPC possui resolução espacial de 0,5° de latitude por longitude para todo o globo e está disponível de 1979 ao presente, como dado diário (<ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/CPC_UNI_PRCP/GAUGE_GLB/RT/>). É um conjunto composto de produtos de precipitação, combinando todas as fontes de informações disponíveis

de medidas em estações de superfície, bem como estações, observações de radar/satélite, e previsões de modelos numéricos (CHEN et al., 2008). Já os dados do TRMM possuem 0,25° de latitude por longitude e estão disponíveis a cada 3 horas. O programa TRMM foi lançado no final de novembro de 1997 e finalizou a coleta de dados em 15 de abril de 2015. Seus dados estão disponíveis no seguinte endereço eletrônico: <ftp://disc2.nascom.nasa.gov/data/TRMM/Gridded/3B42RT>.

As previsões da temperatura do ar a 2 metros de altura foram validadas através de comparação com dados da reanálise do ERA-Interim pertencente ao *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) e do *Climate Forecast System Reanalysis* (CFSR) pertencente ao NCEP. Enquanto que as componentes zonal e meridional do vento a 250 e 850 hPa foram validadas apenas com dados da reanálise do ERA-Interim. A ERA-Interim (DEE et al., 2011) é a mais recente reanálise atmosférica global produzida, com uma resolução espacial de 0,75° de latitude por longitude e abrange o período que se inicia em janeiro de 1979 até o presente, sendo dados disponibilizados em horários sinóticos e atualizados mensalmente. Os dados foram obtidos através do link: <http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc>. Como os dados são de quatro vezes ao dia, primeiramente foi calculada a média diária, em seguida a média mensal e por último, a trimestral. Já a reanálise do CFSR (SAHA et al., 2010), possui resolução espacial de 0,313° de latitude por longitude e é gerada com o mesmo modelo que o CFSv2, que é a versão mais atualizada do CFS, gerada e disponibilizada desde março de 2011. A partir desta data, esses dados de reanálise são arquivados como CFSR e estão disponíveis para o período de janeiro de 1979 a dezembro de 2013 no link: (<http://dataserver.nccs.nasa.gov/thredds/nccs/grid/bypass/ana4MIPs/CFSR/atmos/tas.ncml/dataset.html>). Uma vez que o CFSR possui dados apenas até dezembro de 2013, o último trimestre das previsões de temperatura do ar validado neste estudo com esta análise foi o de OND de 2013.

Todas as análises foram realizadas para dois meses após o mês de início de cada previsão, uma vez que o modelo necessita de um período para ajustar o seu ciclo hidrológico e dinâmica do modelo (GIORGI; MEARNNS, 1999). Em cada rodada, a RegCFSv2 e o CFSv2 se estendem por 8 meses de previsões, enquanto a RegCPTECKF, a RegCPTECEman e o CPTEC apenas 4 meses. No presente trabalho, foi utilizada apenas a informação do trimestre mais próximo excluindo o mês da rodada e o seguinte para a previsão.

O cálculo da média do *ensemble* é exemplificado na tabela 2, para o mês referente a janeiro das previsões. Vale lembrar que o RegCPTECKF e o RegCPTECEman possuem apenas uma previsão para cada mês, portanto não se calcula o *ensemble*.

A fim de comparação, para o cálculo do viés, os dados foram interpolados para uma resolução espacial de 0,5° de latitude x longitude, através do *software* GrADS. Vale ressaltar, que não se possui as previsões inicializadas em outubro do CPTEC, da RegCPTECKF e da RegCPTECEman, indicando assim, a falta do trimestre DJF destes modelos. Estas previsões foram perdidas ao transferir os dados de uma máquina para outra.

Tabela 2- Esquematização da técnica *ensemble* utilizada neste trabalho.

Previsões	Mês de início da rodada	Dias de inicialização	Média trimestral	Cálculo do <i>ensemble</i>
CFSv2 e RegCFSv2	Janeiro	1	$(\text{mar}+\text{abr}+\text{mai})/3= \text{med1}$	[med1+med5+med10+med15+med20+med25]/6= <i>EnsembleMAM</i>
		5	$(\text{mar}+\text{abr}+\text{mai})/3= \text{med5}$	
		10	$(\text{mar}+\text{abr}+\text{mai})/3= \text{med10}$	
		15	$(\text{mar}+\text{abr}+\text{mai})/3= \text{med15}$	
		20	$(\text{mar}+\text{abr}+\text{mai})/3= \text{med20}$	
		25	$(\text{mar}+\text{abr}+\text{mai})/3= \text{med25}$	
CPTEC	Janeiro	13	$(\text{mar}+\text{abr}+\text{mai})/3= \text{med13}$	[med13+med14+med15+med16+med17]/5= <i>EnsembleMAM</i>
		14	$(\text{mar}+\text{abr}+\text{mai})/3= \text{med14}$	
		15	$(\text{mar}+\text{abr}+\text{mai})/3= \text{med15}$	
		16	$(\text{mar}+\text{abr}+\text{mai})/3= \text{med16}$	
		17	$(\text{mar}+\text{abr}+\text{mai})/3= \text{med17}$	

5.4. Análises

O domínio de análise é menor do que o da simulação para excluir os erros de bordas. O domínio de análise compreende às longitudes de 85° O a 30° O e as latitudes de 40° S a 3° N.

5.4.1. Médias trimestrais

Para o CFSv2 e a RegCFSv2 foram calculadas as médias dos *ensembles* temporais das previsões, que é a média dos seis membros de previsão. Sendo assim, para cada trimestre, tem-se apenas um valor médio de cada conjunto de previsão. Já para o CPTEC, foi realizado o mesmo processo, porém, estes obtinham apenas cinco membros. Para a RegCPTECKF e a RegCPTECEman não há *ensemble*, apenas uma previsão.

Todas as previsões foram interpoladas para a grade de 0,5° de latitude por longitude. Após, foram construídos mapas dos vieses dos *ensembles* trimestrais dos modelos globais CPTEC e CFSv2 para circulação geral da atmosfera. Para a precipitação e temperatura média do ar a 2 metros, foram construídos mapas dos vieses dos *ensembles* trimestrais para as previsões CFSv2, RegCFSv2 e CPTEC e dos vieses das previsões para a RegCPTECKF e a RegCPTECEman, para o Brasil em relação com os dados observados. Tais dados são: para a circulação geral da atmosfera a reanálise ERA-Interim, para a precipitação as análises do CPC e do TRMM e para a temperatura do ar as reanálises ERA-Interim e CFSR.

No cálculo do viés, o valor negativo indica que o modelo tende a subestimar a variável simulada; já o viés positivo indica uma superestimativa. Quando o viés é próximo de zero, este mostra que o modelo se aproxima do valor real, ou seja, está mais próximo do valor observado (FERREIRA et al., 2012). O viés mede a correspondência entre a média da previsão e o valor médio observado de um determinado parâmetro (WILKS, 2006). Sendo calculado como:

$$\text{Viés} = (\text{Média do trimestre previsto}) - (\text{Média do trimestre do observado}) \quad (1)$$

Com as previsões sazonais dos modelos globais CPTEC e CFSv2 construíram-se gráficos para quatro diferentes subdomínios do Brasil (representados na fig. 5), utilizando a média espacial dos trimestres previstos por estes modelos para as componentes zonal e meridional do vento e sua intensidade em 250 e 850 hPa. Gráficos similares a estes foram feitos para as previsões sazonais da precipitação e da temperatura do ar a 2 metros para todas as previsões em estudo (CFSv2, CPTEC, RegCFSv2, RegCPTECKF e RegCPTECEman).

Para uma melhor avaliação e comparação de resultados, os subdomínios NDE, SDE e SUL em estudo, são os mesmos utilizados por Machado e da Rocha (2011), sendo que a longitude do subdomínio SDE foi redefinida de 38° W para 40° W para abranger menor parte do oceano, o qual interfere nos resultados. Já o subdomínio AMZ foi adaptado de Reboita et al. (2014b). Os subdomínios são definidos na tabela 3.

Tabela 3– Localização dos setores utilizados neste estudo

Subdomínio	Latitude	Longitude
AMZ	15° S a 5° S	68° W a 52°W
NDE	13° S a 2,5° S	45° W a 35° W
SDE	25,5° S a 19,5° S	52,5° W a 40° W
SUL	32,5° S a 25° S	60° W a 47,5° W

5.4.2. Índice de concordância de Willmott

Para avaliar mais detalhadamente os resultados das previsões das componentes zonal e meridional do vento, intensidade do vento, precipitação e temperatura do ar a 2 metros nos subdomínios em estudo, foi calculado o índice de concordância de Willmott (WILLMOTT, 1981), que mede o grau de concordância entre os valores previstos e observados. Quando o resultado é 1 indica concordância perfeita, enquanto que 0 indica que não há concordância entre previsão e observação. Este índice é calculado pela seguinte equação:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|\hat{P}_i| + |\hat{O}_i|)^2} \quad (2)$$

onde P_i = valor previsto; O_i = valor observado, $\hat{P}_i = P_i - \bar{O}$, $\hat{O}_i = O_i - \bar{O}$ e \bar{O} = média dos valores observados.

A partir das médias espaciais trimestrais previstas e as observadas das componentes zonal e meridional do vento, intensidade do vento, precipitação e temperatura, calculou-se o índice de Willmott. Os resultados encontram-se nas tabelas 4 e 5.

5.4.3. Dias secos e úmidos consecutivos

Para encontrar os períodos secos e úmidos dos subdomínios em estudo, para cada trimestre simulado (MAM, AMJ, MJJ, JJA, JAS, ASO, OND, NDJ, DJF, JFM e FMA) a precipitação diária foi organizada em percentis através de um programa realizado com o *software* Matlab. O percentil consiste em dividir uma amostra organizada de forma crescente dos dados, em 100 partes com uma percentagem de dados aproximadamente igual.

Após organizar os dados em percentis, foram encontrados os limiares inferiores e superiores de cada trimestre em cada subdomínio, ou seja, cada trimestre de cada região em estudo apresentou limiares diferentes entre si, uma vez que estes foram calculadas com base em cada conjunto de dados. Foi tomado como limiar inferior o percentil de 10% e como superior, o percentil de 90% da precipitação diária, seguindo a metodologia do trabalho de da Rocha, Reboita e Cuadra (2012) e de Reboita, da Rocha e Ambrizzi (2013). Com base nos limiares, foram procurados os dias consecutivos secos e úmidos. Esses períodos deveriam ter pelo menos 3 dias consecutivos abaixo dos limiares inferiores; ou acima dos limiares superiores.

Para análise, os valores dos limiares (superiores e inferiores) com diferença de até 0,30 mm/dia de precipitação para mais ou para menos que o valor observado (TRMM e CPC) foram

considerados similares aos observados. Por exemplo, se o modelo simulou um limiar de 6,51 mm/dia e o observado foi de 6,20 mm/dia, os limiares foram considerados diferentes; já se o modelo simulou um limiar de 6,51 mm/dia e o observado foi de 6,21 mm/dia, os limiares foram considerados similares.

As tabelas com os valores dos limiares e dos períodos secos e úmidos de cada trimestre para cada subdomínio se encontram em anexo (tabela 9 a 22).

6. RESULTADOS

6.1. Modelos Globais

Com o intuito de conhecer a confiabilidade, isto é, o quanto as previsões da circulação dos modelos globais (CFSV2 e CPTEC) se aproximaram do observado, neste tópico é apresentada a análise do viés para as estações do ano comparando os modelos com a reanálise ERA-Interim (observado). São apresentadas também, as médias espaciais sazonais da intensidade do vento (m/s) e das componentes zonal e meridional do vento, referentes aos subdomínios em estudo, o viés e os índices de Willmott. Uma vez que não se obteve as rodadas do CPTEC referentes ao mês de outubro, o trimestre DJF (que seria rodado em outubro) foi substituído pelo JFM (rodado em novembro) para uma melhor comparação das previsões dos modelos globais. Deficiências na simulação da precipitação e temperatura do ar desses modelos podem ser decorrentes de erros na circulação atmosférica, por exemplo.

6.1.1. Circulação da atmosfera representada pelos modelos globais

A figura 6 apresenta a intensidade média do vento (m/s) e a direção do escoamento em 250 hPa. Na primeira coluna estão as previsões do CFSv2, na segunda do AGCM-CPTEC e na terceira coluna a reanálise ERA-Interim. Em mar-abr-mai/2013 (figuras 6a, 6b e 6c), a circulação anticiclônica sobre o Pará e Mato Grosso registrada na ERA-Interim é deslocada para oeste pelos modelos globais. Nesse, e nos demais trimestres, o jato subtropical previsto pelos modelos é menos intenso do que na reanálise. Isso é uma característica bem marcada no campo do viés (figura 8). Ainda com relação ao trimestre mar-abr-mai/2013, a posição da circulação anticiclônica que aparece deslocada nos modelos favorece um viés de circulação ciclônica sobre a parte central do Brasil conforme mostram as figuras 8a e 8b.

A reanálise (figura 6f), no trimestre jun-jul-ago/2013, mostrou uma circulação anticiclônica sobre o Pará que não é comum nesse período do ano. Somente o AGCM-CPTEC previu tal circulação, mas mais alongada zonalmente (figura 6e). No viés, o CFSv2 (figura 8c) superestima a intensidade dos ventos numa faixa que se estende do Peru, abrangendo quase todo o Brasil, exceto, o extremo norte da região norte do Brasil, a região sul do Brasil e os estados São Paulo e Rio de Janeiro. Nestes locais, há subestimação na intensidade dos ventos. Já o AGCM-CPTEC (figura 8d) apresenta vieses menos acentuados que o CFSv2, apresentando subestimação de 3 a 5 m/s em parte do Peru, no sul da região norte do Brasil e na região centro-

oeste do Brasil. A região norte da AS, norte do Chile e norte da Argentina, apresentam superestimções e a região sudeste e nordeste do Brasil, apresentam vieses próximos de ± 1 , exceto o nordeste da região nordeste, onde há subestimação de 3 m/s.

Em set-out-nov/2013 a Alta da Bolívia (AB) está bem configurada no AGCM-CPTEC (figura 6h) concordando com a reanálise ERA-Interim (figura 6i), o que não é previsto pelo CFSv2. Já no campo dos vieses, o CFSv2 (figura 8e) apresenta uma circulação ciclônica no leste do oceano Pacífico, próximo à divisa do Peru e Chile, enquanto o AGCM-CPTEC (figura 8f) não apresenta esse viés na circulação.

De acordo com a reanálise, no trimestre jan-fev-mar/2014, a AB esteve deslocada para oeste e o cavado das cercanias do nordeste do Brasil para sul em relação ao padrão climatológico (figura 6l). Já os modelos (figuras 6j e 6k) deslocaram a AB para sudoeste e não simularam o cavado que aparece corrente abaixo da alta próximo ao sudeste do Brasil. Conforme Reboita, Dutra e da Rocha (2015), o padrão simulado pelos modelos não contribuiu para a escassez de precipitação que ocorreu no verão de 2014. Com relação ao campo do viés em jan-fev-mar/2014, ambos os modelos apresentam uma circulação ciclônica, o CFSv2 (figura 8g) coloca o centro desta circulação sobre a Amazonas, enquanto o AGCM-CPTEC (figura 8h) entre a Amazonas, Acre e Peru.

A figura 7 é similar a figura 6, entretanto, nesta figura é apresentada a circulação atmosférica em 850 hPa. O trimestre mar-abr-mai/2013 é caracterizado por ventos de leste/sudeste chegando no litoral do nordeste do Brasil (figura 7c) que são bem simulados pelos modelos (figuras 7a e 7b). Já a posição do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) tem intensidade superestimada nas previsões e também aparece deslocado para oeste (figuras 7a e 7b). Com isso, há um viés anticiclônico deslocado para sudoeste (em comparação com as figuras 7a e 7b) em ambos os modelos (figuras 9a e 9b). O ASAS é, em geral, subestimado em todos os trimestres pelos modelos em estudo (figura 7 e 9).

Em jun-jul-ago/2013, sobre o Paraguai, região onde passam os jatos de baixos níveis que se deslocam da Amazônia para os subtropicais, os ventos no AGCM-CPTEC (figura 7e) são mais fracos do que na reanálise ERA-Interim (figura 7f) e mais fortes no CFSv2 (figura 7d). Essa característica é bem visível nos vieses (figuras 9c e 9d). Os jatos de baixos níveis também aparecem nos trimestres de set-out-nov/2013 e jan-fev-mar/2014 na reanálise e nos modelos. Porém, os modelos subestimam a intensidade desses ventos (figuras 7g, 7h, 7j, 7k, 9e a 9h) comparados à reanálise.

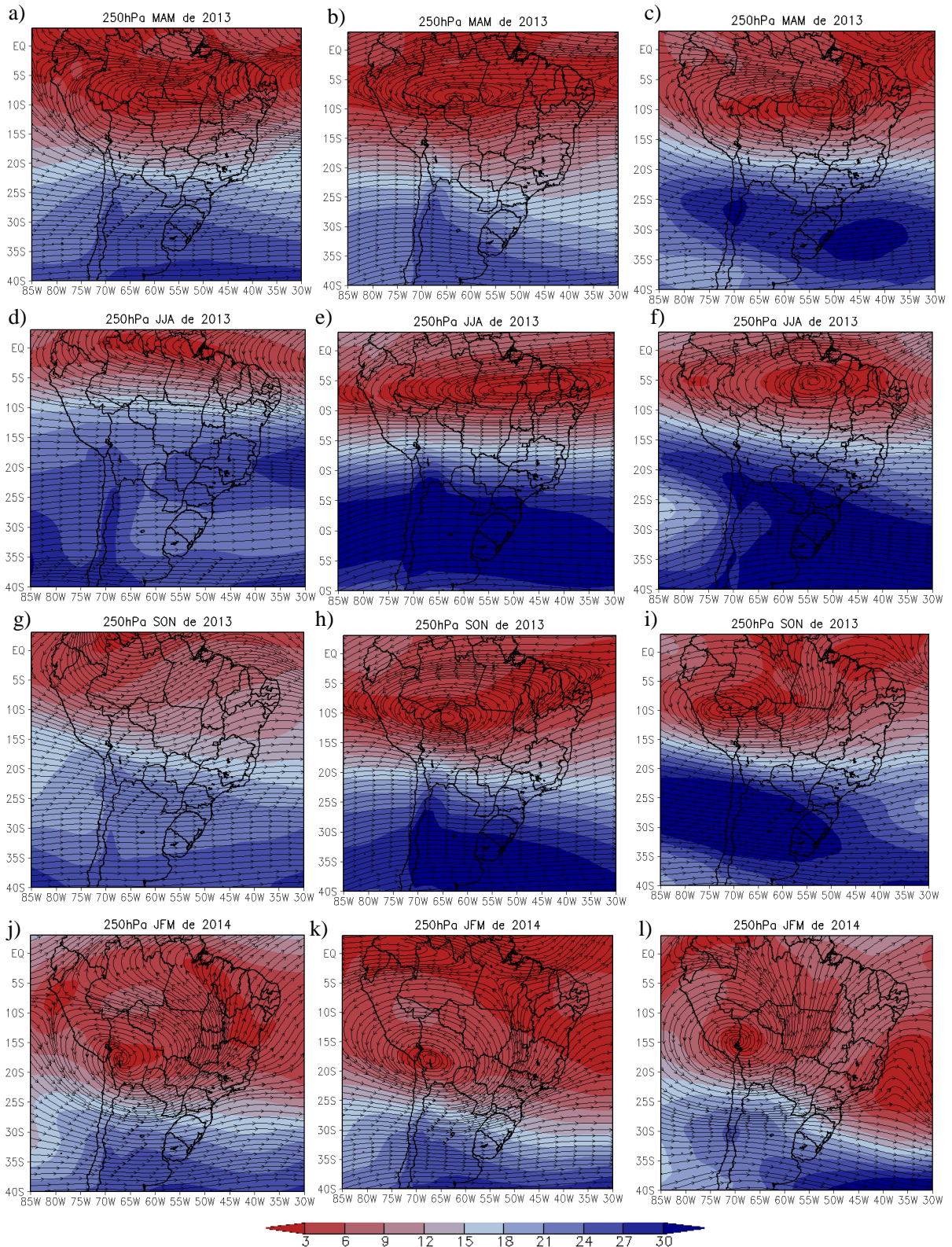


Figura 6- Direção e intensidade (m/s) média dos ventos em 250 hPa. CFSv2 (primeira coluna): a) MAM de 2013, d) JJA de 2013, g) SON de 2013 e j) JFM de 2014. CPTEC (segunda coluna): b) MAM de 2013, e) JJA de 2013, h) SON de 2013 e k) JFM de 2014. ERA-Interim (terceira coluna): c) MAM de 2013, f) JJA de 2013, i) SON de 2013 e l) JFM de 2014.

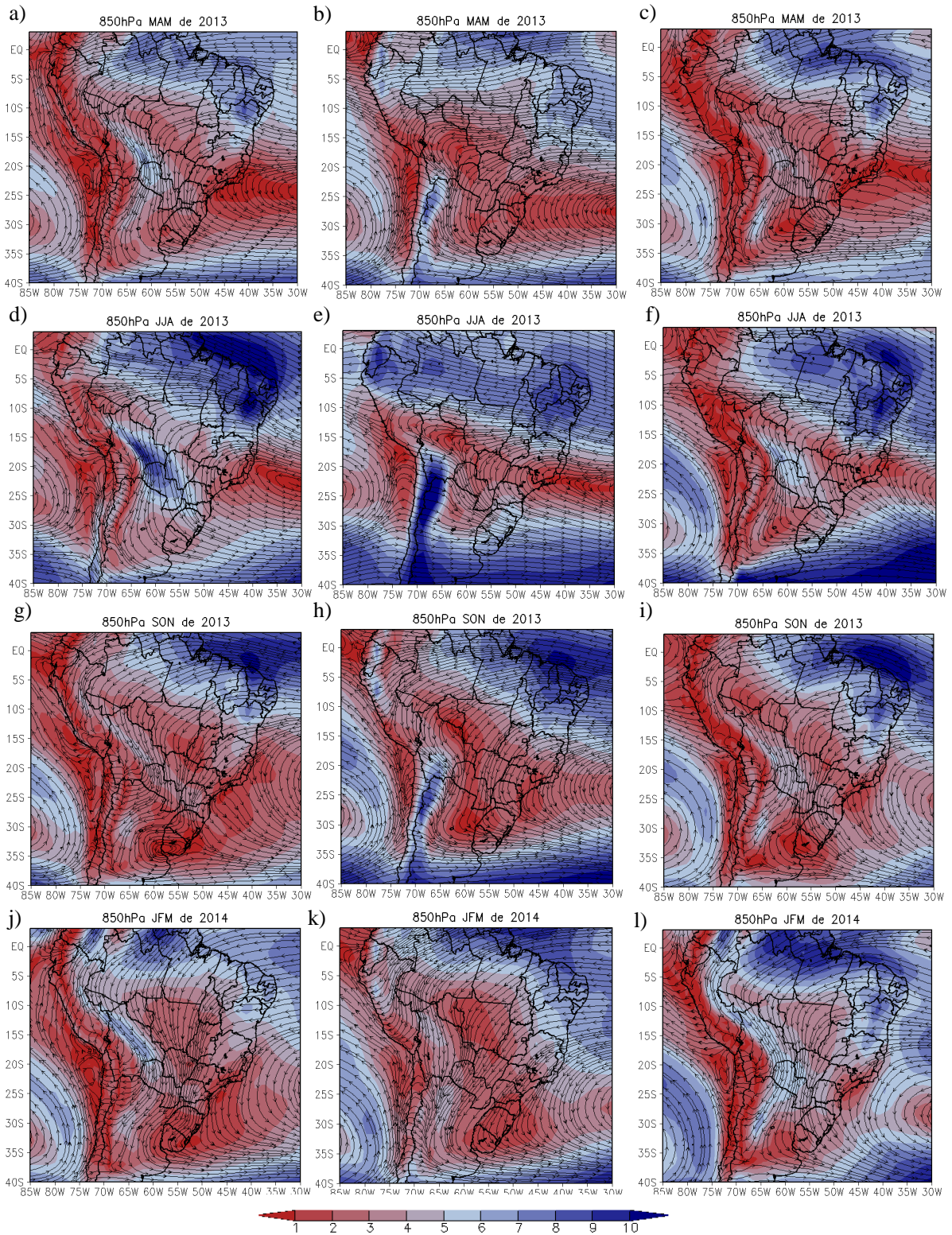


Figura 7- Direção e intensidade (m/s) média dos ventos em 850 hPa. CFSv2 (primeira coluna): a) MAM de 2013, d) JJA de 2013, g) SON de 2013 e j) JFM de 2014. CPTEC (segunda coluna): b) MAM de 2013, e) JJA de 2013, h) SON de 2013 e k) JFM de 2014. ERA-Interim (terceira coluna): c) MAM de 2013, f) JJA de 2013, i) SON de 2013 e l) JFM de 2014.

