



RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DO MODELO BAM- HÍBRIDO



Cachoeira Paulista, 14 outubro de 2021

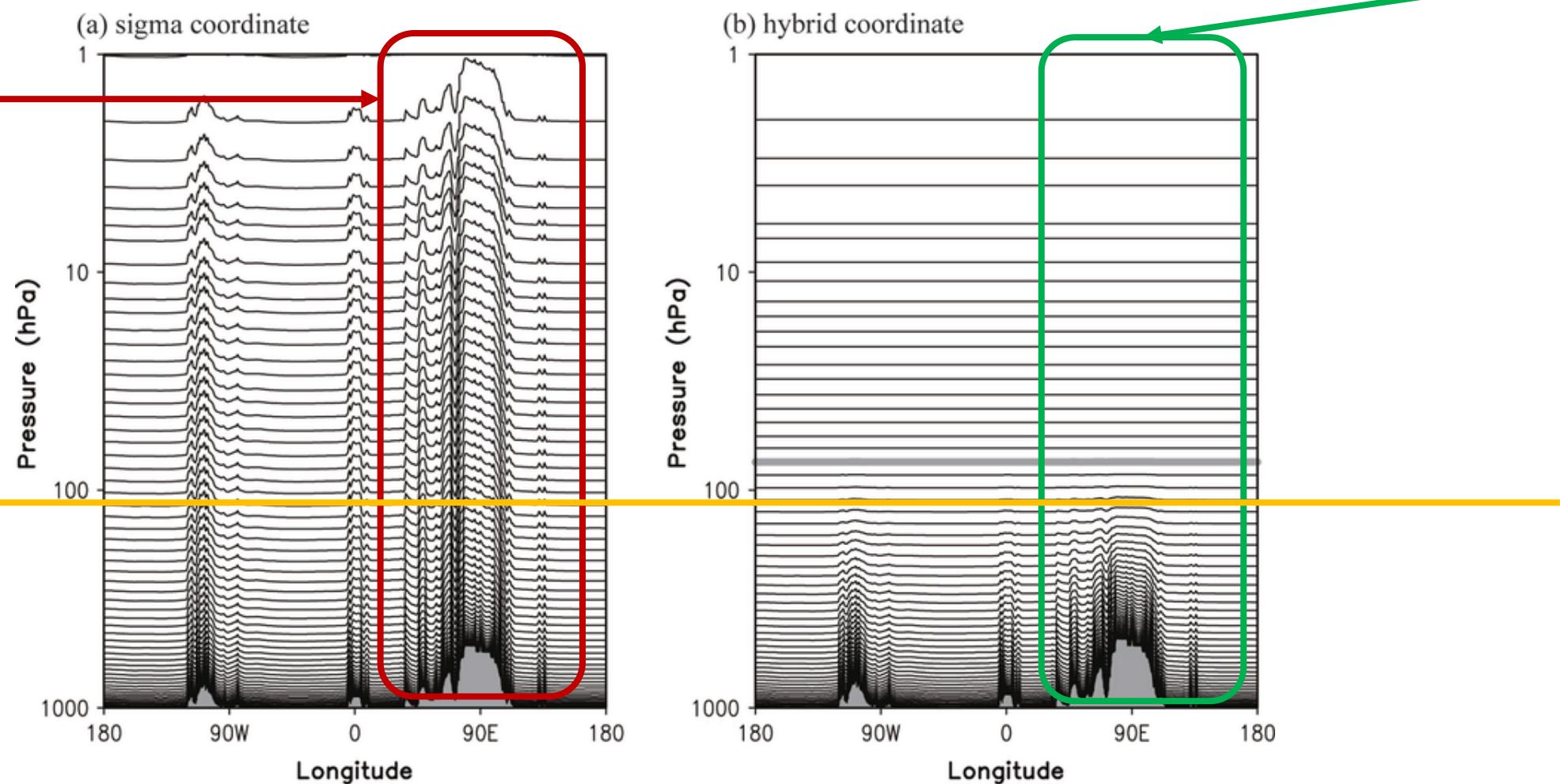
Brazilian Atmospheric Model

**PESQUISADORES RESPONSÁVEIS PELA
ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DO
MODELO BAM-HÍBRIDO**

**Paulo Y. Kubota, José P. Bonatti, Enver Ramirez, Julio Pablo Fernandez,
Silvio N. Figueroa, Dayana C. Souza**

Os desenvolvimentos do modelo BAM com um novo núcleo dinâmico em coordenada híbrida

INTRODUÇÃO



Perfil vertical das superfícies das coordenadas versus pressão em 34.58N para as coordenadas verticais (a) sigma e (b) híbridas em T254L64