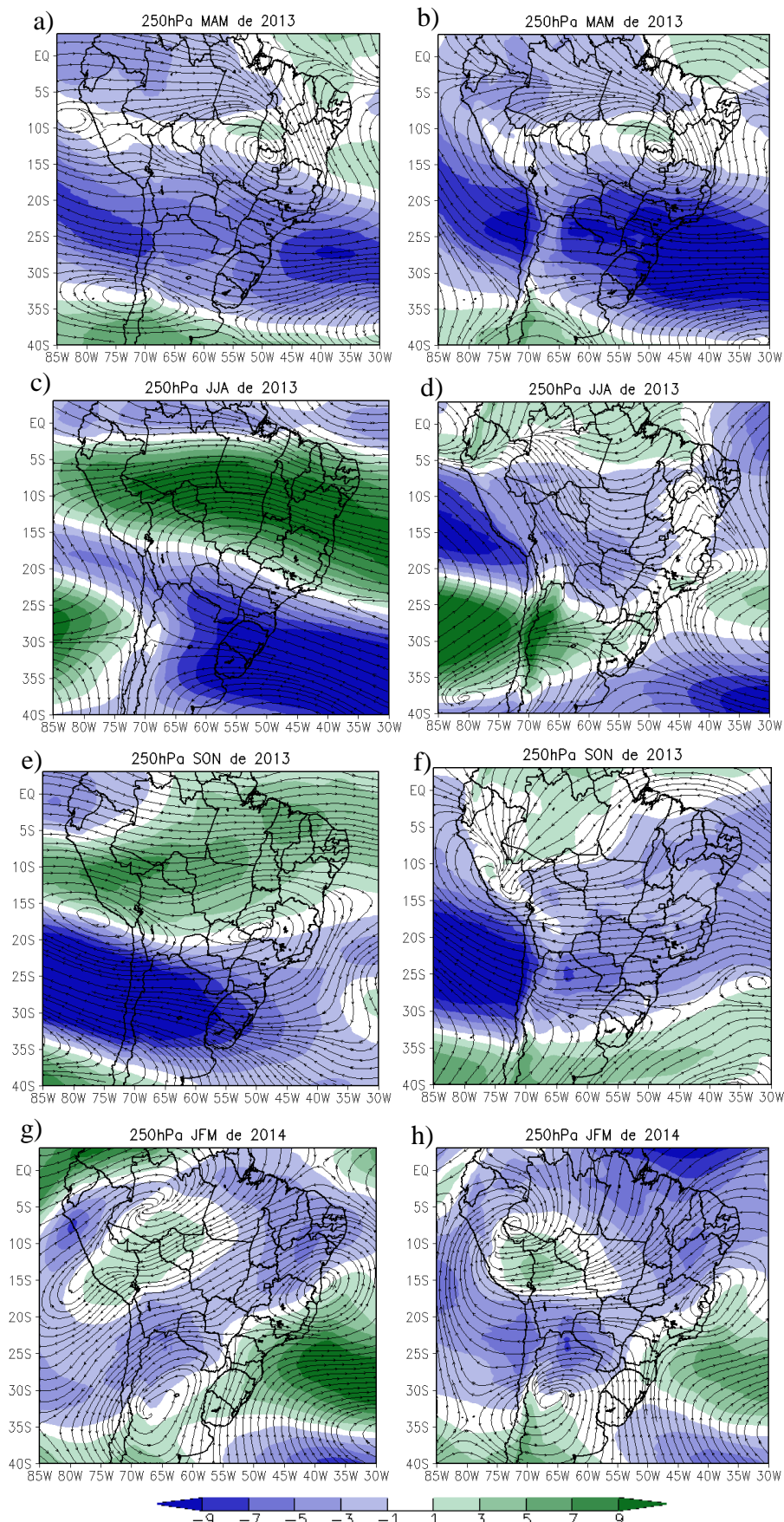


Figura 8- Viés da circulação da atmosfera em 250 hPa e da intensidade do vento (m/s) tendo como observado a ERA-Interim: CFSv2 (primeira coluna): a) MAM de 2013, c) JJA de 2013, e) SON de 2013 e g) JFM de 2014. CPTEC (segunda coluna): b) MAM de 2013, d) JJA de 2013, f) SON de 2013 e h) JFM de 2014.

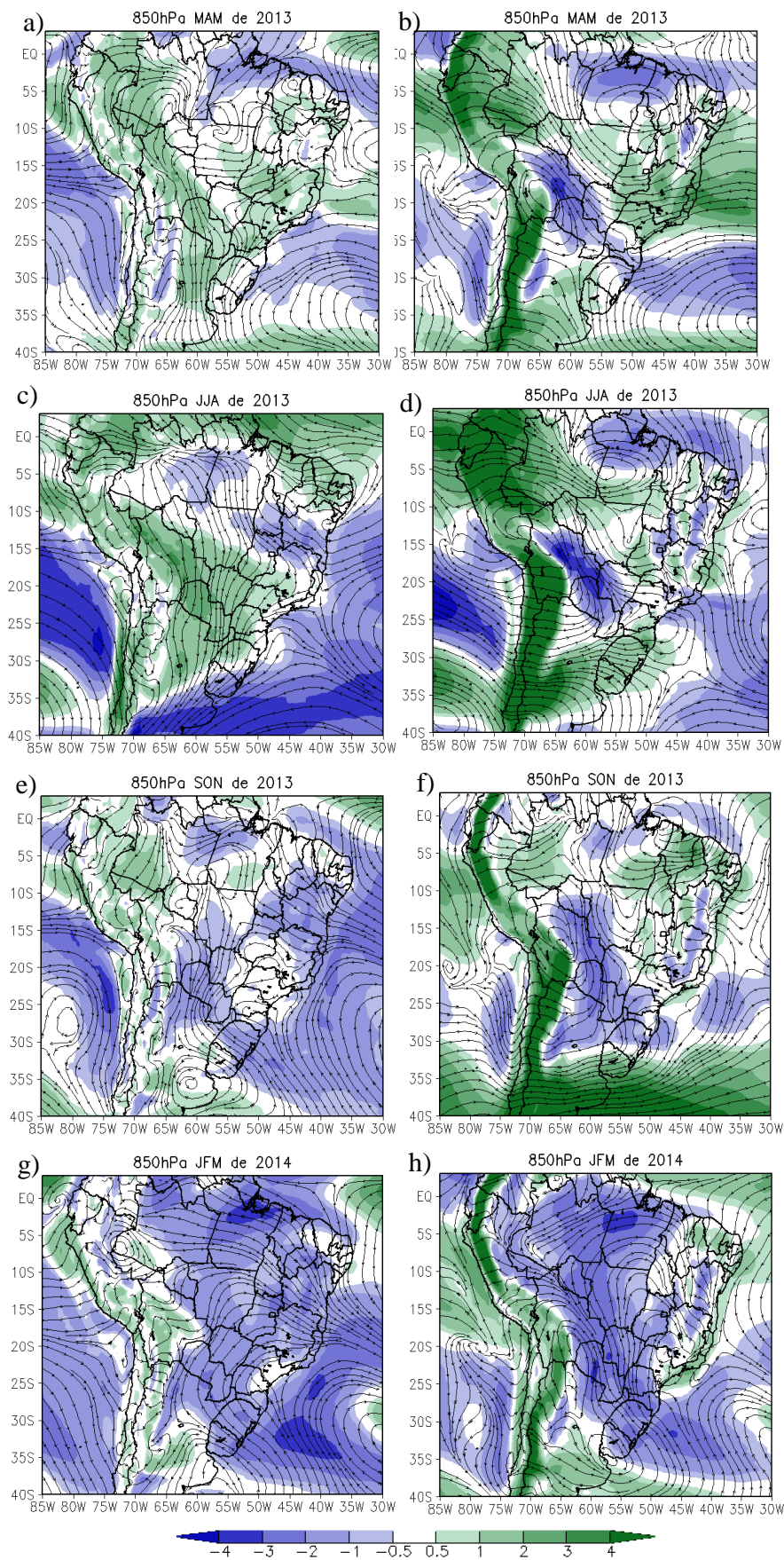


Figura 9- Viés da circulação da atmosfera em 850 hPa e da intensidade do vento (m/s) tendo como observado o ERA-Interim: CFSv2 (primeira coluna): a) MAM de 2013, c) JJA de 2013, e) SON de 2013 e g) JFM de 2014. CPTEC (segunda coluna): b) MAM de 2013, d) JJA de 2013, f) SON de 2013 e h) JFM de 2014.

Analisando a componente zonal do vento em 250 hPa (fig. 10) e o índice de Willmott (tabela 4), nota-se que o CPTEC é mais próximo do da evolução sazonal e dos valores observados da componente zonal e a intensidade do vento (fig. 12) neste nível. Com relação à componente meridional do vento, os modelos possuem menor habilidade em representar os valores observados.

O CFSv2 se mostrou mais hábil em prever a componente meridional do vento (fig. 11), do que a componente zonal (fig. 10). A NDE foi a região que teve o menor *skill* da previsão da componente meridional do vento em relação aos valores, porém, os modelos globais apresentaram um ciclo bem semelhante ao observado. Em geral, no nível de 250 hPa, o CPTEC forneceu previsões mais precisas que o CFSv2.

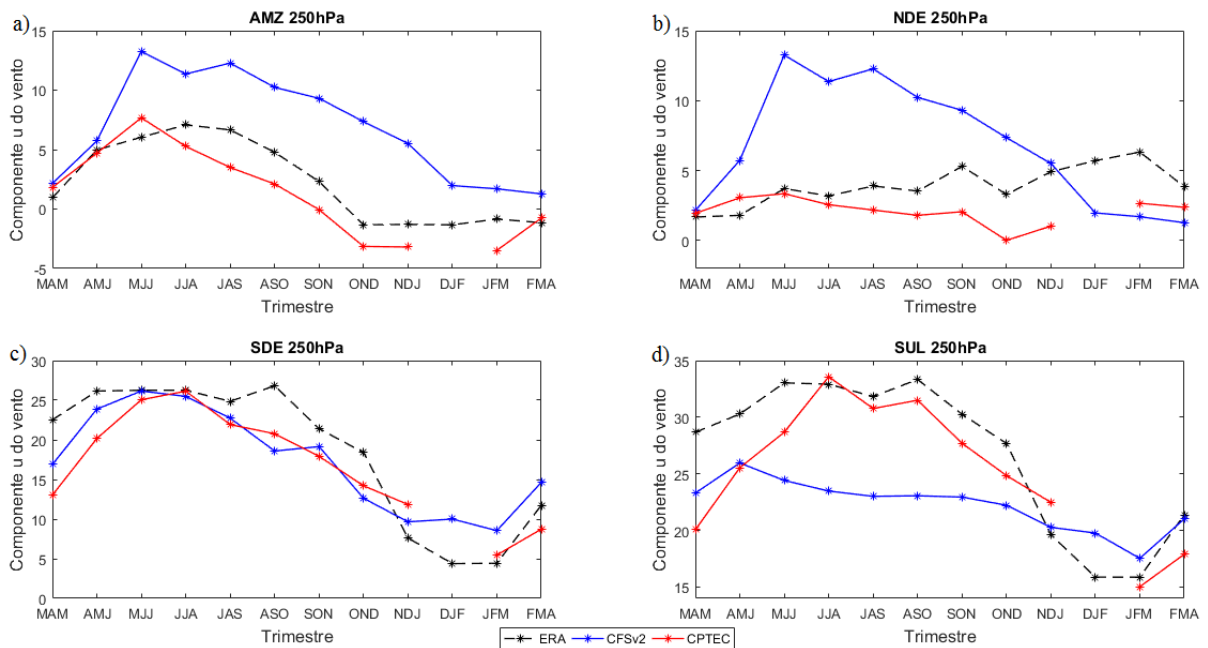


Figura 10- Médias espaciais sazonais da componente zonal do vento (m/s) em 250 hPa, referentes aos subdomínios em estudo. a) AMZ, b) NDE, c) SDE e d) SUL. Onde a linha preta representa o ERA-Interim, azul o CFSv2 e preto o CPTEC.

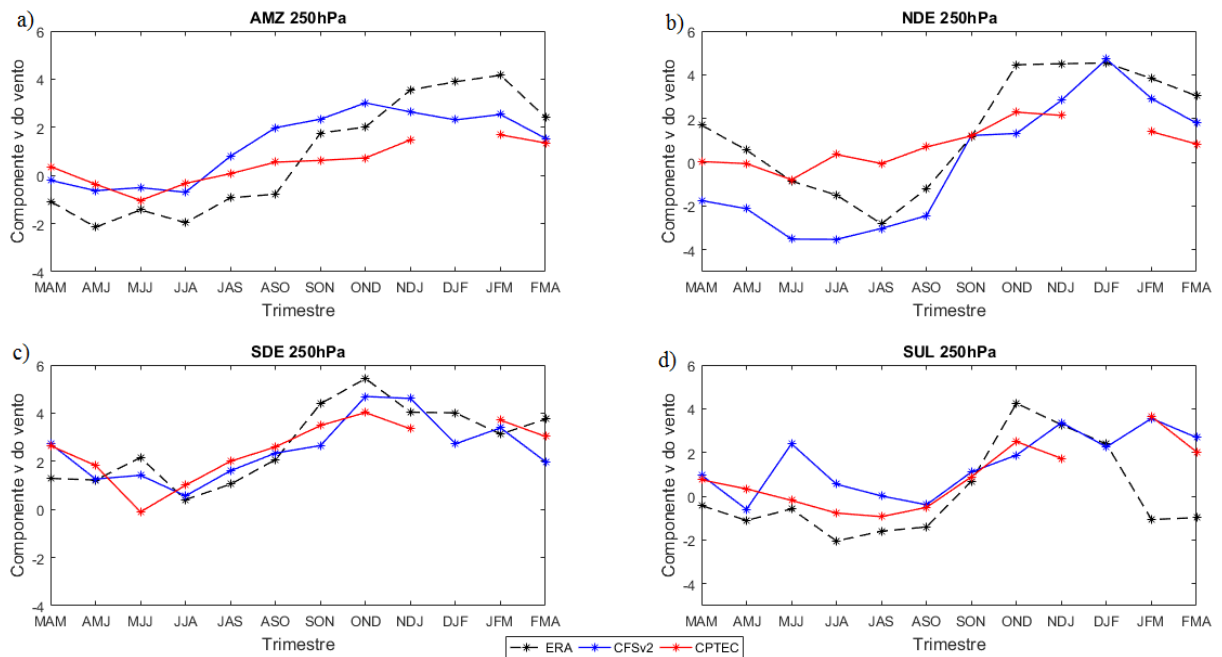


Figura 11- Médias espaciais sazonais da componente meridional do vento (m/s) em 250 hPa, referentes aos subdomínios em estudo. a) AMZ, b) NDE, c) SDE e d) SUL. Onde a linha preta representa o ERA-Interim, azul o CFSv2 e preto o CPTEC.

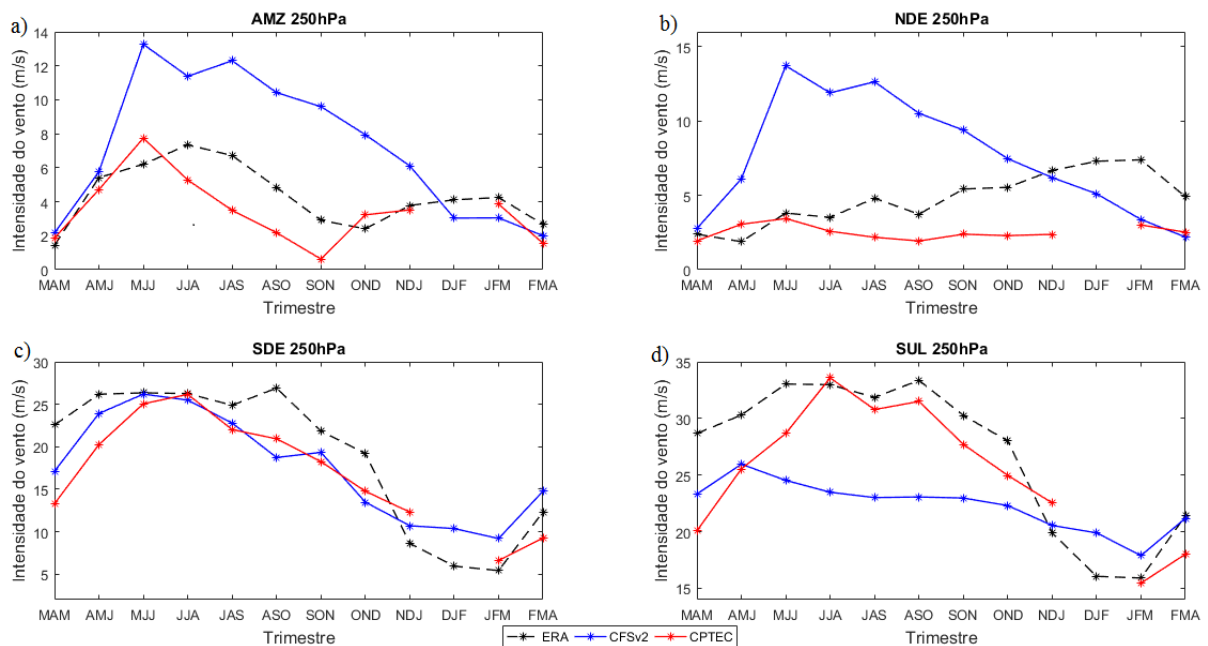


Figura 12- Médias espaciais sazonais da intensidade do vento (m/s) em 250 hPa, referentes aos subdomínios em estudo. a) AMZ, b) NDE, c) SDE e d) SUL. Onde a linha preta representa o ERA-Interim, azul o CFSv2 e preto o CPTEC.

No nível de 850 hPa, verifica-se que tanto o modelo global do CPTEC quanto o CFSv2 representaram o comportamento semelhante ao observado das componentes zonal e meridional e a intensidade do vento em todas as regiões (fig. 13, fig. 14 e fig. 15, respectivamente). Ao

contrário do nível de 250 hPa, o CFSv2 é o modelo que melhor representou a componente zonal do vento (fig. 13) neste nível, o que foi confirmado com o índice de Willmott pela tabela 4. Com relação à componente meridional (fig. 14), os modelos não simulam bem os valores espaciais médios nos subdomínios em estudo. Segundo o índice de Willmott (tabela 4), a componente meridional e intensidade do vento foram melhor representadas pelo CFSv2 nas regiões AMZ e NDE e pelo CPTEC nas regiões SUL e SDE.

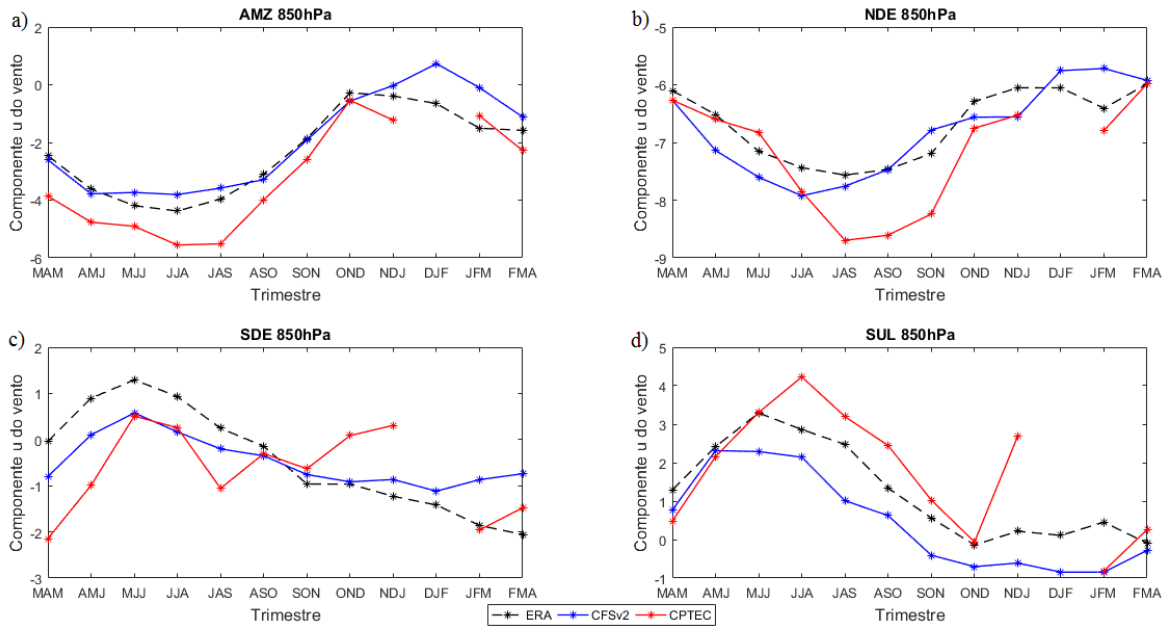


Figura 13- Médias espaciais sazonais da componente zonal do vento (m/s) em 850 hPa, referentes aos subdomínios em estudo. a) AMZ, b) NDE, c) SDE e d) SUL. Onde a linha preta representa o ERA-Interim, azul o CFSv2 e preto o CPTEC.