Brazilian Atmospheric Model

Tabela 1.1 - Características e Especificações:

	Híbrido-XC50	Sigma-XC50
1. Computador/cluster (XE, XC, etc)		
2. Versão no SVN	https://svn.cptec.inpe.br/bam/branch/BAM_V2.2.1	https://svn.cptec.inpe.br/bam/branch/BAM_V1.2.3
3. Resolução Horizontal	TQ0666L064 (~20km)	TQ0666L064 (~20km)
4. Coordenada Vertical	64 camadas híbrida (sigma-pressão)	64 camadas sigma (sigma)
5. Domínio	Global Lon:0-360; lat:90S-90N	Global Lon:0-360; lat:90S-90N
6. Passo de Tempo (s)	220seg	220seg
7. No. de Pontos de Grade	2000*1000=2.000.000	2000*1000=2.000.000
8. Tipo de Grade Horizontal	Número de ondas (espaço espectral) Grid-A (Espaço físico)	Número de ondas (espaço espectral) Grid-A (Espaço físico)
9. Fonte das Condições Iniciais	gdas-FV3-NCEP	gdas-FV3-NCEP
10. Fonte das Condições de Contorno	TSM-NOAA/NCEP	TSM-NOAA/NCEP
11. Topo do Modelo	0.197hPa	0.197hPa
12. Prazo da Previsão	11 dias	11 dias
13. Projeção do Mapa	Latlon(gaussiana)	Latlon(gaussiana)
14. Compilador	Cray Fortran : Version 8.6.5	Cray Fortran : Version 8.6.5
15. Versão Pré-Processamento	PRE_V2.2.1	PRE_V1.3.1
16. Versão Pós-Processamento	POS_V2.2.1	PRE_V1.3.1

Brazilian Atmospheric Model

Tabela 1.1 - Características e Especificações:

1. Computador/cluster (XE, XC, etc)	Híbrido-XC50	Sigma-XC50
2. Frequência dos Outputs	Cada timestep para variáveis 1D (Gridhistory) 6 horas para variáveis 3D 1 horas para variáveis extras 3D	Cada timestep para variáveis 1D (Gridhistory) 6 horas para variáveis 3D 1 horas para variáveis extras 3D
3. Espaço total para Rodada	Pre(30G); Model(200G); POS 75G (grib)	Pre(30G); Model(200G); POS 75G (grib)
4. Espaço total Pós-Processado	75G (grib)	75G (grib)

Brazilian Atmospheric Model

Tabela 1.1 - Características e Especificações:

1. Computador/cluster (XE, XC, etc)	Híbrido-XC50	Sigma-XC50
Outras Descrições da Dinâmica:		
Esquema de integração no tempo	Leap-Frog	Leap-Frog
Advecção horizontal	Euleriano e Semi-Lagrangiano	Euleriano e Semi-Lagrangiano
Advecção vertical	Diferença finitas	Diferença finitas
Grade vertical	Híbrida- Phillips 1957	Sigma-NCEP
Outros:	Inicialização por Modos Normais	Inicialização por Modos Normais

Tabela 1.2 - Características e Especificações das Parametrizações físicas:

ESQUEMAS DA FÍSICA			
Radiação Atmosférica	Clirad (NASA)	Clirad (NASA)	Chou e Suarez (1999-2001)
Superfície Continental	IBIS-CPTEC	IBIS-CPTEC	Kubota (2012)
Fluxos superficiais ar-mar	UKMET parametrization	UKMET parametrization	Hines et al (1999)
Tipo de Topografia de Subgrade	Espectral (media na subgrade)	Espectral (media na subgrade)	Danielson et al. (2010)
Microfísica de Nuvens	Morrison	Morrison	Morrison (2009)
Convecção Rasa/Profunda	Arakawa-Shubert Simplificado (NCEP)	Arakawa-Shubert Simplificado (NCEP)	HAN and PAN(2011)
Camada limite Planetária	Beterthon e Park	Beterthon e Park	Bretherton, c. s.; Park (2009)
Gravity Wave Drag	GWDD- Alpert	GWDD-Alpert	Alpert et al. 1988,1996
Química	Constante (Ch4, NO3, CFCs, etc.)	Constante (Ch4, NO3, CFCs, etc.)	Gonçalves et al. 2017
Aerossóis	Constante(continente/oceano) ou Climatologia	Constante(continente/oceano) ou Climatologia	Figueroa et al. 2016
Emissões	sem	sem	
Nudging	Filtro de Asselin aplicadas nas variáveis prognósticas.	Filtro de Asselin aplicadas nas variáveis prognósticas	Asselin 1972 and Williams 2009