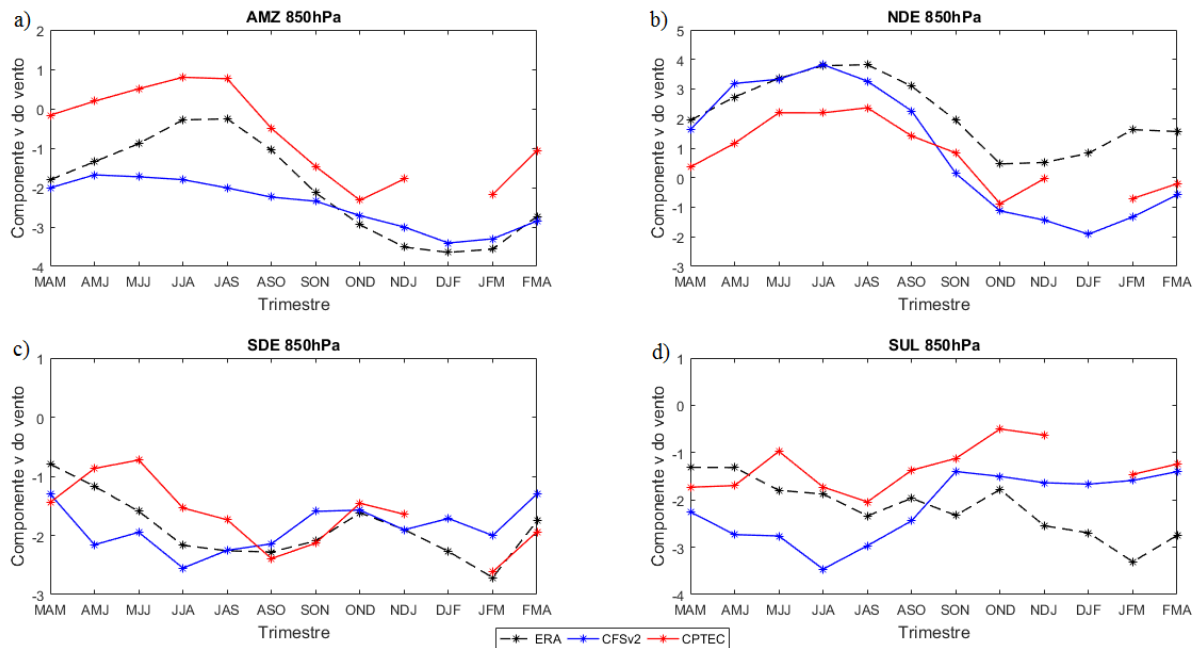


Figura 14- Médias espaciais sazonais da componente meridional do vento (m/s) em 850 hPa, referentes aos subdomínios em estudo. a) AMZ, b) NDE, c) SDE e d) SUL. Onde a linha preta representa o ERA-Interim, azul o CFSv2 e preto o CPTEC.

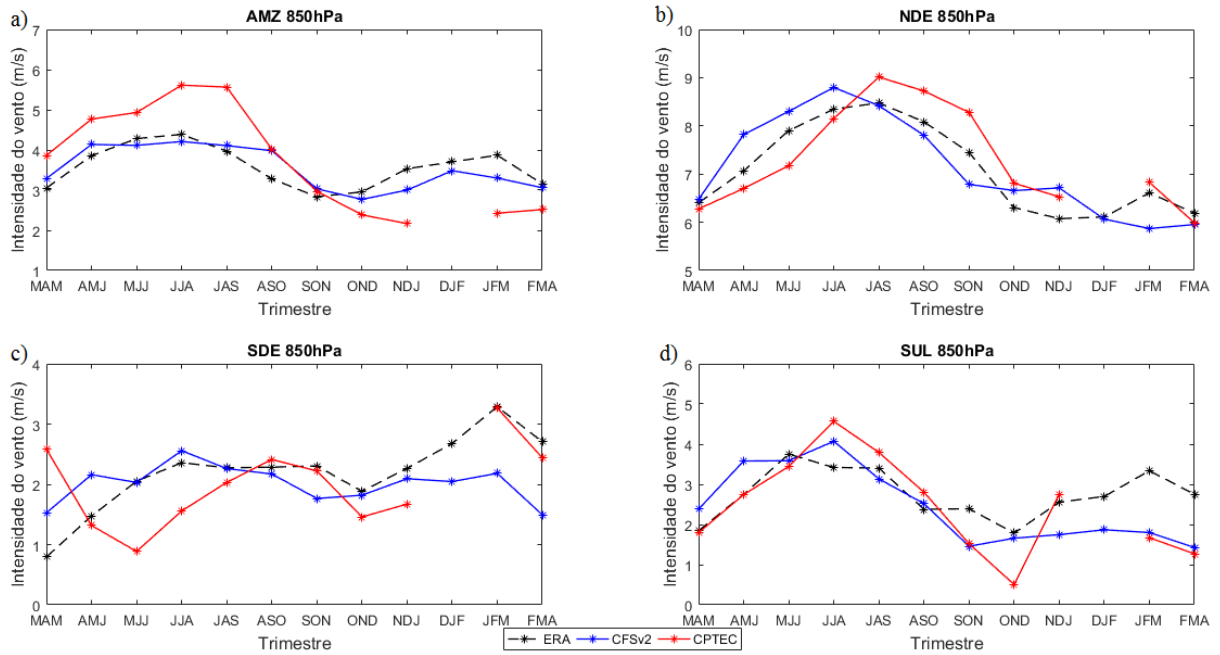


Figura 15- Médias espaciais sazonais da intensidade do vento (m/s) em 850 hPa, referentes aos subdomínios em estudo. a) AMZ, b) NDE, c) SDE e d) SUL. Onde a linha preta representa o ERA-Interim, azul o CFSv2 e preto o CPTEC

Tabela 4- Índice de Willmott (d) e Viés das previsões da intensidade e componentes zonal (u) e meridional (v) do vento, comparadas com as observações do ERA-Interim para 250 e 850 hPa. Em verde se encontram os melhores resultados.

		Índice de Willmott				Viés			
		AMZ	SUL	NDE	SDE	AMZ	SUL	NDE	SDE
u 250	CPTEC	0,92	0,91	0,39	0,90	-0,9	-1,8	-1,6	-1,4
	CFSv2	0,67	0,67	0,13	0,92	4,6	2,9	-1	-4,5
v 250	CPTEC	0,72	0,83	0,66	0,83	-0,3	-0,7	-0,2	0,7
	CFSv2	0,85	0,61	0,87	0,86	0,5	-1,6	-0,2	1,4
Int. 250 (m/s)	CPTEC	0,72	0,91	0,45	0,90	-0,9	-2,3	-1,7	-1,5
	CFSv2	0,57	0,66	0,14	0,92	2,9	2,8	-1,2	-4,5
u 850	CPTEC	0,92	0,86	0,812	0,60	-1	-0,5	-0,2	0,5
	CFSv2	0,95	0,88	0,91	0,81	0,3	-0,1	0	-0,8
v 850	CPTEC	0,75	0,38	0,72	0,76	1,4	-1,3	0,2	0,8
	CFSv2	0,80	0,10	0,78	0,65	-0,4	-1,2	0,0	0,0
Int. 850 (m/s)	CPTEC	0,62	0,72	0,91	0,52	0,2	0,2	-0,2	-0,3
	CFSv2	0,88	0,69	0,94	0,51	0,0	0,0	-0,2	-0,3

6.2. RegCM4.3 dirigido pelo CFSV2

Serão utilizados dois conjuntos de dados para validar tanto a precipitação quanto a temperatura do ar simuladas pelos modelos globais e regional. Para a precipitação são utilizados os dados de análise do CPC e do TRMM e para a temperatura do ar a 2 metros a reanálise Era-Interim e CFSR. Pelas figuras 16 e 17 nota-se que as próprias observações para o mesmo período se diferem na questão da intensidade, mas apresentam padrão espacial semelhantes. O TRMM se mostra um pouco mais chuvoso que o CPC em todas as estações do ano em análise (fig. 16), mas ambos mostram intensidades similares de chuva para o nordeste do Brasil e costa oeste da AS. Com relação a temperatura (fig. 17), o Era-Interim se mostra um pouco mais quente que o CFSR em todos os trimestres, exceto na cordilheira dos Andes, onde a observação da temperatura é similar.

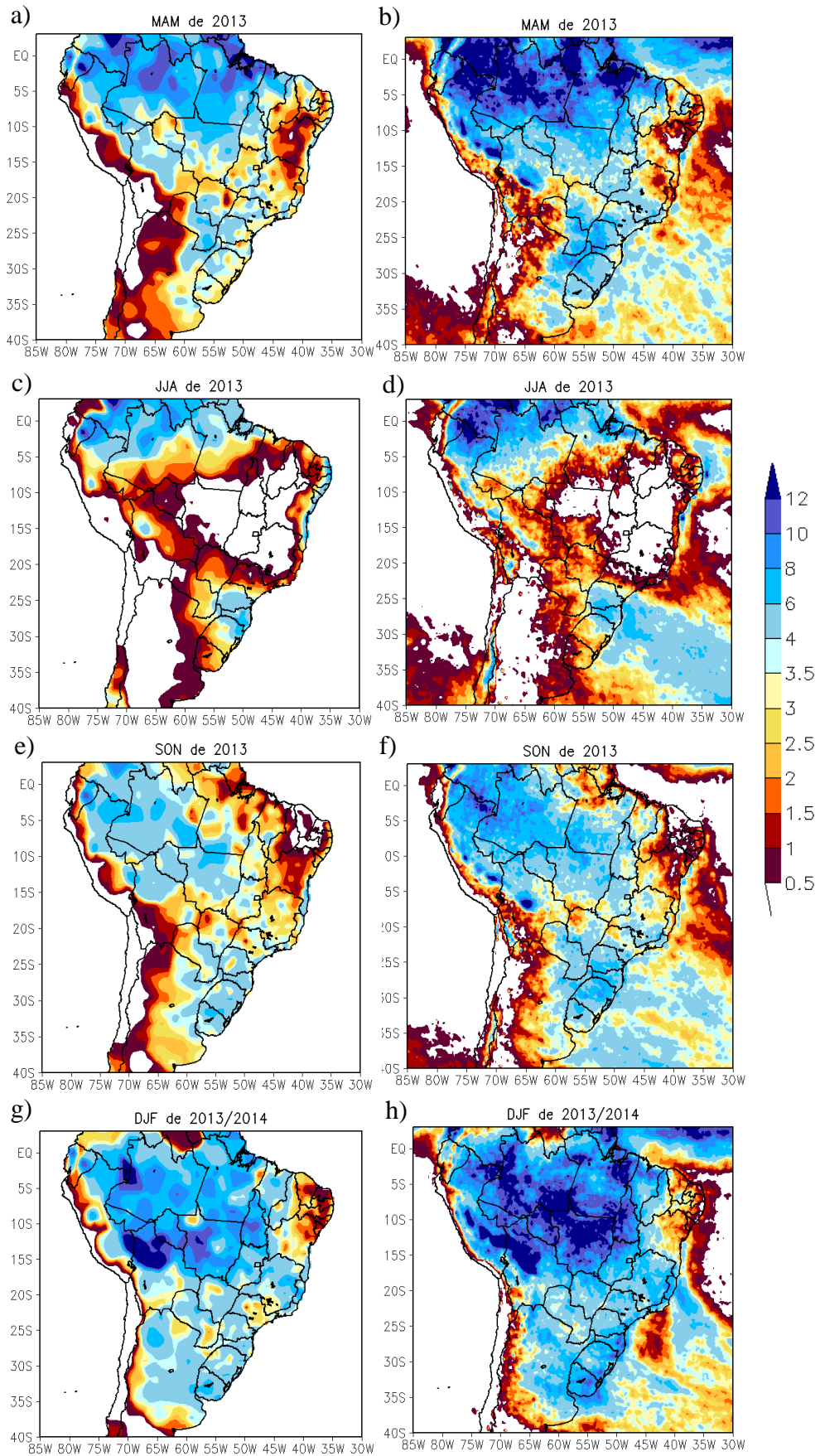


Figura 16- Precipitação (mm/dia) referente as estações do ano de 2013. CPC (primeira coluna): a) MAM de 2013, c) JJA de 2013, e) SON de 2013 e g) DJF de 2013/2014. TRMM (segunda coluna): b) MAM de 2013, d) JJA de 2013, f) SON de 2013 e h) DJF de 2013/2014.

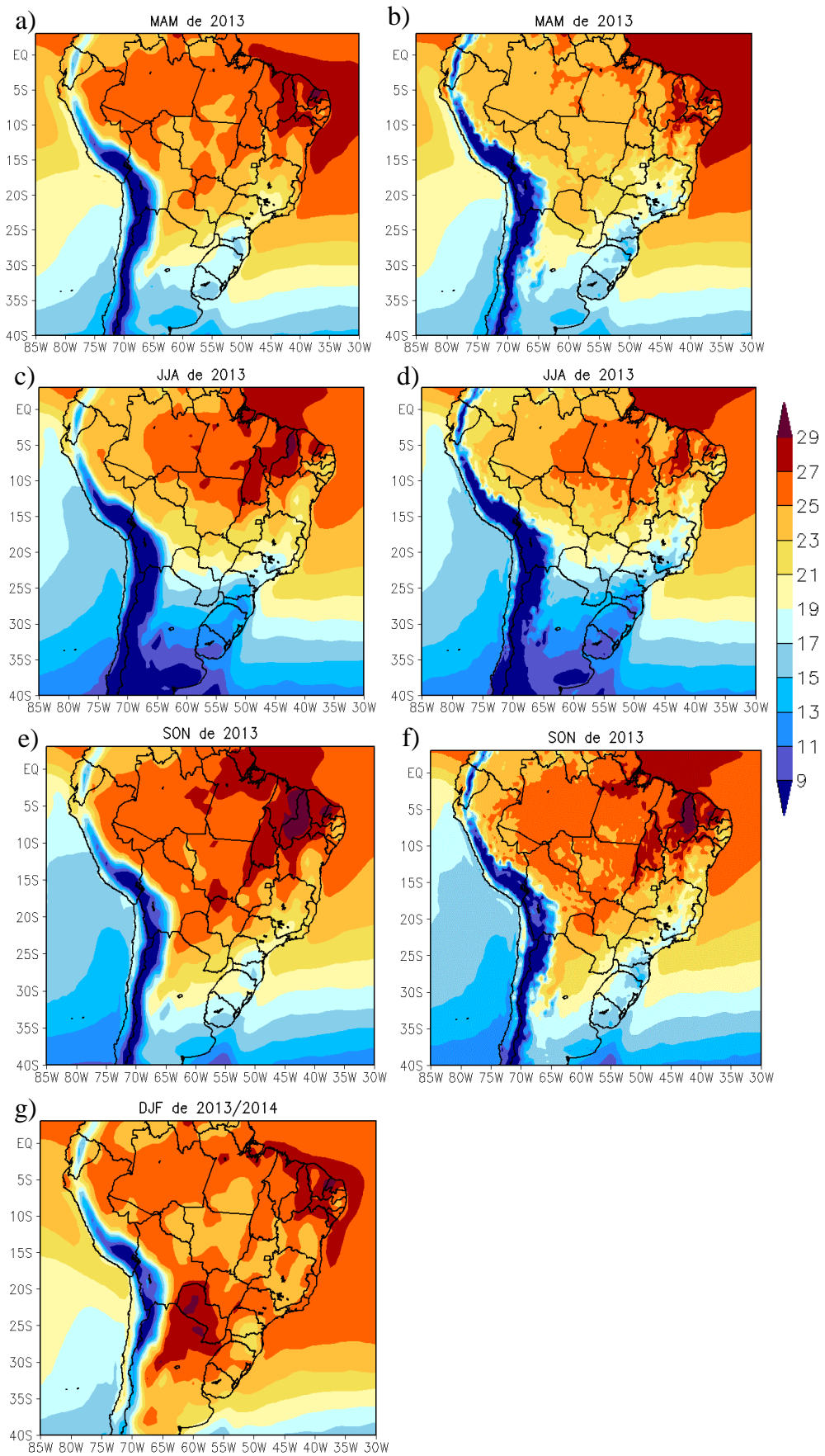


Figura 17- Temperatura do ar a 2 metros (°C) referente as estações do ano de 2013. Era-Interim (primeira coluna): a) MAM de 2013, c) JJA de 2013, e) SON de 2013 e g) DJF de 2013/2014. CFSR (segunda coluna): b) MAM de 2013, d) JJA de 2013 e f) SON de 2013.

6.2.1. Precipitação sazonal

Neste tópico são apresentados os vieses das previsões por *ensemble* RegCFSv2 e CFSv2, obtidos da comparação com as observações CPC e TRMM. Vale lembrar que a previsão CFSv2 foi utilizada como condição inicial para o modelo RegCM4.3, o qual resultou a previsão RegCFSv2, portanto, é interessante verificar se o modelo regional adiciona valor à previsão do modelo global. A modo de curiosidade, o viés da precipitação (mm/dia) realizado para cada um dos seis membros do RegCFSv2 encontra-se em anexo (figs. 24 e 25).

A figura 18 apresenta o viés da precipitação (mm/dia) para as estações do ano referentes às previsões CFSv2 e RegCFSv2, o trimestre de DJF/2013 foi substituído pelo de JFM/2014 para facilitar a comparação com as previsões do CPTEC. O trimestre de JJA de 2013 (fig. 18b, 18f, 18j e 18n) foi o que apresentou melhor performance, principalmente na região central do Brasil tanto pela previsão CFSv2 quanto pela RegCFSv2. Nota-se, também, que as previsões apresentam maior viés se comparadas ao TRMM (fig. 18i a 18p), onde neste caso, o CFSv2 se apresenta em todas as estações do ano (fig. 18i a 18l) mais seco que o observado no norte do Brasil. Este maior viés comparado ao TRMM pode ser devido a maior resolução espacial do TRMM e por ele ser mais próximo de uma observação ideal.

A previsão RegCFSv2 (fig. 18e a 18h) mostra que o modelo RegCM4.2 é mais úmido do que as previsões do CFSv2, apresentando melhor habilidade que o global apenas na previsão da região norte do Brasil. O viés seco na região da Bacia do Prata já é conhecido no RegCM (SOLMAN et al., 2013; DE JESUS, 2014), a previsão para esta região não segue o padrão do global, que é mais úmido.

Há uma notável melhora nas previsões RegCFSv2 em simular a precipitação nos Andes, devido ao maior detalhamento da topografia do modelo regional. Outro fator que pode ter levado a esta melhora é a parametrização física do RegCM. Em MAM e DJF há um padrão de precipitação semelhante entre as previsões.

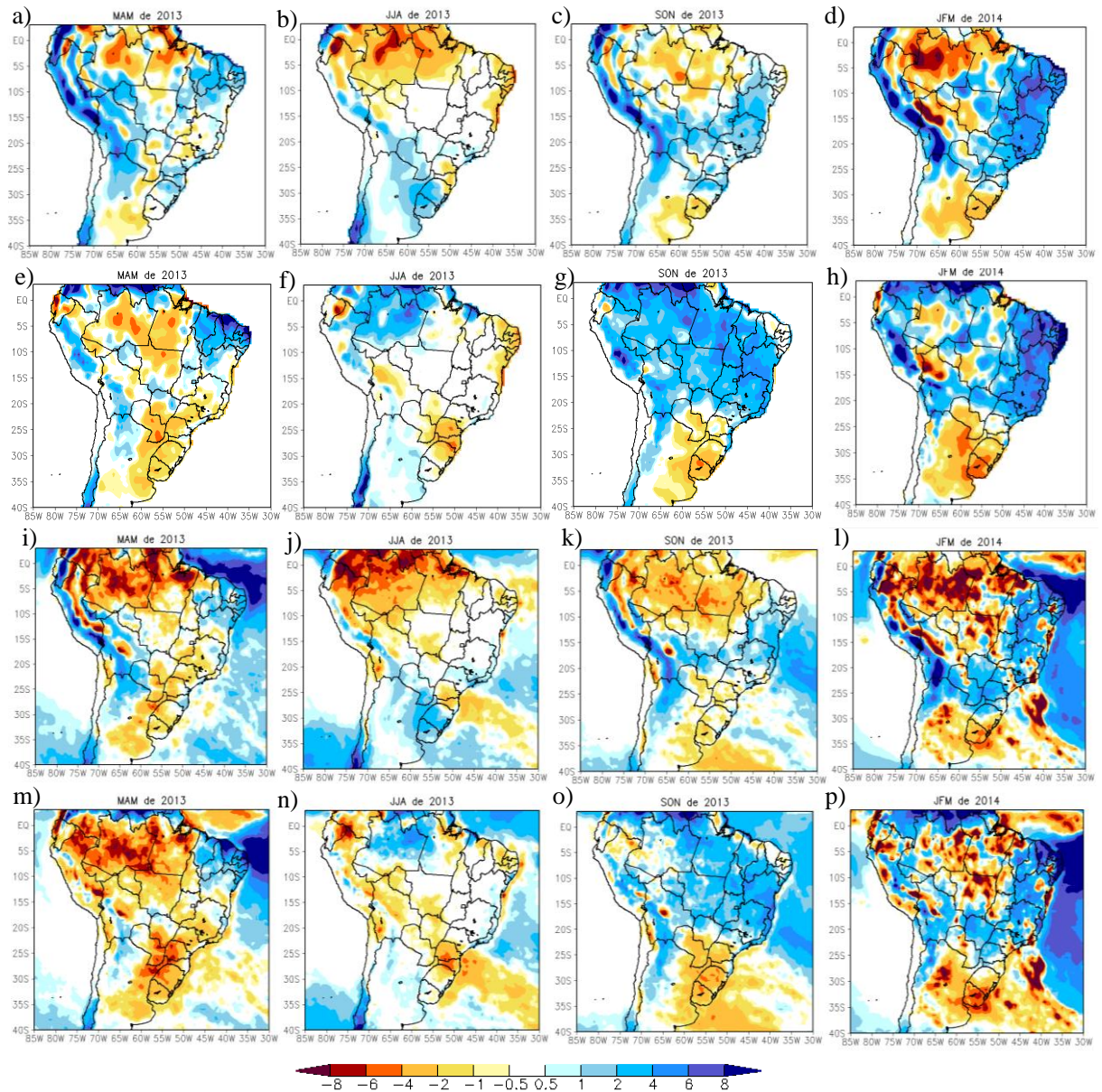


Figura 18- Viés da precipitação (mm/dia): CFSv2 menos CPC (primeira linha): a) MAM de 2013, b) JJA de 2013, c) SON de 2013 e d) JFM de 2013/2014. RegCFSv2 menos CPC (segunda linha): e) MAM de 2013, f) JJA de 2013, g) SON de 2013 e h) JFM de 2013/2014. CFSv2 – TRMM (terceira linha): i) MAM de 2013, j) JJA de 2013 e k) SON de 2013 e l) JFM de 2013/2014. RegCFSv2 menos TRMM (quarta linha): m) MAM de 2013, n) JJA de 2013, o) SON de 2013 e p) JFM de 2013/2014.

6.2.2. Temperatura sazonal

A figura 19 mostra o viés da temperatura do ar a 2 metros ($^{\circ}\text{C}$) para as estações do ano referentes as previsões CFSv2 e RegCFSv2 comparados a ERA-Interim e CFSR. O trimestre de DJF/2013 foi substituído pelo de JFM/2014 para facilitar a comparação com as previsões do CPTEC. A modo de curiosidade, o viés da temperatura do ar a 2 metros ($^{\circ}\text{C}$) realizado para cada um dos seis membros do RegCFSv2 encontra-se em anexo (figs. 26 e 27).

As previsões subestimam a temperatura do ar na maior parte da AS e se mostraram mais similares com a reanálise CFSR (fig. 19i a 19m), onde suas superestimativas/subestimativas são menores se comparadas à reanálise Era-Interim. Nessa análise, as previsões RegCFSv2 para a temperatura (fig. 19), assim como para a precipitação (fig. 18), apresentaram menor destreza comparadas às previsões do modelo global CFSv2. Entretanto, é difícil um único modelo apresentar boa performance sobre todo um domínio extenso. Por isso, as validações também serão realizadas por regiões.

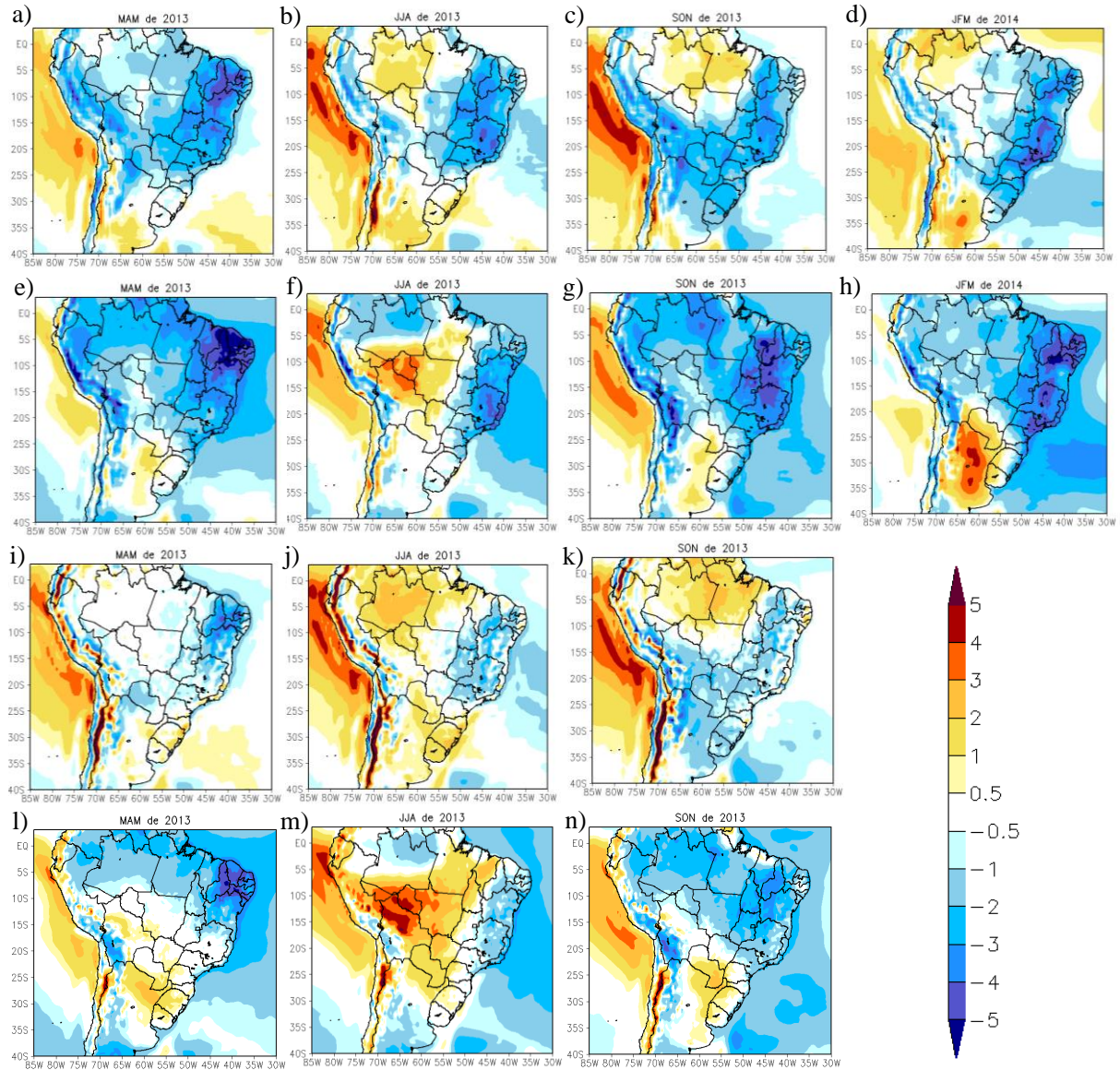


Figura 19- Viés da temperatura do ar a 2 metros ($^{\circ}\text{C}$): CFSv2 menos Era-Interim (primeira linha): a) MAM de 2013, b) JJA de 2013, c) SON de 2013 e d) DJF de 2013/2014. RegCFSv2 menos Era-Interim (segunda linha): e) MAM de 2013, f) JJA de 2013, g) SON de 2013 e h) DJF de 2013/2014. CFSv2 menos CFSR (terceira linha): i) MAM de 2013, j) JJA de 2013 e k) SON de 2013. RegCFSv2 menos CFSR (quarta linha): l) MAM de 2013, m) JJA de 2013 e n) SON de 2013.

6.3. RegCM4.5 dirigido pelo CPTEC

Neste tópico são analisados os vieses das previsões da precipitação e temperatura do ar referentes às simulações RegCPTECKF, RegCPTECEman e CPTEC. Vale recordar que as previsões RegCPTECKF e RegCPTECEman não são previsões por conjunto (*ensemble*), apenas a previsão do modelo global do CPTEC. A previsão do CPTEC foi utilizada como condições iniciais para o modelo RegCM4.5, gerando as previsões RegCPTECKF e RegCPTECEman.

6.3.1. Precipitação sazonal

A figura 20 apresenta o viés da precipitação (mm/dia) para as estações do ano das previsões do RegCPTECKF, RegCPTECEman e do global CPTEC. Os vieses são menores quando as previsões são comparadas ao CPC (fig. 20a a 20l). No inverno os modelos mostram boa performance (fig. 20b, 20f, 20j, 20n, 20r e 20v), assim como nas previsões do CFSv2 e RegCFSv2 (Fig. 19b, 19f, 19j e 19n). No inverno na região central do Brasil o viés chega próximo de 0 em todas as previsões. Neste mesmo período a previsão RegCPTECKF é a que melhor representou a precipitação do sudeste do Brasil. A primavera também possui boa performance, onde os vieses com o CPC mostraram valores de -2 a 2mm/dia, valor relativamente baixo se comparar que o verão apresenta vieses de -8 a 8mm/dia. O verão possuiu vieses mais acentuados em todas as previsões.

A previsão RegCPTECKF foi a única que mostrou viés seco para a região sudeste do Brasil no verão (fig. 20h e 20t).

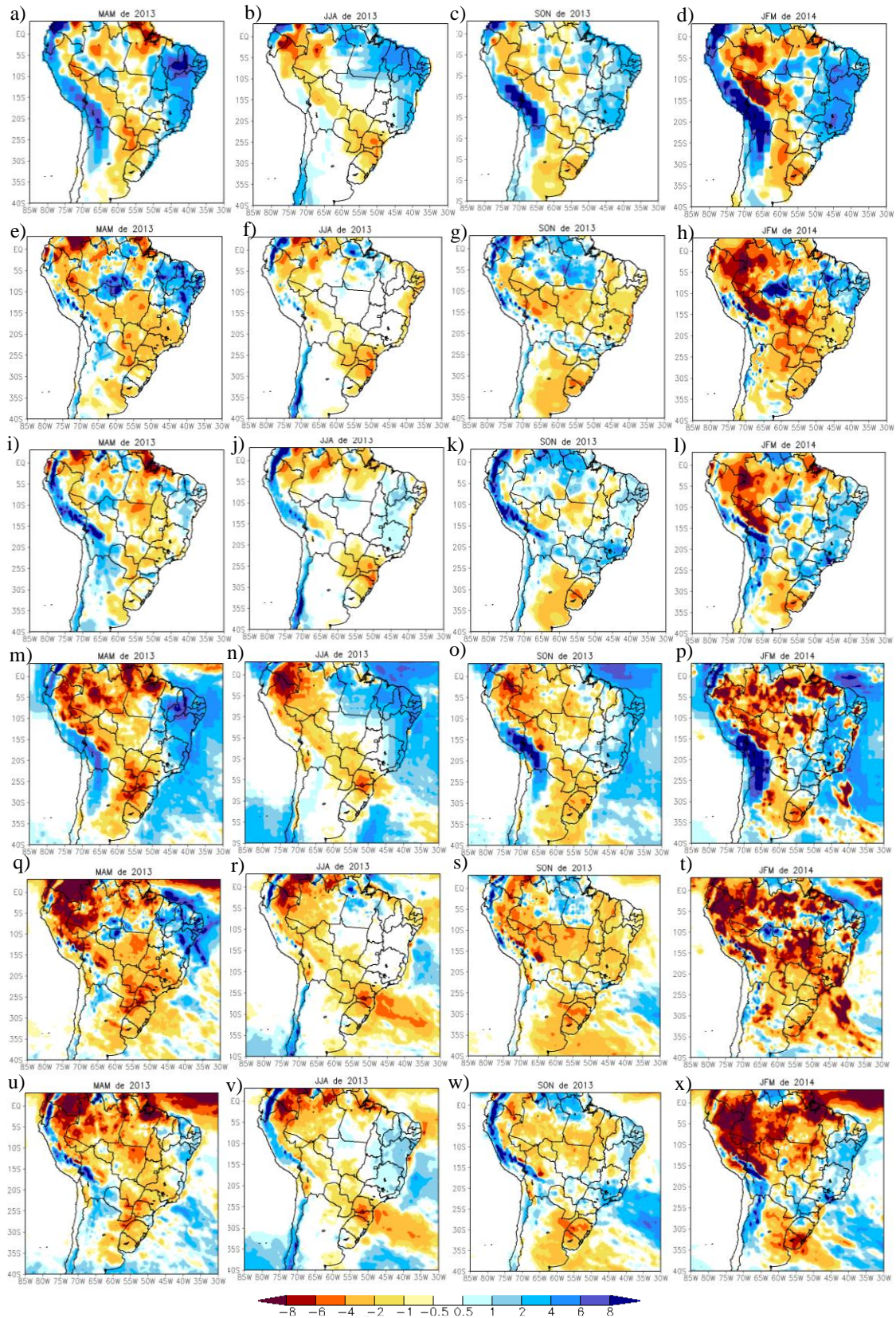


Figura 20- Viés da precipitação (mm/dia): a) MAM de 2013, b) JJA de 2013, c) SON de 2013 e d) JFM de 2014. RegCPTECKF menos CPC (segunda linha): e) MAM de 2013, f) JJA de 2013, g) SON de 2013 e h) JFM de 2014. RegCPTECEman menos CPC (terceira linha): i) MAM de 2013, j) JJA de 2013 e k) SON de 2013 e l) JFM de 2014. CPTEC menos TRMM (quarta linha): m) MAM de 2013, n) JJA de 2013, o) SON de 2013 e p) JFM de 2014. RegCPTECKF menos TRMM (quinta linha): q) MAM de 2013, r) JJA de 2013, s) SON de 2013 e t) JFM de 2014. RegCPTECEman menos TRMM (sexta linha): u) MAM de 2013, v) JJA de 2013 e w) SON de 2013 e x) JFM de 2014.

6.3.2. Temperatura sazonal

A figura 21 mostra o viés da temperatura do ar a 2 metros ($^{\circ}\text{C}$) para as estações do ano das previsões RegCPTECKF, RegCPTECEman e do global CPTEC. A região que em geral apresentou melhor previsão foi a Amazônica. Nota-se que o RegCM4.5 melhorou consideravelmente a previsão do global CPTEC comparado ao ERA-Interim, uma vez que RegCPTECKF e RegCPTECEman apresentaram, em geral, vieses menores do que o global CPTEC em grande parte da AS. A previsão que apresentou menores vieses foi a RegCPTECEman (fig. 21i a 21l), que subestimou a temperatura em até -2°C em grande parte do Brasil. Em comparação com as observações, a previsão do CPTEC e a RegCPTECKF se aproximaram mais do ERA-Interim e a RegCPTECEman do CFSR.

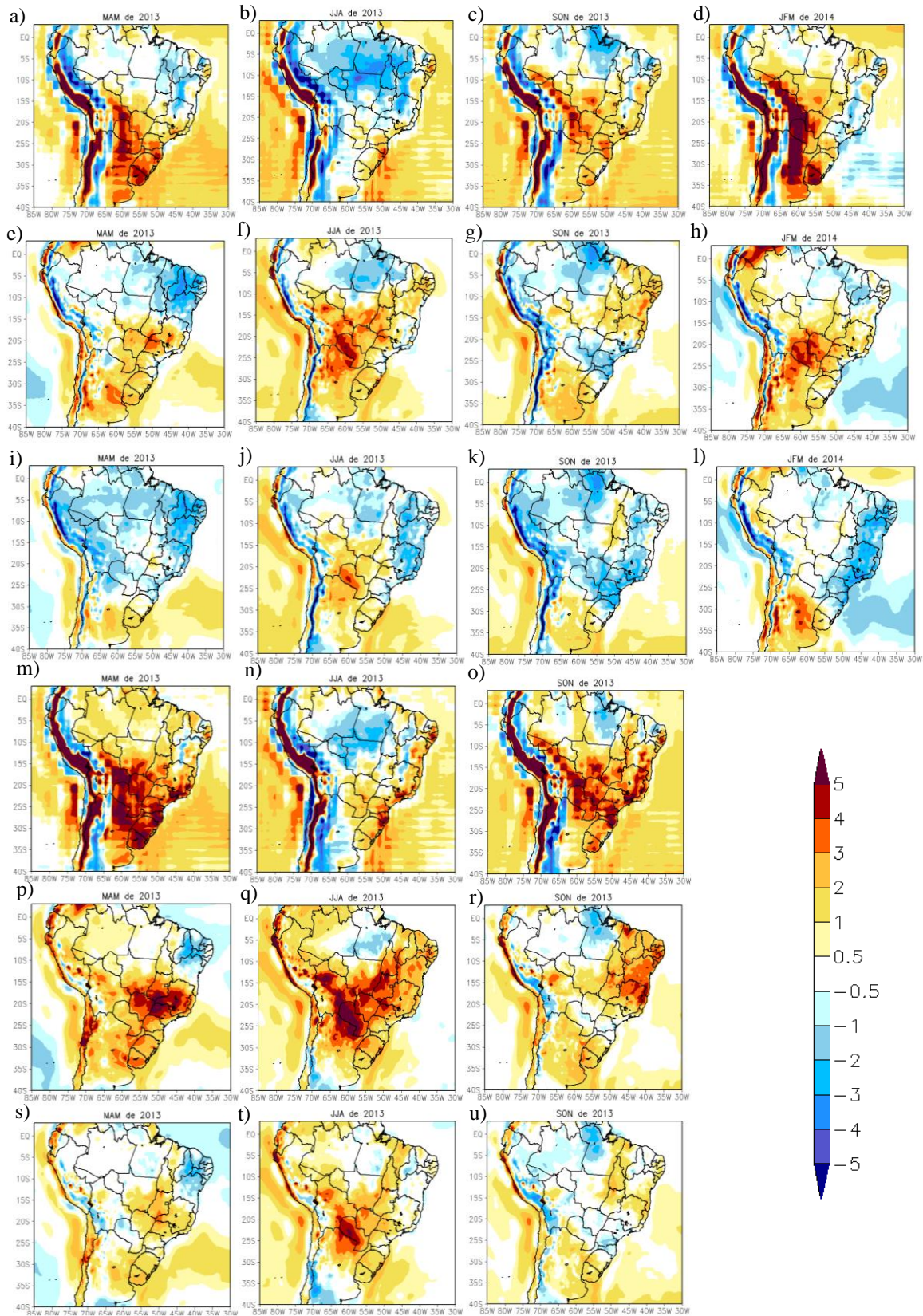


Figura 21- Viés da temperatura do ar a 2 metros ($^{\circ}\text{C}$). CPTEC menos ERA-Interim (primeira linha): a) MAM de 2013, b) JJA de 2013, c) SON de 2013 e d) JFM de 2014. RegCPTECKF menos ERA-Interim (segunda linha): e) MAM de 2013, f) JJA de 2013, g) SON de 2013 e h) JFM de 2014. RegCPTECEman menos ERA-Interim (terceira linha): i) MAM de 2013, j) JJA de 2013, k) SON de 2013 e l) JFM de 2014. CPTEC menos CFSR (quarta linha): m) MAM de 2013, n) JJA de 2013 e o) SON de 2013. RegCPTECKF menos CFSR (quinta linha): p) MAM de 2013, q) JJA de 2013 e r) SON de 2013. RegCPTECEman menos CFSR (sexta linha): s) MAM de 2013, t) JJA de 2013, u) SON de 2013.

6.4. Médias regionais

A figura 22 mostra as médias sazonais da precipitação (mm/dia) nas regiões em estudo apresentadas na figura 5. Nesta, estão as observações (CPC e TRMM) e as previsões CFSv2, RegCFSv2, CPTEC, RegCPTECKF e RegCPTECEman. Importante lembrar que, nesta figura também é plotado o *ensemble* físico entre o RegCPTECKF e o RegCPTECEman, o qual foi chamado de RegCPTECKFEm. Para as regiões AMZ e SUL (fig. 22a e 22d), o TRMM é mais chuvoso que o CPC. Nota-se, que todas as previsões representaram bem os trimestres na região AMZ, exceto a RegCFSv2. Nesta região, o maior índice de Willmott (tabela 5) foi do CFSv2, que chegou a 0,97 comparado ao CPC e 0,89 ao TRMM, sendo que quanto mais próximo de 1 melhor a concordância entre previsão e observação. Já na região NDE (fig. 22b), a precipitação foi bem representada pela RegCPTECEman, com superestimação/subestimação de no máximo 1 mm/dia e índice de Willmott (tabela 5) mais próximo de 1 (0,86 comparado ao CPC e 0,84 ao TRMM).

Na região SDE (fig. 22c), as previsões que melhor representaram a precipitação foram a CFSv2, RegCPTECEman e a CPTEC, porém, a partir de OND, a CPTEC apresentou superestimações de até 2 mm/dia. A partir de DJF, a CFSv2 também apresentou esta superestimação, enquanto a CPTEC superestimou 1,5 mm/dia nos trimestres SON e OND e 3mm/dia em FMA. Para o trimestre de FMA, as melhores previsões foram a RegCFSv2 e a RegCPTECKF. De acordo com o índice de Willmott (tabela 5), em comparação com o CPC, a melhor simulação foi a RegCPTECEman (0,74) e a pior foi a RegCPTECKF (0,55). De acordo com o TRMM, a única simulação com pior performance foi a RegCPTECKF (0,55). Enquanto, na região SUL (figura 22d) nenhuma simulação representou realisticamente a variável em estudo. Porém, ao analisar o índice de Willmott (tabela 5), a RegCPTECEman foi a que melhor representou a região, mesmo assim não conseguiu mostrar boa concordância com as observações (0,68 comparado ao CPC e 0,57 comparado ao TRMM).

Gonçalves (2015) realizou a previsão da precipitação com o RegCM4 dirigido com o sistema global CFSv2 para o Rio Grande do Sul, e concluiu que a precipitação média desta previsão foi menor que a previsão do CFSv2. Na figura 22d, também pode-se observar, que o RegCFSv2 foi realmente mais seco para a região sul do Brasil, ao ser comparado com o CFSv2. Estudos como o de Solman et al. (2013) e de Jesus (2014), também mostraram vieses secos no RegCM4, na região da Bacia do Prata.

Machado e da Rocha (2011) utilizaram o RegCM3 aninhado ao modelo global do CPTEC e observaram que estas previsões representaram melhor os valores médios trimestrais da

precipitação do que as previsões do CPTEC para as regiões SDE, NDE e SUL. Este resultado também foi encontrado neste trabalho.

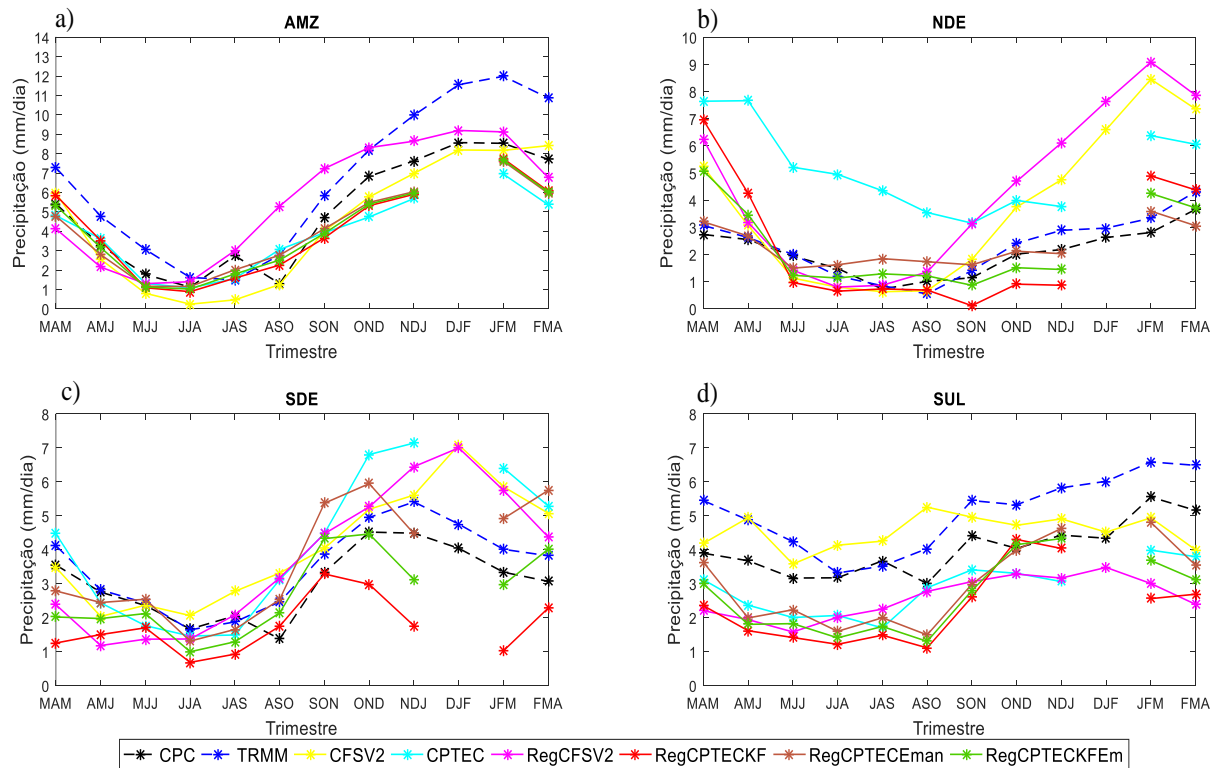


Figura 22- Médias espaciais sazonais da precipitação (mm/dia), referentes aos subdomínios em estudo. a) AMZ, b) NDE, c) SDE e d) SUL. Onde a linha preta representa o CPC, azul o TRMM, amarelo a CFSv2, ciano a CPTEC, rosa a RegCFSv2, vermelho a RegCPTECKF, marrom a RegCPTECEman e verde a RegCPTECKFEm.

A figura 23 mostra as médias espaciais sazonais da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) para os subdomínios em estudo, onde os dados observados, tomados como referência, são o ERA-Interim e o CFSR. Na região AMZ (fig. 23a) é observado que a simulação que melhor representa a temperatura é a RegCPTECKF de acordo com o ERA-Interim e o RegCPTECEman de acordo com o CFSR; o Índice de Willmott (tabela 5) mostra o mesmo. Na região NDE (fig. 23b), a previsão realizada com o modelo global do CPTEC se mostra mais parecida com o ERA-Interim, enquanto a RegCPTECEman com o CFSR; o índice de Willmott (tabela 5) confirma este resultado. Na região SDE (fig. 23c), o CPTEC e a RegCPTECKF representam bem a temperatura se comparado a ERA-Interim, porém ao comparar com o CFSR a simulação que possuiu maior destreza foi a CFSv2, o que também é mostrado no índice de Willmott (tabela 5). Na região SUL (fig. 23d), todas as previsões apresentam comportamento similar e possuem habilidade em representar a média da temperatura, porém a com maior destreza foi a RegCFSv2, resultado também confirmado pelo índice de Willmott (tabela 5), que

chegou a quase 1 (0,99 se comparado ao ERA-Interim e ao CFSR), sendo então a melhor simulação entre todas as regiões.

Machado e da Rocha (2011) utilizaram o RegCM3 aninhado com o modelo global do CPTEC e observaram que estas previsões obtiveram temperaturas mais elevadas que a do CPTEC para o NDE e SUL, enquanto no SDE o CPTEC apresentou maiores temperaturas. Na figura 23b, na região NDE, o RegCPTECKF apresentou temperaturas mais elevadas que o CPTEC em quase todo o período em estudo e o RegCPTECEman apresentou menores temperaturas. Na região SDE (fig. 23c), o CPTEC apresentou temperaturas mais elevadas em todos os trimestres se comparado ao RegCPTECEman e na maioria dos trimestres se comparado ao RegCPTECKF. A figura 23d, referente ao subdomínio SUL, não apresenta similaridade com os resultados de Machado e da Rocha (2011). Neste caso, a previsão CPTEC é a que apresenta maiores valores de temperatura. Os resultados obtidos se diferenciam um pouco dos encontrados por Machado e da Rocha (2011), entre as causas, está que o período, as parametrizações e a versão do RegCM foram diferentes da deste estudo.

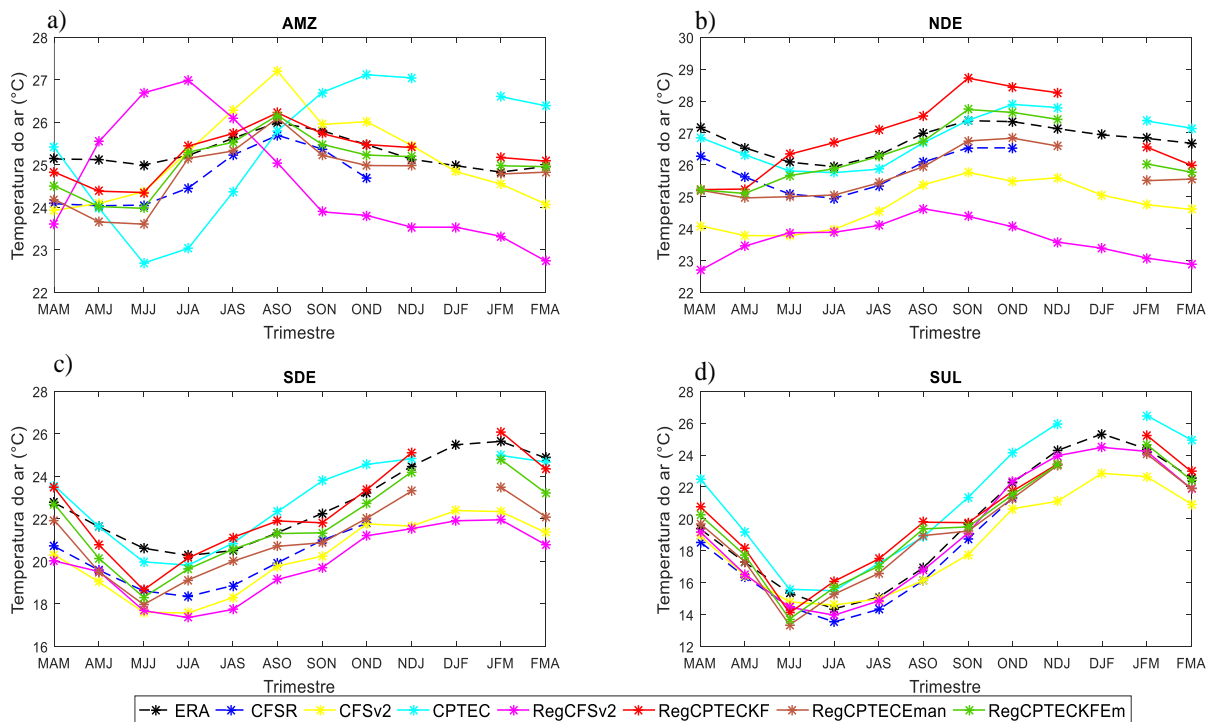


Figura 23- Médias espaciais sazonais da temperatura do ar a 2 metros (°C), referentes aos subdomínios em estudo. a) AMZ, b) NDE, c) SDE e d) SUL. Onde a linha preta representa o ERA-Interim, azul o CFSR, amarelo a CFSv2, ciano a CPTEC, rosa a RegCFSv2, vermelho a RegCPTECKF, marrom a RegCPTECEman e verde a RegCPTECKFEm.

Tabela 5- Viés e índice de Willmott (d) das previsões da Precipitação (mm/dia) comparadas as observações do CPC e TRMM e da Temperatura do ar a 2 metros (°C) comparadas as observações do ERA-Interim e do CFSR.
Em verde se encontram os melhores resultados.

		Viés CPC	Viés TRMM	d_preCPC	d_preTRMM	Viés ERA	Viés CFSR	d_tempERA	d_tempCFSR
SUL	CPTEC	-1,1	-2,1	0,59	0,53	1,8	2,6	0,93	0,81
	CFSv2	0,5	-0,6	0,48	0,43	-1,3	0,1	0,95	0,98
	RegCFSv2	-1,4	-2,5	0,48	0,50	-0,4	0,5	0,99	0,99
	RegCPTECKF	-1,7	-2,7	0,48	0,46	0,7	1,8	0,95	0,82
	RegCPTECEman	-1,0	-2,0	0,68	0,57	-0,1	1,0	0,97	0,90
	RegCPTECKFEm	-1,4	-2,4	0,57	0,51	0,3	1,4	0,97	0,86
AMZ	CPTEC	-0,8	-2,3	0,90	0,76	0,1	0,2	0,29	0,57
	CFSv2	-0,6	-2,2	0,97	0,89	-0,1	0,7	0,71	0,77
	RegCFSv2	0,6	-1,1	0,91	0,88	-0,7	0,5	0,28	0,26
	RegCPTECKF	-0,6	-2,2	0,95	0,82	0,0	0,6	0,83	0,81
	RegCPTECEman	-0,6	-2,2	0,95	0,80	-0,5	0,1	0,57	0,93
	RegCPTECKFEm	-0,6	-2,2	0,95	0,81	-0,3	0,3	0,71	0,90
NDE	CPTEC	3,1	2,9	0,36	0,42	0,0	0,8	0,89	0,73
	CFSv2	1,6	1,4	0,54	0,68	-2,0	-1,2	0,32	0,54
	RegCFSv2	2,3	2,1	0,44	0,58	-3,1	-1,9	0,17	0,33
	RegCPTECKF	0,3	0,1	0,68	0,73	0,2	1,1	0,56	0,49
	RegCPTECEman	0,2	0,0	0,86	0,84	-1,1	-0,2	0,50	0,88
	RegCPTECKFEm	0,3	0,0	0,81	0,84	-0,4	0,5	0,64	0,67
SDE	CPTEC	1,1	0,7	0,71	0,86	0,3	2,2	0,95	0,62
	CFSv2	1,0	0,6	0,69	0,85	-2,6	-0,5	0,69	0,94
	RegCFSv2	0,7	0,2	0,71	0,85	-2,9	-0,8	0,65	0,88
	RegCPTECKF	-1,2	-1,7	0,55	0,55	-0,1	1,6	0,96	0,69
	RegCPTECEman	0,7	0,2	0,75	0,87	-1,5	0,4	0,81	0,91
	RegCPTECKFEm	-0,3	-0,7	0,81	0,80	-0,8	1,0	0,92	0,80

6.5. Períodos secos e úmidos

Uma vez que as previsões CPTEC, RegCPTECKF e RegCPTECEman não possuem a simulação do mês de outubro referente ao trimestre DJF, este trimestre foi excluído de todas as previsões da tabela 6 para uma melhor comparação da habilidade das simulações em prever os períodos secos e úmidos.

Pela tabela 6 pode-se observar que a previsão RegCFSv2 foi a que mostrou maior número de períodos secos e úmidos, seguida pela previsão do modelo global CFSv2. Já em comparação com a quantidade de períodos secos e úmidos, a previsão RegCPTECKF foi mais parecida com os observados. Neste estudo, está sendo verificado se as previsões acertaram o número de ocorrências de períodos secos e úmidos dentro do trimestre, e não as datas de ocorrência. Para uma análise mais detalhada, foram também elaboradas as tabelas 7 e 8, que mostram se as previsões acertaram a quantidade de dias dos períodos secos e úmidos de cada trimestre e os valores de seus limiares.

Tabela 6- Quantidade de períodos secos e úmidos previstos e observados nos trimestres de MAM/2013 a FMA/2014 exceto o trimestre de DJF. Para a região Amazônica (AMZ), Nordeste do Brasil (NDE), Sudeste do Brasil (SDE) e Sul do Brasil (SUL).

		Globais		Ensemble RegCM4.3	RegCM4.5		Observados	
		CFSv2	CPTEC	RegCFSv2	RegCPTECKF	RegCPTECEman	CPC	TRMM
AMZ	Úmido	8	5	10	6	7	4	3
	Seco	6	5	10	7	11	2	2
NDE	Úmido	10	8	11	8	8	9	7
	Seco	10	8	11	3	9	5	3
SDE	Úmido	5	8	9	7	6	4	1
	Seco	11	9	9	1	7	4	3
SUL	Úmido	4	6	4	3	2	0	4
	Seco	6	5	8	0	3	0	0

As tabelas 7 e 8 mostram que nenhuma simulação consegue representar perfeitamente os limiares de precipitação que são utilizados na definição de períodos secos e úmidos, nem mesmo os períodos secos ou úmidos nos subdomínios em estudo.

Uma vez que nos dados observados houveram trimestres que não apresentaram períodos secos e/ou úmidos, na tabela 7 também se encontra a quantidade de trimestre sem ocorrências (S.O.). Conforme esta tabela, de acordo com o TRMM e CPC, não há previsão que apresentou a mesma quantidade total de períodos tanto secos quanto úmidos, ou sem ocorrências em comparação aos dados observados. A previsão RegCPTECKF mesmo não sendo tão eficiente

em alguns subdomínios em estudo se comparada às outras previsões, foi a que em geral melhor os representou em questão de total de períodos previstos.

A região com as melhores previsões, de acordo com o TRMM e CPC, foi a SUL. Nesta região, o CPC não detectou nenhum período seco ou úmido no período em estudo (tabela 16 em anexo), enquanto que o TRMM apresentou apenas período úmido para os trimestres de JAS, ASO, JFM e FMA (tabela 17 em anexo).

Tabela 7- Comparação dos períodos secos e úmidos entre as previsões e as observações (TRMM e CPC) para os subdomínios em estudo. Sendo que menor representa que o modelo estimou um período menor que o observado, maior mais longo e total refere-se à quantidade de períodos que foram simuladas de acordo com o observado. Sendo que S.O. significa que não houve ocorrência de períodos secos (S) e/ou úmidos (Ú). Foi considerado como igual, os valores com diferença de 0,3 mm para mais ou para menos que o valor observado. Em verde estão os maiores totais para cada subdomínio em relação as previsões e em vermelho os menores.

		TRMM								CPC							
		AMZ		NDE		SDE		SUL		AMZ		NDE		SDE		SUL	
		S	Ú	S	Ú	S	Ú	S	Ú	S	Ú	S	Ú	S	Ú	S	Ú
RegCPTCECKF	Menor	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Igual	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	3	0	3	0	0
	Maior	0	1	0	1	0	0	0	1	0	3	1	2	0	0	0	0
	S.O.	3	4	6	1	8	4	11	5	2	4	5	0	6	3	11	8
	Total	4	6	7	6	8	5	11	6	2	8	7	6	6	6	11	8
RegCPTCEEman	Menor	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0
	Igual	0	1	1	1	1	0	0	1	1	2	1	0	2	0	0	0
	Maior	1	1	1	2	0	0	0	0	1	2	3	5	2	0	0	0
	S.O.	0	3	1	0	4	3	8	6	0	4	1	0	4	3	8	9
	Total	2	5	3	4	6	3	8	7	1	8	5	6	8	5	8	9
CPTCEC	Menor	1	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	Igual	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	2	1	2	0	0	0
	Maior	0	0	2	3	1	1	0	1	0	1	2	4	1	3	0	0
	S.O.	5	4	3	1	2	3	6	3	4	5	2	0	1	2	6	5
	Total	6	5	6	6	4	4	6	5	4	8	6	6	4	5	6	5
CFSv2	Menor	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Igual	0	2	0	1	2	1	0	2	0	0	1	2	2	1	0	0
	Maior	0	0	3	6	0	0	0	0	1	2	3	8	2	1	0	0
	S.O.	4	3	1	0	0	7	6	6	4	2	0	1	1	5	6	7
	Total	5	5	4	7	2	8	6	8	5	5	4	11	5	7	6	7
RegCFSv2	Menor	0	1	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	Igual	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	2	2	0	0	0
	Maior	1	1	2	5	1	1	0	1	1	4	4	8	2	3	0	0
	S.O.	0	1	0	0	1	2	4	7	0	1	0	0	3	1	4	8
	Total	1	2	3	8	1	2	4	9	0	1	5	10	3	1	4	8

Na representação dos limiares, observa-se pela tabela 8, que o RegCPTECKF foi o modelo que melhor representou os limiares inferiores com relação aos valores observados (CPC e TRMM). Nota-se também, que os limiares superiores não são bem previstos quando comparados com a observação. Entre as previsões em estudo, a que teve menor desempenho em representar os limiares foi a do CPTEC. Porém ao utilizá-lo como condição inicial e de fronteira para o RegCM4.5 com a parametrização de Kain-Fritsch (RegCPTECKF), a simulação foi mais representativa do que as demais. Já a RegCFSv2 não foi boa em prever os limiares, e em comparação com o CFSv2, piorou estas previsões em quase todos os casos.

A título de curiosidade, as tabelas com os valores dos limiares da precipitação e períodos secos e úmidos previstos em cada modelo nos subdomínios em estudo e das observações se encontram em anexo da tabela 9 a 22.

Tabela 8- Quantidade de limiares inferiores e superiores da precipitação em todos os subdomínios em estudo, em que os valores dos modelos foram os mesmos que os observados. Foi considerado como igual, os valores com diferença de 0,3 mm para mais ou para menos que os valores observados (TRMM e CPC). Em verde estão as maiores quantidades para cada subdomínio e em vermelho as menores.

	TRMM								CPC							
	AM		NDE		SDE		SUL		AM		NDE		SDE		SUL	
RegCPTECKF	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Sup
RegCPTECKF	4	1	9	0	9	0	10	0	4	0	10	1	8	1	10	1
RegCPTECEman	1	0	0	1	4	0	9	0	2	0	0	3	5	0	9	3
CPTEC	3	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	4	1	0
CFSv2	5	1	7	2	1	0	0	0	4	0	6	0	1	2	0	0
RegCFSv2	4	0	2	0	4	0	2	0	1	0	4	0	3	0	3	0

7. CONCLUSÕES

7.1. Considerações finais

O presente estudo teve como objetivo avaliar a destreza de dois modelos globais e um regional em prever a precipitação e temperatura do ar sazonal na AS no ano de 2013 e início de 2014. Para as previsões, o RegCM4 foi dirigido com saídas de dois modelos climáticos globais: *Climate Forecast System version 2* (CFSv2) e o do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Também foram utilizadas duas versões do RegCM a 4.3 e a 4.5. O RegCM4.3 foi dirigido por seis membros do CFSv2 e as simulações denominadas de RegCFSv2. Como ao longo do estudo foi liberada uma versão mais recente do modelo regional, o RegCM4.5, e contando com novos esquemas de convecção *cumulus*: Kain-Fritsch e Emanuel, utilizou-se essa versão e esquemas para realizar previsões dirigidas por um membro do modelo global do CPTEC. Essas foram denominadas de RegCPTECKF e RegCPTECEman, respectivamente. Todas as previsões iniciaram cerca de dois meses antes do trimestre de interesse. Foram realizadas 72 simulações dirigindo o modelo regional RegCM com o CFSv2 e 22 com o CPTEC, sendo que destas 22, 11 foram com a parametrização de convecção *cumulus* Kain-Fritsch e 11 com a Emanuel.

A primeira etapa do estudo foi investigar se os modelos globais simulam adequadamente a circulação atmosférica em 250 e 950 hPa na AS, já que essa influencia diretamente a precipitação. Com relação ao nível de 250 hPa, o CPTEC representou melhor o padrão e os valores observados da componente zonal e a intensidade do vento neste nível. O padrão da componente meridional do vento foi representado por ambos os modelos globais (CPTEC e CFSv2), mas suas médias não foram bem previstas. Já no nível de 850 hPa, verifica-se que tanto o modelo global do CPTEC quanto o CFSv2 representaram o comportamento das componentes zonal e meridional do vento e a intensidade do vento. A componente meridional e intensidade do vento foram melhores simuladas pelo CFSv2 nas regiões AMZ e NDE e pelo CPTEC nas regiões SUL e SDE. Portanto, mesmo não prevendo tão bem todas as variáveis e subdomínios, ao analisar a circulação geral da atmosfera em 250 e 850 hPa, o CPTEC se sobressaiu na maioria dos casos em relação ao CFSv2.

A etapa seguinte avaliou os mapas dos vieses (temporais); apenas através destes mapas não se pode afirmar qual previsão conseguiu representar com mais habilidade a precipitação e temperatura do ar nas estações do ano se comparadas às observações, uma vez que nenhuma previsão representou bem todo o Brasil nem todas as estações do ano. Entretanto, com uma

análise visual dos vieses, a previsão da temperatura do RegCFSv2 em geral não adicionou valor as previsões do global CFSv2. Já a previsão RegCPTECEman apresentou melhor destreza que a RegCPTECKF e CPTEC. Os mapas dos vieses da precipitação mostraram que a previsão RegCFSv2 é mais úmida que a CFSv2 em SON e DJF. E que as previsões RegCPTECKF e RegCPTECEman em geral suavizam os vieses do CPTEC.

O verão de 2014 foi atípico na região sudeste do Brasil, isto é, anormalmente seco e quente (REBOITA; DUTRA; DA ROCHA et al., 2015; COELHO et al., 2015). Nem os modelos globais em estudo e nem o regional foram capazes de prever essa condição.

Considerando todo o Brasil, não há um único modelo global ou combinação do modelo regional que apresente melhor resultado. Entretanto, realizando a análise por regiões, verifica-se que para as previsões de precipitação, a região SUL não conseguiu ser bem representada em valor médio por nenhuma das previsões, ao contrário da região AMZ, que conseguiu ser bem representada por todas. A RegCPTECEman foi a previsão que melhor representou a média espacial da precipitação nas regiões NDE e SDE, vale lembrar que a RegCPTECEman não foi uma previsão por *ensemble*, talvez ela poderia melhorar ainda mais a destreza desta previsão. As médias das previsões por regiões da temperatura mostraram que o SUL foi muito bem representado tanto em comportamento quanto em valores médios. A região AMZ possuiu melhor representatividade pelas previsões RegCPTECKF e RegCPTECEman. As previsões CPTEC e RegCPTECEman foram as que melhor representaram a média espacial da temperatura na região NDE. Já a região SDE foi melhor representada pelo CPTEC e RegCPTECKF em comparação com o observado ERA-Interim, mas foi melhor representada pelo CFSv2 em comparação com o observado CFSR. Este resultado mostrou que, de forma geral o RegCM4, adicionou valor as previsões do modelo global CPTEC.

Nenhuma simulação representou com destreza os limiares de precipitação, entretanto, o RegCPTECKF foi o modelo que melhor simulou os limiares inferiores com relação aos valores observados (CPC e TRMM); já os limiares superiores não foram bem previstos. A previsão RegCFSv2 não foi boa em prever os limiares, e em comparação com o CFSv2, ela foi pior do que esta previsão em quase todos os casos. Uma vez que estes limiares não foram bem previstos, mas são necessários na definição de períodos secos e úmidos, estes períodos também não foram simulados adequadamente. A previsão RegCPTECKF mesmo não sendo tão eficaz em alguns subdomínios em estudo se comparada as outras previsões foi a que, em geral, melhor os representou em questão de total de períodos previstos. A região que possuiu as melhores previsões, de acordo com o TRMM e CPC, foi a SUL.

Portanto, recomenda-se a combinação RegCPTECEman para previsão de precipitação e temperatura para a região NDE. RegCPTECEman para a precipitação e RegCFSv2 para a temperatura na região SUL. CFSv2 para precipitação e RegCPTECKF para temperatura para a região AMZ. RegCPTECEman para precipitação e RegCPTECKF para temperatura para a região SDE. Fica evidente, que para a previsão de temperatura o modelo regional adiciona valor às previsões dos modelos globais, enquanto que para a precipitação depende da região analisada. Enfim, notou-se que o modelo regional adiciona valor em suas previsões, produzindo melhores resultados em relação ao modelo global CPTEC. Ressalta-se aqui, que foram analisadas simulações individuais (RegCPTECKF e RegCPTECEman), sendo, possível que um *ensemble* produzisse resultados ainda mais satisfatórios.

7.2. Recomendações para trabalhos futuros

Para trabalhos futuros recomenda-se realizar previsões com o RegCM4.5 aninhado aos modelos globais CPTEC e CFSv2s, porém com as mesmas parametrizações para ver qual previsão apresentará melhor destreza.

Recomenda-se também realizar previsões para um período maior, abrangendo mais de uma estação em comum para ver se o comportamento da circulação, precipitação e temperatura da estação do ano são representados similarmente nas previsões.

Uma vez que as previsões RegCPTECKF e RegCPTECEman obtiveram bom desempenho, seria interessante realizar uma previsão por *ensemble* temporal para ver se a previsão seria ainda mais significativa.

Também é importante realizar uma análise da circulação atmosférica no verão de 2014 a fim de compreender os vieses da precipitação e temperatura nas previsões. Por exemplo, para explicar por que há vieses negativos no RegCPTECKF em JFM sobre o sudeste e positivo nas demais previsões.

REFERÊNCIAS

- AHRENS, C. D. *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*. 9th ed. Belmont: Brooks/Cole, 2009.
- ALBUQUERQUE, M. F. et al. Precipitação nas mesorregiões do estado do Pará: Climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 6, p. 151-158, 2010.
- ALVES, J. M. B. et al. Uma aplicação da técnica de “downscaling” dinâmico no setor norte da região nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.18, n.2, 161-180, 2003.
- ALVES, J. M. B. et al. Mecanismos atmosféricos associados à ocorrência de precipitação intensa sobre o nordeste do Brasil durante janeiro/2004. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 1, p. 56-76, 2006.
- ALVES, J. M. B. et al. Sobre o sinal de um *downscaling* dinâmico de precipitação às oscilações intrasazonais no setor norte do nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 2, p. 219-228, 2012.
- ALVES, J. M.; REPELLI, C. A. A variabilidade pluviométrica no setor norte do nordeste e os eventos de El-Niño- Oscilação sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 7, n. 2, p. 583-592, 1992.
- AMBRIZZI, T. et al. South America past climate. In: *Environmental changes in South America in the last 10k years: Atlantic and Pacific controls and biogeophysical effects*. IAI SGP-078 Final Scientific Report. p. 192, 2006.
- ANTHES, R. A. A cumulus parameterization scheme utilizing a one-dimensional cloud model. **Monthly Weather Review**, v. 117, p. 1423-1438, 1977.
- BENETI, C. A. A. **Caracterização hidrodinâmica e elétrica de sistemas convectivos de mesoescala**. 2012. 135 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- CAMPOS, C. R. J. de.; EICHHOLZ, C. W. Características físicas dos sistemas convectivos de mesoescala que afetaram o Rio Grande do Sul no período de 2004 a 2008. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 2, n. 2, 2011.
- CARDOSO, D. H.; DOURADO, M. Modelagem unidimensional da camada limite oceânica durante a passagem de uma frente fria na região da Confluência Brasil-Malvinas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.3, 367 - 378, 2014.
- CARDOZO, A. B.; REBOITA, M. S.; GARCIA, S. R. Climatologia de frentes frias na América do Sul e sua relação com o Modo Anular Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 2237-8642, jul/dez, 2015.
- CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. The South Atlantic Convergence Zone: intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. **Journal of Climate**, v. 17, p. 88-108, 2004.
- CAVALCANTI, I. F. A. et al. Global Climatological Features in a Simulation Using the CPTEC AGCM. **Journal of Climate**, v. 15, n. 21, p. 2965-2988, 2002.
- CAVALCANTI, I. F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 463p.

- CERA, J. C.; FERRAZ, S. E. T. Variações climáticas na precipitação no sul do Brasil no clima presente e futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 1, p. 81-88, 2015.
- CHAVES, R. R.; SATYAMURTY, P. Estudo das condições regionais associadas a um evento de forte ZCAS em janeiro de 2003. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 1, p. 134-40, 2006.
- CHEN, M. et al. CPC Unified Gauge-based Analysis of Global Daily Precipitation. Western Pacific Geophysics Meeting, Cairns, Australia, 2008.
- CPC – Climate Prediction Center. Disponível em: <<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>>. Acesso em: 20 agosto 2015.
- CHOU, S. C.; BUSTAMANTE, J. F.; GOMES, J. L. Evaluation of Eta Model seasonal precipitation forecasts over South America. **Nonlinear Processes in Geophysics**, v. 12, p. 537-555, 2005.
- CHOU, S. C.; NUNES, A. M. B.; CAVALCANTI, I. F. A. Extended range forecasts over South America using the regional Eta Model. **Journal of Geophysical Research**, v.105, n. D8, p. 10147–10160, 2000.
- COELHO, C. A. S. et al. A destreza das previsões climáticas sazonais retrospectivas do modelo de circulação geral da atmosférica do CPTEC. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2010. **Anais...** Belém-PA, 2010.
- COELHO, C. A. S. et al. The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. **Climate Dynamics**, v. 01, p. August 2015, 2015.
- COELHO, C. A. S. et al. The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. **Climate Dynamics**, v. 46, n. 11, p. 3737-3752, 2016.
- CORREIA et al. Calibração do “*Simplified Simple Biosphere Model –SSiB*” para áreas de pastagem e floresta na Amazônia com dados do LBA. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 2, p. 273-288, 2005.
- COSTA, R. L.; SOUZA, E. P. de.; SILVA, F. D. S. Aplicação de uma teoria termodinâmica no estudo de um vórtice ciclônico de altos níveis sobre o nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 1, p. 96-104, 2014.
- CUADRA, S. V.; DA ROCHA, R. P. Simulação numérica do clima de verão sobre o Brasil e sua variabilidade. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.2, p.271-282, 2006.
- DA ROCHA, R. P.; REBOITA, M. S.; CUADRA, S. V. Characterization of wet and dry spells simulated by RegCM4 over the South America. **Geophysical Research Abstracts**, v. 14, EGU2012-10962, 2012.
- DANTAS, V. de. A. et al. *Downscaling* dinâmico sobre o Nordeste do Brasil utilizando um modelo climático regional: Impacto de diferentes parametrizações na precipitação simulada. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 4, p. 995-1008, 2013.
- DEE D. P. et al. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 137, n. 656, p. 553-597, 2011.
- DICKINSON, R. E.; HENDERSON-SELLERS, A.; KENNEDY, P. J.; Biosphere- atmosphere transfer scheme (BATS) version 1e as coupled to the NCAR Community Climate Model, **NCAR Technical Note**, NCAR/TN-387, p. 72, 1993.

- DUTRA, M. M. L. et al. Dry summer over Southeastern Brazil in 2014: Part I: forecasted precipitation by CFSv2 and RegCM4 ensembles. In: 26th IUGG 2015 General Assembly, 2015, Praga. 26th IUGG 2015 General Assembly, 2015.
- EMANUEL K. A., ZIVKOVIC-ROTHMAN, M. Development and evaluation of a convection scheme for use in climate models. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 56, p. 1766–1782, 1999.
- FARINA, F. Previsão de Ondas Oceânicas por *Ensemble*: Uma Revisão e Estudo de Caso. **Pesquisas em Geociências**, v. 33, n. 1, p. 117-124, 2006.
- FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2005.
- FERREIRA, N. J.; SANCHES, M.; DIAS, M. A. F. S. Composição da zona de convergência do Atlântico Sul em períodos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 1, p. 89-98, 2004.
- FERREIRA, W. R. S. et al. Sazonalidade da precipitação para a Amazônia usando o modelo REGCM3: Avaliando apenas a forçante do Atlântico Equatorial. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 27, n. 4, p.435-446, 2012.
- FREIRE, J. L.; FREITAS, S. R. de.; COELHO, C. A. dos. S. Calibração do modelo regional BRAMS para a previsão de eventos climáticos extremos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 2, p. 158 - 170, 2015.
- FRITSCH, J. M.; CHAPPELL, C. F. Numerical Prediction of Convectively Driven Mesoscale Pressure Systems. Part I: Convective Parameterization. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 37, p. 1722-1733, 1980.
- GAN, M. A; KOUSKY, V. E. Estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e Leste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 1982. **Anais...** p. 429- 453, 1982.
- GIORGI, F.; ANYAH, R. O. The Road Towards RegCM4. **Climate Research**, v. 52, p. 3-6, 2012.
- GIORGI, F.; BATES, G. T. The climatological skill of a regional model over complex terrain. **Monthly Weather Review**, v. 117, p. 2325–2347, 1989.
- GIORGI, F.; MEARN, L. O. Introduction to special section: Regional Climate Modeling Revisited. **Journal of Geophysical Research**, v. 104, p. 6335-6352, 1999.
- GIORGI, F. et al. RegCM4: Model description and preliminary tests over multiple CORDEX domains. **Climate Research**, v. 52, p. 7-29, 2012.
- GIORGI, F.; SOLMON, F.; GIULIANI, G. Regional Climatic Model RegCM User's Guide Version 4.5. **International Centre for Theoretical Physics**. p. 1-59, 2016.
- GOMES, H. B. et al. Easterly Wave Disturbances over Northeast Brazil: An Observational Analysis. **Advances in Meteorology**, v. 2015, 2015.
- GONÇALVES, J. S. **Avaliação da previsão numérica sazonal de precipitação para o Rio Grande do Sul**. 2015. 80 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- GRELL, G. A. Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterization. **Monthly Weather Review**, v. 121, p. 764 - 787, 1993.

GRIMM, A. M. Variabilidade interanual do clima do Brasil. In: CAVALCANTI, I. D. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da., SILVA DIAS, M. A. F. (Orgs.). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 353-374.

GRIMM, A. M. Interannual climate variability in South America: impacts on seasonal precipitation, extreme events and possible effects of climate change. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 25, n. 4, p. 537-554, 2011.

HARTMANN, D. H. Global Physical Climatology. **Academic Press**, v. 56, 1994.

HOUZE JUNIOR, R. A. Mesoscale convective systems. **Reviews of Geophysics**, v. 42, RG4003, 2004.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Sistema da metodologia atual. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/prev_estocastica. Acesso em: 13 março 2017.

IRI (International Research Institute for Climate and Society). IRI real-time seasonal climate forecasts and models. Disponível em: <http://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/iri-real-time-seasonal-climate-forecasts-and-models/>. Acesso em: 13 março 2017.

JESUS, E. M. de. Simulações climáticas regionais para o CORDEX sobre a América do Sul e impactos das frentes frias na climatologia simulada. 2014. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

KAIN, J. S. The Kain–Fritsch Convective Parameterization: An Update. American Meteorological Society. **Journal of applied meteorology**, v. 43, p. 170-181, 2004.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Clima da região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. D. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da., SILVA DIAS, M. A. F. (Orgs.). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 212-233.

KAYANO, M. T.; JONES, C.; DIAS, P. L. da. S. Variabilidade intrasazonal. In: CAVALCANTI, I. D. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da., SILVA DIAS, M. A. F. (Orgs.). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 337-33519.

KINTER III, J. L. et al. 1997: The COLA atmosphere–biosphere general circulation model. Vol. 1: Formulation. Rep. 51, COLA, Calverton, MD, 46 pp.

KOUSKY, V. E. Frontal Influences on Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, v.107, p. 1140-1153, 1979.

KOUSKY V. E.; KAYANO M.T.; CAVALCANTI I. F. A. A review of the Southern Oscillation: Oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. **Tellus**, v. 36, p. 90-504, 1984.

KUO, H. L. Further studies of the parameterization of the influence of cumulus convection on large-scale flow. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 31, p. 1232–1240, 1974.

LENTERS, J.; COOK, K. Summertime Precipitation Variability over South America: Role of the Large-Scale Circulation. **Monthly Weather Review**, v. 127, p. 409 – 431, 1997.

LLOPART, M. P. **Impacto da representação solo-planta-atmosfera em simulações climáticas regionais para a América do Sul**. 2014. 136 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

- LORENZ, E. N. A study of the predictability of a 28-variable model. **Tellus**, v. 17, p. 321-333, 1965.
- LOVELAND, T. R. et al. Development of a global land cover characteristics database and IGBP DISCover from 1 km AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 6-7, p. 1303–1330, 2000.
- LÚCIO, P. S. et al. Um modelo estocástico combinado de previsão sazonal para a precipitação no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.1, 70 - 87, 2010.
- MACHADO, R. D.; DA ROCHA, R. P. Previsões climáticas sazonais sobre o Brasil: Avaliação do RegCM3 aninhado no modelo global CPTEC/COLA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n.1, p.121-136, 2011.
- MARENGO, J. A.; DOUGLAS, M. W.; SILVA DIAS, P. L. The South American Low-Level Jet East of the Andes during the LBA-TRMM and WET AMC campaign of January-April 1999. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, p. 47/1-47/11, 2002.
- MARENGO, J.A. et al. Climatology of the Low-Level Jet East of the Andes as Derived from the NCEPNCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. **Journal of Climate**, v. 17, n. 12, p. 2261-2280, 2004.
- MARENGO, J. A. et al. Tropical South America east of the Andes. In: BLUNDEN, J.; ARNDT, D. S. Eds., **State of the Climate in 2013**. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 95, n. 7, p. S170-S171, 2014.
- MARENGO, J. et al. Eds., **State of the Climate in 2014**. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 96, n. 7, p. S179-S180 e S182, 2015.
- MARTÍNEZ, R. et al. Eds., **State of the Climate in 2014**. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 96, n. 7, p. S178-S179, 2015.
- MELO, A. B. C. de.; CAVALCANTI, I. F. de. A.; SOUZA, P. P. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. In: CAVALCANTI, I. D. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da., SILVA DIAS, M. A. F. (Orgs.). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 25-39.
- MELO, M. L. A Oscilação de Madden e Julian e sua Influência sobre a Região Centro-Oeste do Brasil. In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2006, **Anais...** Florianópolis-SC, 2006.
- MENDONÇA, R. W. B.; BONATTI, J. P. Estudo da energética modal para episódios de ZCAS. Parte II: Impacto da resolução do modelo e da parametrização de convecção. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 4, p. 381-403, 2008.
- MISRA, V.; DIRMEYER, A. P.; KIRTMAN, B. P. Dynamic Downscaling of Seasonal Simulations over South America. **Journal of Climate**, v. 16, p. 103-117, 2003.
- MINUZZI, R. B. et al. Influência do El Niño nas épocas de plantio e fenologia da cultura da soja na região sudeste do Brasil. **Revista Ceres**, v. 54, n. 313, p. 316-323, maio/jun 2007a.
- MINUZZI, R. B. et al. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 3, p. 338-344, dez 2007b.
- NOBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. Tendência de temperatura na superfície do mar nos Oceanos Atlântico e Pacífico e variabilidade de precipitação em Pernambuco. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 107-118, jan./abr. 2014.

- NOGUÉS-PAEGLE, J.; MO, K. C. Alternating Wet and Dry Conditions over South America during Summer. **Monthly Weather Review**, v. 125, p. 279-291, Feb. 1997.
- PAL, J. S. et al. Regional Climate Modeling for the Developing World: The ICTP RegCM3 and RegCNET. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 88, p. 1395-1409, 2007.
- PEZZI, L. P.; UBARANA, V.; REPELLI, C. Desempenho e previsões de um modelo regional estatístico para a região sul do Brasil. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 18, n. 2, p. 129-146, 2000.
- PINHEIRO, J. U. et al. Avaliação de modelos do CMIP5 que melhor expressam a atuação dos Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCANS) no Nordeste brasileiro (NEB). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 07, n. 05, p. 891-904, 2014.
- QUADRO, M. F. de L. et al. Análise climatológica da precipitação e do transporte de umidade na região da ZCAS através da nova geração de reanálises. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 2, p. 152-162, 2012.
- REBOITA, M. S. **Ciclones Extratropicais sobre o Atlântico Sul: Simulação Climática e Experimentos de Sensibilidade**. 2008. 316 p. Tese (Doutorado em Meteorologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- REBOITA, M. S.; DA ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Dry and wet spells in the rainy season of the South America projected to A1B scenario by RegCM3 nested in ECHAM5. In: International Conference on Regional Climate - CORDEX 2013 - WCRP-IPCC-EC joint event, 2013, Bruxelas. WCRP-IPCC-EC joint event, p. 251. 2013.
- REBOITA, M. S. et al. Regimes de precipitação na América do Sul: Uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 185-204, jun. 2010a.
- REBOITA, M. S. et al. Climatological features of cutoff low systems in the Southern Hemisphere. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 115, n. D17104, p. 1-15, sep. 2010b.
- REBOITA, M. S. et al. Validação da Precipitação Simulada pelo CFSv2. In: IV SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 2011, João Pessoa. **Anais...** 2011.
- REBOITA, M. S. et al. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. **Terræ didática**, v. 8, n. 1, p. 34-50, 2012.
- REBOITA, M. S. et al. Evidências de Circulação de Brisa Vale-Montanha na Serra da Mantiqueira: Cidade de Itajubá-MG. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 1, p. 61-71, jan-abr, 2014a.
- REBOITA, M. S. et al. Assessment of RegCM4.3 over the CORDEX South America domain: sensitivity analysis for physical parameterization schemes. **Climate Research**, v. 60, n. 3, p. 215-234, aug. 2014b.
- REBOITA, M. S. et al. Climate Projections for South America: RegCM3 Driven by HadCM3 and ECHAM5. **Advances in Meteorology**, v. 2014, p. 1-17, 2014c.
- REBOITA, M. S.; AZEVEDO, S. I. de. Influência de alguns padrões de teleconexão na precipitação no Norte e Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 15, p. 2237-8642, jul/dez. 2014.
- REBOITA, M. S.; DUTRA, M. M. L.; DA ROCHA, R. P. Dry summer over Southeastern Brazil in 2014: Part II: atmospheric patterns in ERA-Interim and simulated by CFSv2 and RegCM4 ensembles. In: 26th IUGG 2015 General Assembly, 2015, Praga. 26th IUGG 2015 General Assembly, 2015.

- REBOITA, M. S.; DUTRA, L. M. M.; DIAS, C. G. Diurnal cycle of precipitation simulated by RegCM4 over South America: present and future scenarios. **Climate Research**, v. 70, p. 39-55, 2016.
- REBOITA, M. S. et al. Anomalias dos padrões sinóticos da atmosfera na América do Sul nos meses de janeiro de 2014 e 2015. **Revista brasileira de energias renováveis**, v.4, p. 01-12, 2015.
- REPELLI, C. A. et al. Influências da oscilação de Madden-Julian sobre o nordeste brasileiro no final de março/1997. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Brasília. **Anais...** 1998.
- RESENDE, N.; CHOU, S. C. Influência das condições do solo na climatologia da previsão sazonal do modelo ETA. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 15, p. 2237-8642, 2014.
- RODRIGUES, M. L. G.; FRANCO, D.; SUGAHARA, S. Climatologia de frentes frias no litoral de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 22, n. 2, p. 135-151, 2004.
- ROQUE DA SILVA, F. das. N. Utilização de um Modelo de Circulação Geral da Atmosfera para Previsões Sazonais: sensibilidade a dois Esquemas de Convecção e a duas resoluções espaciais diferentes. 2005. 133 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- SAHA, S. et al. The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 91, n.8, p. 1015-1057, apr. 2010.
- SAHA, S. et al. The NCEP Climate Forecast System Version 2. **Journal of Climate**, v. 27, n. 6, p. 2185-2208, 2014.
- SAMPAIO, G.; DIAS, P. L. da. S. Evolução dos modelos climáticos e de previsão de tempo e clima. **Revista USP**, n. 103, p. 41-54, 2014.
- SÁNCHEZ-LUGO, A. et al. Eds., **State of the Climate in 2013**. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 95, n. 7, p. S157-S213, 2014.
- SÁNCHEZ-LUGO, A. Eds., **State of the Climate in 2014**. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 96, n. 7, p. S178, 2015.
- SANT'ANNA NETO, J. L. Decálogo da climatologia do sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 43-60, 2005.
- SANTOS, D. C. **Extremos de precipitação na primavera no estado do Rio Grande do Sul**. 2012. 96 f. Dissertação (Mestrado em meteorologia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2012.
- SANTOS, J. F. A.; PORTELA, M. M. B.; PULIDO-CALVO, I. Previsão de secas na primavera em Portugal Continental com base em indicadores climáticos de larga. **Ingeniería del Agua**, v.19, n. 4, p. 211-227, 2015.
- SANTOS, J. G. M. dos., CAMPOS, C. R. J. de., LIMA, K. C. Análise de Jatos de Baixos Níveis associados a um sistema convectivo de mesoescala na América do Sul: Um estudo de caso. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 26, n. 4, p. 451-468, 2008.
- SATYAMURTY, P.; SELUCHI, M. E. Characteristics and structure of an upper air cold vortex in the subtropics of South America. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 96, p. 203-220, June 2007.

- SELUCHI, M. E. Geadas e Friagens. In: CAVALCANTI, I. D. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da., SILVA DIAS, M. A. F. (Orgs.). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 149-167.
- SILVA, A. E. da. **Variabilidade da Circulação e Umidade no Regime de Monção da América do Sul**. 2009. 129 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- SILVA, G. A. M. et al. Preliminary Analysis on the Global Features of the NCEP CFSv2 Seasonal Hindcasts. **Advances in Meteorology**, v. 2014, p. 1-21, 2014.
- STEINER, A. L. et al. Land surface coupling in regional climate simulations of the West Africa monsoon. **Climate Dynamics**, v. 33, p. 869–892, 2009.
- SILVA, L. J.; REBOITA, M. S.; da ROCHA, R. P. Relação da Passagem de Frentes Frias na Região Sul de Minas Gerais (RSMG) com a Precipitação e Eventos de Geadas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 14, p. 229-246, 2014.
- SILVEIRA, C. S. et al. Verificação das previsões de tempo para precipitação usando *ensemble* regional para o estado do Ceará em 2009. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 4, p. 609-618, 2011.
- SOLMAN S. A. et al. Evaluation of an ensemble of regional climate model simulations over South America driven by the ERA-Interim reanalysis: model performance and uncertainties. *Climate Dynamics*, v. 41, p. 1139-1157, 2013.
- TIEDTKE, M. A. Comprehensive mass-flux scheme for cumulus parameterization in large-scale models. **Monthly Weather Review**, v. 117, p. 1779–1800, 1989.
- TORRES, R. R.; FERREIRA, N. J. Case Studies of Easterly Wave Disturbances over Northeast Brazil Using the Eta Model. **Weather and Forecasting**, v. 25, p. 225-235, Apr. 2011.
- VAN, T P. et al. Seasonal prediction of surface air temperature across Vietnam using the regional climate model version 4.2 (RegCM4.2). **Hindawi**, v. 2014, p. 1–13, 2014.
- VIEIRA, S. O. et al. Aplicação do método Fuzzy na classificação da Zona de Convergência do Atlântico Sul no sul da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 4, p. 621-631, 2014.
- WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. (Orgs.). *Atmospheric Science: An Introductory Survey*. Academic Press, Inc, London, 1977, 467 pp.
- WILKS, D. S. *Statistical methods in the atmospheric sciences*. 2. Ed. San Diego, Elsevier, 2006.
- WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, v. 2, p. 184-194, 1981.
- WMO. Guidelines on Ensemble Prediction Systems and Forecasting. n. 1091, 2012. Available in: <http://www.wmo.int/pages/prog/www/Documents/1091_en.pdf>. Access in: 02 feb 2017.
- XAVIER, T. M. B. S. et al. Zona de Convergência Intertropical-ZCIT e suas relações com a chuva no Ceará (1964-98). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 15, n. 1, p. 27-43, 2000.
- XUE, Y. et al. A simplified biosphere model for global climate studies. **Journal of Climate**, v. 4, p. 345-364, 1991.
- YAMAMOTO, R. **Investigando Linhas de Instabilidade na Amazônia através da sensibilidade à parametrização de convecção**. 2016. 131 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

YNOUE, R. Y. et al. (Orgs.). *Meteorologia noções básicas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2017, 179 pp.

ZHOU, J.; LAU, K. M. Does monsoon climate exist over South America?. **Journal of Climate**, v. 11, p. 1020-1040, 1998.

ANEXOS

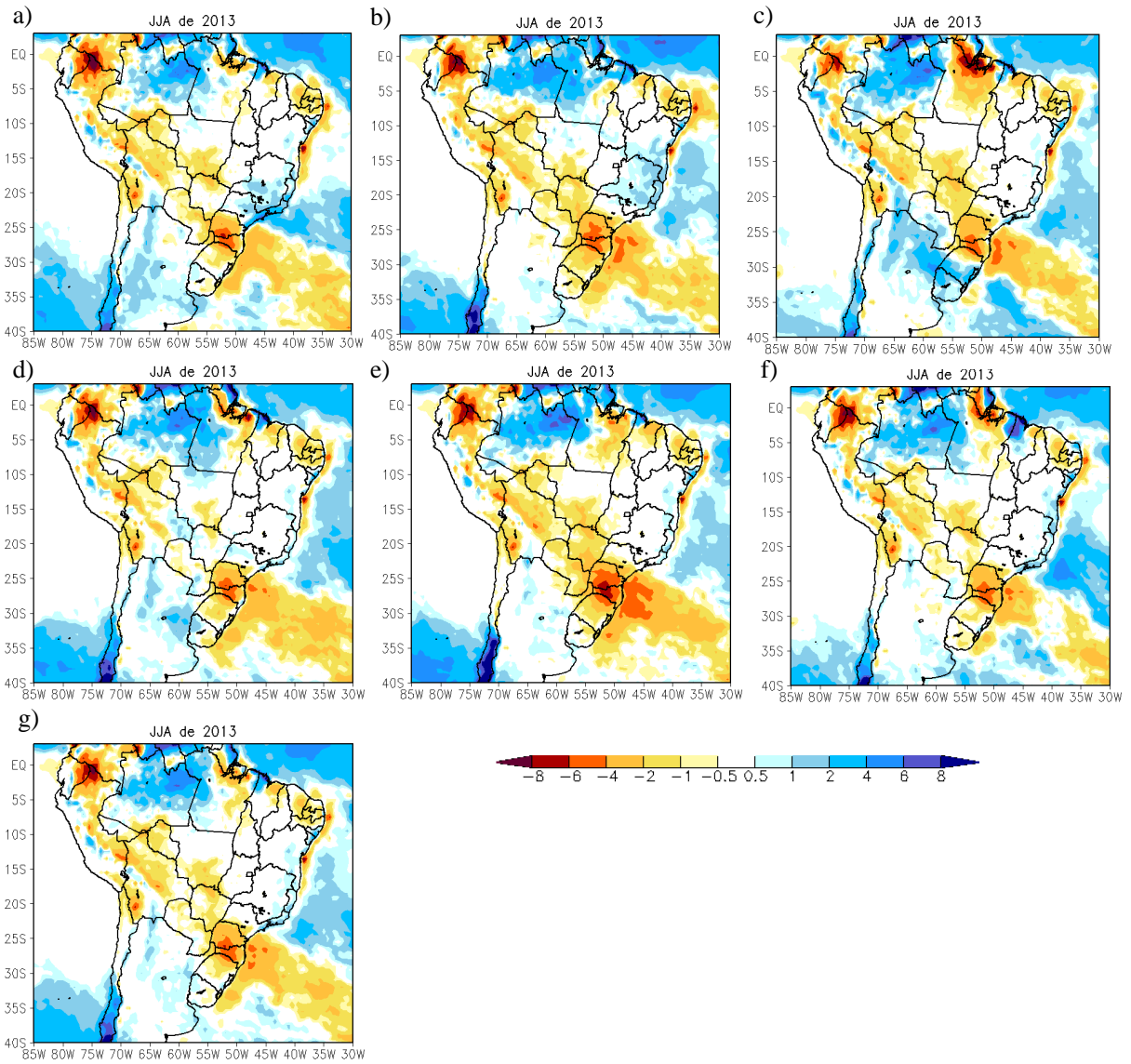


Figura 24- Viés da precipitação (mm/dia) referente a JJA de 2013 dos seis membros do RegCFSv2 e do *ensemble* RegCFSv2, comparado ao TRMM. a) membro dia 1, b) membro dia 5, c) membro dia 10, d) membro dia 15, e) membro dia 20, f) membro dia 25, g) *ensemble* físico RegCFSv2.

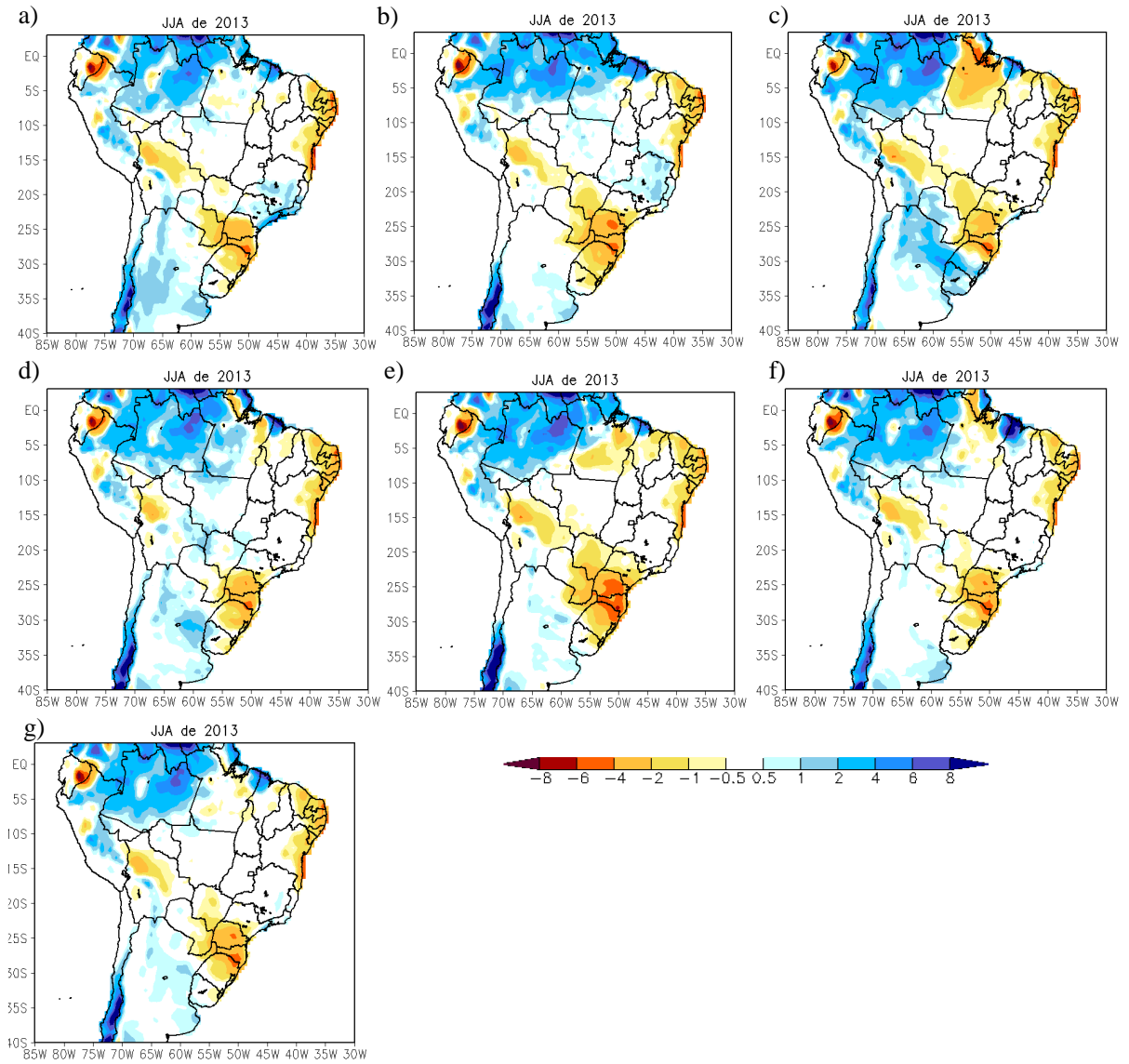


Figura 25- Viés da precipitação (mm/dia) referente a JJA de 2013 dos seis membros do RegCFSv2 e do *ensemble* RegCFSv2, comparado ao CPC. a) membro dia 1, b) membro dia 5, c) membro dia 10, d) membro dia 15, e) membro dia 20, f) membro dia 25, g) *ensemble* físico RegCFSv2.

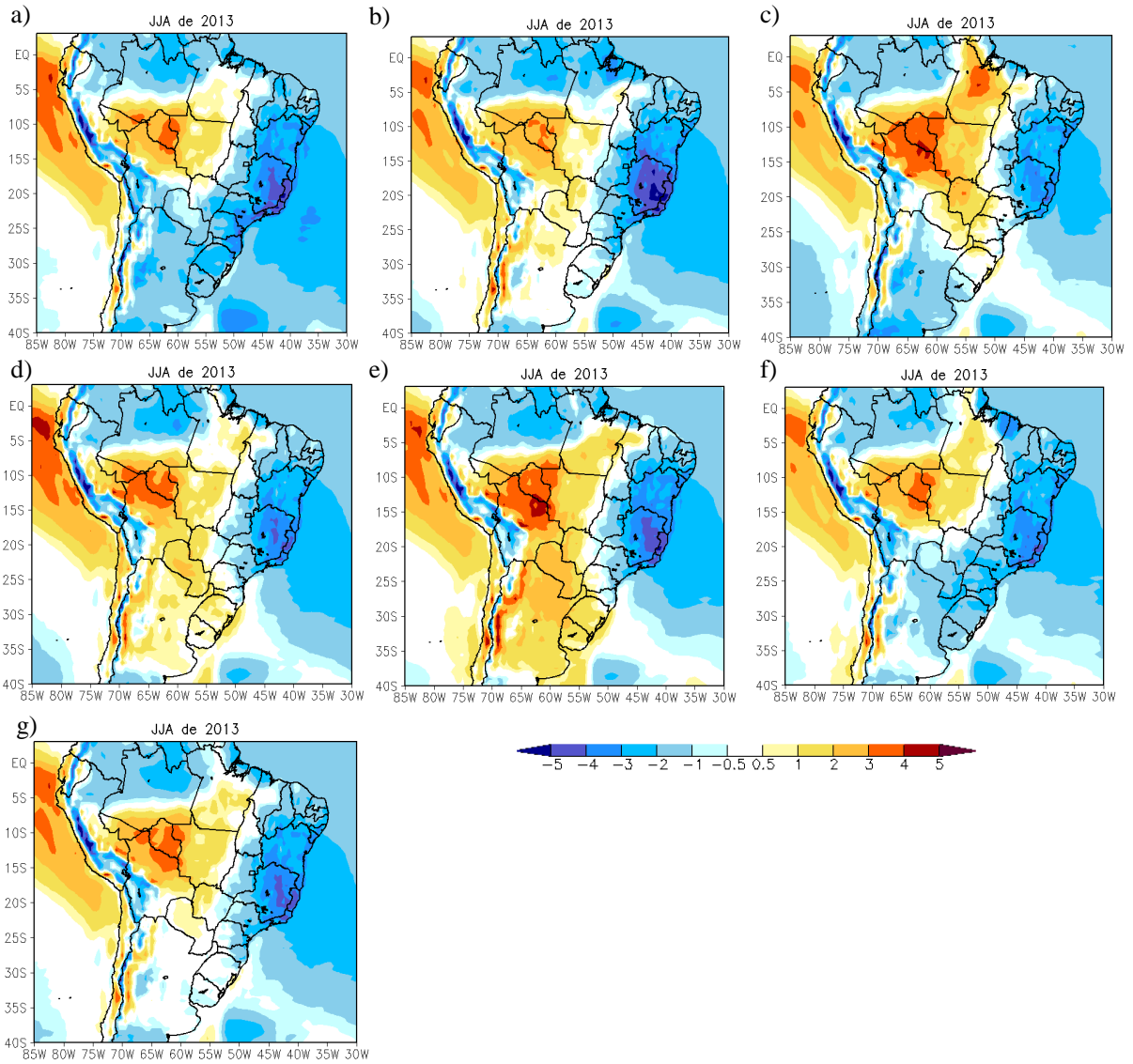


Figura 26- Viés da temperatura do ar a 2m (°C) referente a JJA de 2013 dos seis membros do RegCFSv2 e do *ensemble* RegCFSv2, comparado ao ERA-Interim. a) membro dia 1, b) membro dia 5, c) membro dia 10, d) membro dia 15, e) membro dia 20, f) membro dia 25, g) *ensemble* físico RegCFSv2.

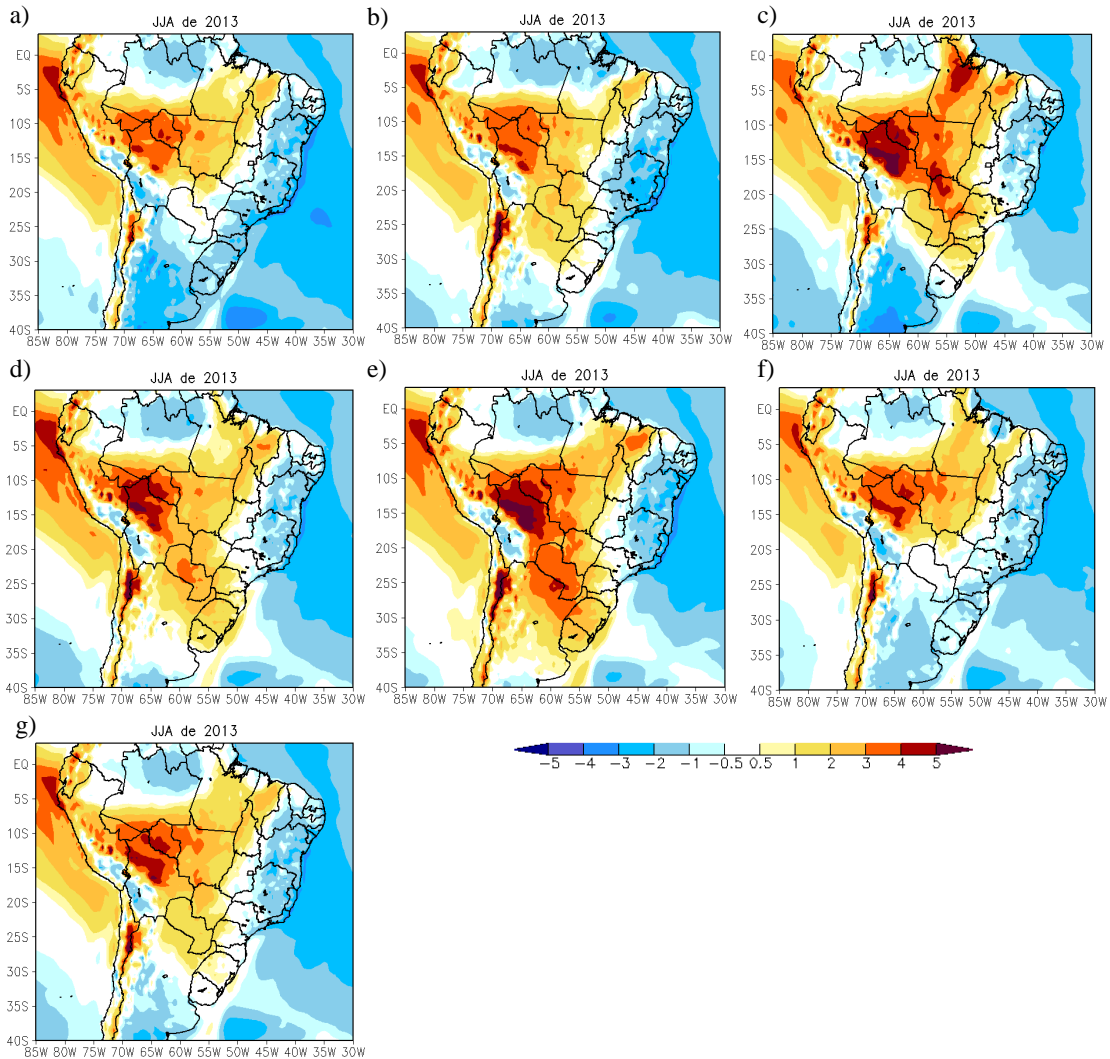


Figura 27- Viés da temperatura do ar a 2m (°C) referente a JJA de 2013 dos seis membros do RegCFSv2 e do *ensemble* RegCFSv2, comparado ao CFSR. a) membro dia 1, b) membro dia 5, c) membro dia 10, d) membro dia 15, e) membro dia 20, f) membro dia 25, g) *ensemble* físico RegCFSv2.

Tabela 9- Valores dos limiares inferior e superior de cada subdomínio da precipitação observada (mm/dia) observados pelo CPC.

	AM		NDE		SDE		SUL	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
MAM	2,7094	13,0566	0,2772	5,6552	0,8313	10,3095	0,1974	12,7072
AMJ	1,6440	11,3935	0,3456	6,6971	0,2090	11,1726	0,2028	12,7072
MJJ	0,6590	6,9008	0,3939	5,5225	0,1632	10,8089	0,1756	12,1659
JJA	0,2731	3,6000	0,3873	4,0573	0,1968	10,0621	0,1756	10,5259
JAS	0,1990	3,0357	0,3225	3,8721	0,1857	6,6870	0,1566	10,5259
ASO	0,1850	3,5312	0,1867	2,4614	0,1800	6,6870	0,1847	10,0975
SON	0,2550	7,5224	0,1386	2,1578	0,1737	8,4617	0,1893	11,9189
OND	0,7341	10,0039	0,1761	2,7625	0,1748	9,4687	0,3148	12,8541
NDJ	1,8200	13,9896	0,1867	9,1245	0,3126	10,0903	0,2234	11,5690
DJF	2,9044	14,3379	0,2564	9,1245	0,9038	9,8771	0,3148	11,3981
JFM	3,8370	14,6417	0,3853	8,7178	0,4911	9,8869	0,3711	10,6143
FMA	3,6692	13,4958	0,5933	5,9682	0,4570	8,4532	0,5796	16,8005

Tabela 10- Valores dos limiares inferior e superior de cada subdomínio da precipitação (mm/dia) observados pelo TRMM.

	AM		NDE		SDE		SUL	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
MAM	2,2637	13,3046	0,4830	6,9047	0,2409	13,1822	0,2028	21,3726
AMJ	1,0634	9,4463	0,3619	6,8192	0,2119	13,0570	0,1658	23,8100
MJJ	0,3537	6,7030	0,2878	4,4264	0,2102	11,5289	0,1522	14,4581
JJA	0,1602	4,3421	0,1657	2,6243	0,2102	9,3482	0,1454	12,1453
JAS	0,1602	4,1769	0,1433	2,6243	0,2007	11,5289	0,1803	12,6399
ASO	0,2394	7,2181	0,1351	1,2659	0,1763	10,6102	0,4009	14,9162
SON	1,7028	10,6821	0,1775	5,2807	0,2007	11,1889	0,4048	19,2442
OND	3,8079	13,3699	0,3441	9,5312	0,2349	10,6267	0,2326	26,5122
NDJ	5,3344	14,4857	0,3797	9,5312	0,4901	10,6267	0,2404	15,5625
DJF	5,9749	16,6518	0,6523	7,8625	0,5071	10,5470	0,2934	15,4109
JFM	6,6885	18,0804	0,8278	7,9392	0,5071	10,1550	0,6626	15,5625
FMA	4,2760	16,8243	1,1022	8,5115	0,3408	10,8206	0,3119	19,1282

Tabela 11- Valores dos limiares inferior e superior de cada subdomínio da precipitação (mm/dia) previstos pelo modelo CPTEC.

	AM		NDE		SDE		SUL	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
MAM	1,3779	8,6282	5,0232	10,2514	1,6795	7,5324	1,2544	4,9586
AMJ	1,0269	7,4063	4,8245	10,9865	0,7018	4,5118	0,9715	3,9484
MJJ	0,5149	2,9438	3,1155	7,8579	0,6804	2,9069	0,6992	3,5194
JJA	0,6123	1,6108	3,2749	6,8773	0,7244	2,5985	0,5718	3,7686
JAS	0,6844	2,9867	2,6352	6,7720	0,7217	2,4564	0,3583	3,2237
ASO	1,8005	4,2404	2,0790	5,2487	1,0377	6,5342	0,7575	5,5441
SON	2,8342	5,1789	2,1855	4,0220	1,3792	8,6675	1,1664	6,1987
OND	3,6184	5,8361	2,6768	6,1527	3,2355	12,4951	1,2503	5,8543
NDJ	4,3870	6,9606	2,0065	5,8886	3,0658	10,9118	1,3644	5,5919
DJF	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
JFM	5,1565	8,4768	3,3273	9,2113	3,7655	9,8484	1,8640	6,5383
FMA	3,3334	7,0632	3,8136	9,2830	2,2629	8,3133	1,7120	6,5495

Tabela 12- Valores dos limiares inferior e superior de cada subdomínio da precipitação (mm/dia) previstos pelo modelo CFSv2.

	AM		NDE		SDE		SUL	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
MAM	1,5005	11,6001	2,4844	8,5377	0,7014	7,3763	1,4349	8,2924
AMJ	0,1561	9,1410	0,9310	7,2123	0,5968	3,7722	1,5050	8,4925
MJJ	0,1695	4,1711	0,4352	4,3156	0,5046	4,1277	1,1502	6,5283
JJA	0,1251	1,0285	0,4084	1,5184	0,6299	3,8891	0,9492	7,9579
JAS	0,1367	0,9888	0,2963	1,5222	0,5839	4,1363	1,5288	7,7356
ASO	0,1406	1,8029	0,2816	1,1545	0,7655	5,4614	1,5775	8,0680
SON	0,3923	6,2191	0,3269	2,6824	1,1369	6,5613	1,3833	8,1260
OND	0,4031	9,0049	0,4334	7,0978	1,2819	7,6849	1,6405	8,5604
NDJ	3,5552	8,7960	0,8665	7,4820	3,1890	8,6142	1,5072	8,2642
DJF	5,9773	9,7852	1,9057	10,8312	3,6285	9,9551	1,3888	8,6795
JFM	5,8438	10,1176	3,0987	11,4608	4,3029	9,2222	2,6062	8,5879
FMA	6,5169	10,4898	3,5792	9,9275	1,9800	8,3530	1,6143	7,6647

Tabela 13- Valores dos limiares inferior e superior de cada subdomínio da precipitação observada (mm/dia) previstos pela simulação RegCPTECKF.

	AM		NDE		SDE		SUL	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
MAM	0,5395	12,1972	1,1122	16,8496	0,159	3,3349	0,151	9,5837
AMJ	0,5035	8,4961	0,6399	9,6974	0,2149	6,0598	0,2388	8,0603
MJJ	0,2198	3,004	0,1896	3,1905	0,1699	6,7543	0,2546	6,9729
JJA	0,1473	2,779	0,1417	1,5208	0,13	4,9626	0,1107	7,2111
JAS	0,2283	4,214	0,2064	1,8792	0,1182	5,7484	0,1286	7,8482
ASO	0,4738	5,0186	0,1718	2,3719	0,1733	6,0682	0,2322	5,445
SON	1,1513	6,4329	0,1131	0,8109	0,5334	8,0836	0,2061	12,362
OND	2,5644	8,6428	0,1475	3,0881	0,2823	9,4851	0,2535	15,2571
NDJ	2,8555	9,872	0,1402	3,8462	0,268	4,5136	0,3209	11,6496
DJF	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
JFM	3,7885	12,2743	0,4969	15,8806	0,144	2,9558	0,2801	7,8005
FMA	3,0223	9,6199	0,8343	9,3451	0,1975	7,2378	0,2142	9,4058

Tabela 14- Valores dos limiares inferior e superior de cada subdomínio da precipitação (mm/dia) previstos pelo RegCFSv2.

	AM		NDE		SDE		SUL	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
MAM	0,6682	6,7922	2,4108	10,1502	0,3009	4,6674	0,4709	4,8050
AMJ	0,2704	5,1279	0,9232	7,1390	0,2944	2,1106	0,6673	3,8499
MJJ	0,3473	2,2843	0,5977	2,8138	0,3326	3,3370	0,4657	3,3544
JJA	0,2614	3,0951	0,4670	1,2250	0,3794	2,6296	0,5594	3,5832
JAS	0,5231	6,0039	0,4772	1,3277	0,6328	4,3955	0,6134	4,1341
ASO	1,6580	8,7298	0,3927	3,1824	0,8851	6,2455	0,5515	4,8906
SON	4,4193	9,3336	0,5207	5,7984	2,0643	7,4505	1,0694	5,9098
OND	6,2277	10,5919	0,7254	7,5366	2,8645	8,0468	1,5909	4,7616
NDJ	6,7643	10,7337	2,5222	8,6986	3,8864	9,0758	0,7701	5,2444
DJF	6,9452	11,9293	4,7281	10,4510	4,9868	8,9858	1,4865	5,6496
JFM	6,8117	11,4843	5,7618	11,0190	2,6088	8,5900	1,2809	5,0138
FMA	4,1805	9,3213	5,6832	9,6428	1,0377	7,0741	0,6789	4,3980

Tabela 15- Valores dos limiares inferior e superior de cada subdomínio da precipitação (mm/dia) previstos pelo RegCPTECEman.

	AM		NDE		SDE		SUL	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
MAM	0,6409	8,1569	1,6782	5,5099	0,7565	5,8569	0,2723	9,8851
AMJ	0,6333	5,4679	1,6316	4,0847	0,4413	5,8899	0,1726	8,1176
MJJ	0,4793	2,081	0,7571	2,3398	0,3073	7,5063	0,1314	8,5581
JJA	0,5227	2,3055	1,0683	2,1546	0,256	4,4186	0,1495	6,8712
JAS	0,6146	3,8336	1,2073	2,4635	0,215	5,4484	0,1638	7,5504
ASO	0,6633	4,9455	0,9222	2,59	0,5508	7,5641	0,1441	6,5202
SON	2,3381	6,1159	1,0453	2,3515	1,5122	10,0491	0,2049	9,8066
OND	3,4217	8,5031	1,0442	3,609	2,1532	11,7349	0,404	12,6422
NDJ	3,7481	9,4086	1,1156	3,1383	1,8869	8,5521	0,844	11,4665
DJF	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
JFM	4,4097	11,138	1,7493	6,1974	2,1688	8,7963	1,4121	10,464
FMA	2,5898	8,4265	1,8791	4,7979	2,0541	11,4628	0,4011	10,546

Tabela 16- Períodos secos e úmidos observados pelo CPC.

	AMZ		NDE		SDE		SUL	
	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido
MAM	10 a 12/04 (3 dias)	X	31/03 a 02/04 (3 dias)	25 a 27/05 (3 dias)	23 a 25/05 (3 dias)	X	X	X
AMJ	X	25 a 27/04 (3 dias)	06 a 08/04 (3 dias)	25 a 27/05 (3 dias)	X	X	X	X
MJJ	X	09 a 11/05 (3 dias)	30/06 a 02/07 (3 dias)	25 a 27/05 (3 dias)	X	28 a 30/06 (3 dias)	X	X
JJA	X	X	30/06 a 02/07 (3 dias)	X	X	28 a 30/06 (3 dias)	X	X
JAS	X	X	X	13 a 15/08 (3 dias)	X	X	X	X
ASO	X	X	X	13 a 15/08 (3 dias)	X	X	X	X
SON	X	X	X	10 a 13/11 (4 dias)	12 a 14/11 (3 dias)	01 a 04/11 (4 dias)	X	X
OND	01 a 03/10 (3 dias)	X	X	X	12 a 14/11 (3 dias)	01 a 04/11 (4 dias)	X	X
NDJ	X	18 a 21/01 (4 dias)	X	18 a 22/01 (5 dias)	12 a 14/11 (3 dias)	X	X	X
DJF	X	18 a 21/01 (4 dias)	X	18 a 22/01 (5 dias)	X	X	X	X
JFM	X	18 a 21/01 (4 dias)	X	18 a 22/01 (5 dias)	X	X	X	X
FMA	X	X	17 a 19/02 (3 dias)	18 a 20/03 (3 dias)	X	X	X	X

Tabela 17- Períodos secos e úmidos observados pelo TRMM.

	AMZ		NDE		SDE		SUL	
	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido
MAM	16 a 21/05 (6 dias)	16 a 18/03 (3 dias)	X	17 a 20/04 (4 dias)	X	X	X	X
AMJ	19 a 21/05 e 14 a 16/06 (6 dias)	X	31/05 a 02/06 (3 dias)	16 a 20/04 (5 dias)	X	X	X	X
MJJ	X	X	31/05 a 02/06 (3 dias)	X	X	28 a 30/05 (3 dias)	X	X
JJA	X	X	X	12 a 15/07 (4 dias)	X	X	X	X
JAS	X	X	X	12 a 15/07 (4 dias)	X	X	X	20 a 22/09 (3 dias)
ASO	X	X	X	X	X	X	X	20 a 22/09 (3 dias)
SON	X	X	X	X	X	X	X	X
OND	X	17 a 20/12 (4 dias)	X	18 a 21/12 (4 dias)	X	X	X	X
NDJ	X	18 a 20/01 (3 dias)	13 a 15/11 (3 dias)	18 a 21/12 (4 dias)	28 a 30/01 (3 dias)	X	X	X
DJF	X	X	X	17 a 22/12 (6 dias)	28 a 30/01 e 03 a 07/02 (8 dias)	X	X	X
JFM	X	X	X	X	28 a 30/01 e 03 a 07/02 (8 dias)	X	X	16 a 19/03 (4 dias)
FMA	X	X	X	08 a 10/04 (3 dias)	X	X	X	17 a 19/03 (3 dias)

Tabela 18- Períodos secos e úmidos previstos pelo modelo CPTEC.

	AMZ		NDE		SDE		SUL	
	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido
MAM	X	X	18 a 24/05 (7 dias)	15 a 17/04 (3 dias)	09 a 11/05 (3 dias)	13 a 15/03 (3 dias)	12 a 14/04 e 23 a 26/05 (7 dias)	X
AMJ	13 a 15/06 (3 dias)	01 a 03/04 (3 dias)	05 a 07/06 (3 dias)	X	07 a 09/06 (3 dias)	X	01 a 03/05 e 14 a 16/06 (6 dias)	X
MJJ	X	01 a 08/05 (9 dias)	30/06 a 02/07 e 15 a 18/07 (7 dias)	27 a 30/05 (4 dias)	26 a 30/06 (5 dias)	08 a 11/05 (4 dias)	X	01 a 03/06 (3 dias)
JJA	X	X	X	12 a 14/06 (3 dias)	04 a 08/07 (5 dias)	X	05 a 07/08 (3 dias)	29/07 a 01/08 (4 dias)
JAS	13 a 15/08 (3 dias)	22 a 24/09 e 27 a 29/09 (6 dias)	24 a 26/09 (3 dias)	01 a 03/07 e 22 a 24/07 (6 dias)	X	X	01 a 03/07 e 05 a 08/07 (7 dias)	10 a 12/08 (3 dias)
ASO	01 a 07/08 (8 dias)	X	06 a 08/09 (3 dias)	10 a 15/08 (6 dias)	05 a 08/08 (4 dias)	15 a 17/10 e 21 a 23/10 (6 dias)	X	X
SON	X	X	X	X	09 a 11/10 (3 dias)	18 a 20/11 e 27 a 29/11 (6 dias)	X	08 a 10/11 e 15 a 17/11 (6 dias)
OND	X	X	X	12 a 14/12 e 17 a 20/12 (7 dias)	X	10 a 12/12 e 23 a 25/12 (6 dias)	X	X
NDJ	04 a 06/11 (3 dias)	16 a 18/01 (3 dias)	20 a 23/11 (4 dias)	X	01 a 04/11 (4 dias)	05 a 07/03 (3 dias)	X	29/12 a 01/01 (4 dias)
DJF	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
JFM	X	X	18 a 23/01 (6 dias)	20 a 22/03 (3 dias)	22 a 24/02 (3 dias)	08 a 10/01 (3 dias)	21 a 26/01 (6 dias)	X
FMA	13 a 15/04 (3 dias)	31/03 a 02/04 (3 dias)	08 a 10/04 (3 dias)	27 a 31/03 e 16 a 18/04 (8 dias)	21 a 28/04 (8 dias)	28/02 a 02/03 e 04 a 06/03 (6 dias)	X	02 a 05/02 e 19 a 21/02 (7 dias)

Tabela 19- Períodos secos e úmidos previsto pelo modelo CFSv2.

	AMZ		NDE		SDE		SUL	
	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido
MAM	X	01 a 03/03 (3 dias)	X	16 a 19/03 e 15 a 19/04 (9 dias)	15 a 17/05 e 26 a 29/05 (7 dias)	13 a 15/03 (3 dias)	X	X
AMJ	20 a 23/06 (4 dias)	06 a 12/04 (7 dias)	23 a 27/06 (5 dias)	02 a 09/04 (8 dias)	24 a 27/05 e 03 a 05/06 (7 dias)	X	06 a 08/04 (3 dias)	X
MJJ	13 a 15/07 (3 dias)	01 a 06/05 (6 dias)	12 a 14/07 e 23 a 26/07 (7 dias)	01 a 08/05 (8 dias)	17 a 20/06 e 30/06 a 02/07 (7 dias)	04 a 06/06 (3 dias)	24 a 26/05 e 06 a 08/06 (6 dias)	X
JJA	X	01 a 05/06 (5 dias)	31/07 a 03/08 e 13 a 15/08 (7 dias)	X	26 a 29/08 (4 dias)	12 a 14/06 e 19 a 22/08 (7 dias)	X	X
JAS	X	25 a 27/09 (3 dias)	17 a 20/09 (4 dias)	01 a 03/07 e 08 a 12/07 (8 dias)	04 a 06/07 (3 dias)	X	10 a 12/08 (3 dias)	13 a 15/09 (3 dias)
ASO	X	X	14 a 19/09 (6 dias)	01 a 05/08 (5 dias)	18 a 20/08 (3 dias)	02 a 04/10 (3 dias)	X	X
SON	07 a 09/09 (3 dias)	24 a 27/11 (4 dias)	03 a 08/10 (6 dias)	21 a 24/11 (4 dias)	20 a 22/09 (3 dias)	X	X	03 a 05/11 (3 dias)
OND	01 a 06/10 (6 dias)	9 a 12/12 (4 dias)	16 a 21/10 (6 dias)	25 a 30/12 (6 dias)	05 a 07/10 e 11 a 14/10 (7 dias)	X	X	X
NDJ	10 a 13/11 (4 dias)	X	18 a 22/11 (5 dias)	03 a 06/01 e 19 a 23/01 (9 dias)	20 a 22/11 (3 dias)	28 a 31/12 (4 dias)	17 a 19/11 e 08 a 10/12 (6 dias)	12 a 14/01 (3 dias)
DJF	19 a 21/12 (3 dias)	X	25 a 31/12 (7 dias)	30/01 a 01/02 e 08 a 13/02 (9 dias)	02 a 09/12 (8 dias)	X	X	X
JFM	01 a 05/01 (5 dias)	25 a 27/02 (3 dias)	01 a 04/01 e 12 a 14/01 (7 dias)	20 a 25/03 (6 dias)	X	X	26 a 28/02 (3 dias)	X
FMA	X	X	01 a 03/02 (3 dias)	02 a 04/04 (3 dias)	17 a 19/04 e 22 a 24/04 (6 dias)	X	28 a 31/03 (4 dias)	24 a 26/03 (3 dias)

Tabela 20- Períodos secos e úmidos previstos pela simulação RegCPTECKF.

	AMZ		NDE		SDE		SUL	
	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido
MAM	X	13 a 15/03 (3 dias)	23 a 26/05 (4 dias)	X	X	29 a 31/03 (3 dias)	X	X
AMJ	30/05 a 01/06 (3 dias)	08 a 11/04 (4 dias)	08 a 10/05 (3 dias)	22 a 24/04 (3 dias)	X	X	X	X
MJJ	23 a 25/05 (3 dias)	01 a 03/05 (3 dias)	X	10 a 12/05 (3 dias)	X	19 a 21/07 (3 dias)	X	X
JJA	X	X	X	12 a 14/06 (3 dias)	X	X	X	X
JAS	16 a 18/08 (3 dias)	X	X	X	X	X	X	X
ASO	04 a 07/08 e 20 a 23/08 (8 dias)	X	X	12 a 14/08 (3 dias)	X	X	X	X
SON	05 a 07/09 (3 dias)	03 a 06/11 (4 dias)	X	X	X	19 a 22/11 (4 dias)	X	X
OND	X	X	03 a 06/11 (4 dias)	17 a 19/12 (3 dias)	X	26 a 29/10 (4 dias)	X	17 a 20/11 (4 dias)
NDJ	23 a 25/11 (3 dias)	09 a 12/01 e 22 a 24/01 (7 dias)	X	15 a 17/01 (3 dias)	X	22 a 24/12 (3 dias)	X	16 a 18/12 (3 dias)
DJF	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
JFM	X	X	X	20 a 22/03 e 28 a 30/03 (6 dias)	X	01 a 05/01 (5 dias)	X	09 a 13/05 (5 dias)
FMA	21 a 24/04 (4 dias)	28/2 a 02/03 e 31/03 a 02/04 (6 dias)	X	16 a 18/03 e 03 a 05/04 (6 dias)	21 a 23/02 (3 dias)	09 a 11/03 (3 dias)	X	X

Tabela 21- Períodos secos e úmidos previstos pela simulação RegCPTECEman.

	AMZ		NDE		SDE		SUL	
	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido
MAM	18 a 25/05 (8 dias)	23 a 25/03 (3 dias)	24 a 28/05 (5 dias)	09 a 12/03 e 24 a 27/03 (8 dias)	10 a 12/05 e 21 a 24/05 (7 dias)	26 a 28/05 (3 dias)	X	X
AMJ	29/05 a 01/06 (4 dias)	15 a 17/04 (3 dias)	X	03 a 07/04 (5 dias)	15 a 18/06 (4 dias)	09 a 11/04 (3 dias)	X	X
MJJ	20 a 22/05 (3 dias)	06 a 08/05 (3 dias)	14 a 16/07 (3 dias)	01 a 05/05 (5 dias)	X	X	X	X
JJA	13 a 15/07 (3 dias)	30/07 a 01/08 (3 dias)	14 a 17/06 (4 dias)	30/07 a 01/08 (3 dias)	X	X	X	X
JAS	12 a 14/08 (3 dias)	X	X	X	X	X	X	X
ASO	01 a 07/08 (7 dias)	X	11 a 14/10 (4 dias)	14 a 17/08 (4 dias)	X	X	X	X
SON	05 a 07/09 e 29/09 a 01/10 (6 dias)	X	13 a 15/11 (3 dias)	30/09 a 04/10 (5 dias)	09 a 12/10 (4 dias)	20 a 22/11 (3 dias)	05 a 07/09 (3 dias)	X
OND	15 a 17/10 (3 dias)	X	12 a 15/10 e 01 a 03/11 (7 dias)	09 a 11/12 e 26 a 29/12 (7 dias)	01 a 03/10 (3 dias)	12 a 14/12 (3 dias)	27 a 29/10 (3 dias)	17 a 20/11 (4 dias)
NDJ	01 a 03/11 e 24 a 27/11 (7 dias)	08 a 10/12 e 12 a 15/01 (7 dias)	20 a 22/11 e 08 a 10/12 (6 dias)	X	28 a 30/12 (3 dias)	X	X	X
DJF	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
JFM	24 a 26/01 (3 dias)	29 a 31/1 e 22 a 24/03 (6 dias)	09 a 12/01 e 28 a 31/01 (8 dias)	19 a 22/03 (4 dias)	01 a 03/01 (3 dias)	22 a 25/01 (4 dias)	20 a 22/02 (3 dias)	X
FMA	12 a 14/04, 21 23/04 e 27 a 29/04 (9 dias)	18 a 20/03 (3 dias)	09 a 13/04 (5 dias)	X	20 a 24/04 (5 dias)	08 a 12/02 (5 dias)	X	18 a 20/02 (3 dias)

Tabela 22- Períodos secos e úmidos previstos pelo RegCfsv2.

	AMZ		NDE		SDE		SUL	
	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido
MAM	X	01 a 08/03 (8 dias)	19 a 22/05 (4 dias)	01 a 03/03 e 20 a 23/03 (7 dias)	25 a 27/05 (3 dias)	03 a 08/03 e 27 a 29/03 (9 dias)	X	X
AMJ	01 a 08/06 (8 dias)	07 a 09/04 e 11 a 15/04 (8 dias)	14 a 16/06 e 21 a 24/06 (7 dias)	01 a 07/04 (7 dias)	18 a 22/06 (5 dias)	14 a 16/04 (3 dias)	X	X
MJJ	22 a 25/06 e 27 a 30/06 (8 dias)	12 a 14/05 e 01 a 05/05 (8 dias)	07 a 09/07 (3 dias)	01 a 08/05 (8 dias)	12 a 14/06 (3 dias)	15 a 18/07 (4 dias)	X	X
JJA	04 a 06/06 (3 dias)	17 a 21/08 (5 dias)	21 a 24/07 e 28 a 30/07 (7 dias)	01 a 08/06 (8 dias)	23 a 25/07 (3 dias)	X	20 a 23/04 (4 dias)	X
JAS	08 a 14/07 (7 dias)	X	20 a 28/08 (9 dias)	11 a 13/09 (3 dias)	02 a 04/07 e 14 a 16/08 (6 dias)	X	09 a 11/07 e 12 a 15/08 (7 dias)	19 a 21/09 (3 dias)
ASO	09 a 13/08 (5 dias)	11 a 13/09 e 15 a 17/10 (6 dias)	17 a 20/08 e 13 a 15/09 (7 dias)	09 a 17/10 (9 dias)	X	28 a 30/10 (3 dias)	19 a 22/08 (4 dias)	25 a 28/09 (4 dias)
SON	05 a 07/09 e 10 a 12/09 (6 dias)	20 a 23/04 (4 dias)	10 a 14/09 e 19 a 21/09 (8 dias)	20 a 27/11 (8 dias)	25 a 27/10 (3 dias)	09 a 13/11 e 20 a 22/11 (8 dias)	19 a 22/09 e 24 a 26/10 (7 dias)	01 a 06/11 (6 dias)
OND	02 a 06/10 (5 dias)	22 a 24/10 (3 dias)	14 a 18/10 (5 dias)	22 a 24/12 (3 dias)	02 a 07/10 (6 dias)	07 a 09/12 e 12 a 14/12 (6 dias)	03 a 05/11 (3 dias)	X
NDJ	12 a 14/12 e 30/12 a 01/01 (6 dias)	13 a 18/01 (6 dias)	03 a 05/11 e 14 a 17/11 (7 dias)	23 a 28/01 (6 dias)	09 a 16/11 (8 dias)	21 a 23/12 (3 dias)	09 a 13/11 (5 dias)	X
DJF	20 a 23/12 (4 dias)	03 a 06/01 e 22 a 24/01 (7 dias)	13 a 18/12 (6 dias)	23 a 27/01 e 25 a 27/02 (8 dias)	X	25 a 27/12 (3 dias)	X	X
JFM	20 a 23/03 (4 dias)	12 a 14/01 (3 dias)	02 a 06/01 e 09 a 12/01 (9 dias)	25/02 a 02/03 (6 dias)	X	14 a 16/01 e 13 a 15/02 (6 dias)	20 a 24/03 (5 dias)	03 a 05/01 (3 dias)
FMA	21 a 23/04 (3 dias)	04 a 11/02 (8 dias)	21 a 25/04 (5 dias)	25 a 27/02 (3 dias)	17 a 21/04 (5 dias)	05 a 12/02 (8 dias)	15 a 19/04 (5 dias)	X

GLOSSÁRIO

Hindcast- Técnica através da qual um dado modelo matemático é utilizado para realizar previsões temporais históricas, utilizando dados observados como condições iniciais. Desta forma, é vista a destreza do modelo em prever o clima, através da análise de comparação dos resultados obtidos com as respectivas observações (SANTOS; PORTELA; PULIDO-CALVO, 2015).

Ensemble- Consiste na média de conjuntos de dados previstos para um mesmo período, ele permite que as incertezas sejam suavizadas e que a média receba o valor tendencial, ou seja, o valor médio que as previsões apontam em comum (WMO, 2012).

Downscaling- Aninhamento dos resultados de uma modelagem de grande escala servindo de entrada para alimentar um modelo regional de área limitada (ALVES et al. 2003).