1. Metodologia de Avaliação

a) Erro Médio (ME),

$$Mean\ Error: ME(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [F_i(t) - O_i(t)]$$

b) Erro Médio Absoluto (MAE),

$$Mean\ Absolute\ Error: MAE(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |F_i(t) - O_i(t)|$$

c) Erro Quadrático Médio (Raiz) ((R) MSE)

$$Root\ Mean\ Squared\ Error: RMSE(t) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [F_i(t) - O_i(t)]^2}$$

d) Coeficiente de correlação de anomalias (ACC);

$$\text{Coeficiente de correlação de anomalias (ACC)} = \frac{\sum_{i=1}^n (X'_i - \bar{X}') * (Y'_i - \bar{Y}')}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X'_i - \bar{X}')^2} * \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y'_i - \bar{Y}')^2}}$$

3 Processos Avaliados

- **Primeira etapa** foi analisada a distribuição vertical de energia modal total para os modos verticais.
- **Segunda etapa** teve como objetivo avaliar a inicialização por modos normais,
- **Terceira etapa** consistiu em avaliar as variáveis prognósticas relacionados aos processos dinâmicos simulados pelo modelo BAM em coordenada híbrida através de métricas estatísticas discutidas nas seções anteriores.
- **Quarta etapa** foram avaliadas as variáveis prognósticas relacionados aos processos termodinâmicos da atmosfera.
- **Quinta etapa** da avaliação foi avaliado o skill do modelo na simulação dos processos que geram precipitação.
- **Sexta etapa** consistiu em avaliar a intensidade e o posicionamento de casos de Ciclones Extratropicais simulados pelo modelo BAM.

4 Descrição das Integrações Numéricas Realizadas

BAM (Hibrido x Sigma)TQ0666L064 (~20km e 64 camadas atmosféricas), similar ao utilizado operacionalmente no DIDOP do INPE

. As previsões são inicializadas a partir das condições iniciais da atmosfera extraídas das análises do [Global Data Assimilation](#) feita com o modelo atmosférico global GFS/NCEP (**GDAS-Atmospheric-Analysis, Index of /pub/data/nccf/com/gfs/prod**) na resolução espacial de $0.117188^\circ \times 0.117188^\circ$.

O período das previsões avaliadas é de 21/11/2019 à 29/02/2020

Primeira Etapa

Analise a distribuição vertical de energia modal total para os modos verticais.

5. Avaliação da Distribuição Vertical da Energia Modal Total para os Modos Verticais

Agrupamento	Altura equivalente	Descrição
Classe 0	modos com H_n maior que 600 m;	A Classe 0 inclui o modo externo ou barotrópico, sendo importantes na energética do cinturão de altas pressões nas latitudes médias
Classe 1	modos com H_n entre 100 e 600 m;	Apresenta modos baroclínicos. A Classe 1 é importante nas regiões tropicais onde ocorrem atividades convectivas intensas e em grande escala.
Classe 2	modos com H_n entre 100 e 10 m;	Apresenta modos baroclínicos, são modos importantes para processos de níveis mais baixos, incluindo a camada limite.
Classe 3	modos com H_n menor que 10 m.	Apresenta modos baroclínicos tem também importância em baixos níveis, porém tem maior energia onde há topografia acentuada.

Brazilian Atmospheric Model

5.2 Comparação dos Modos Verticais Classes 0 e 1 para o Pós do BAM Híbrido e do BAM Sigma

Tabela 5.2- Níveis Verticais (hPa) do Pós dos Modelos (Sigma, híbrido)

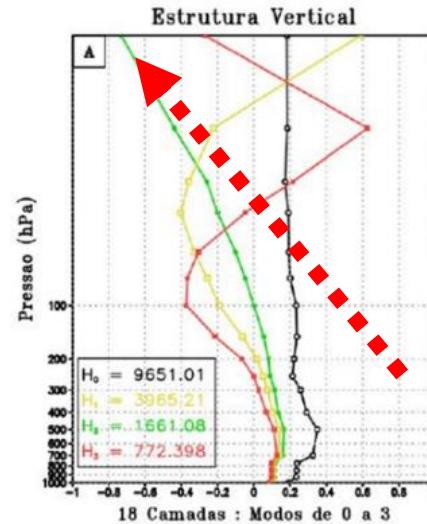
Modelos	Níveis de pressão (hPa)
BAM Híbrido (18):	1000 925 850 775 700 500 400 300 250 200 150 100 70 50 30 20 10 3
BAM Sigma (32)	1000 975 950 925 900 875 850 825 800 775 750 725 700 675 650 600 550 500 450 400 350 300 250 200 150 100 70 50 30 20 10 3

Tabela 5.3- Alturas Equivalentes (m) do Pós do BAM Híbrido e do BAM Sigma

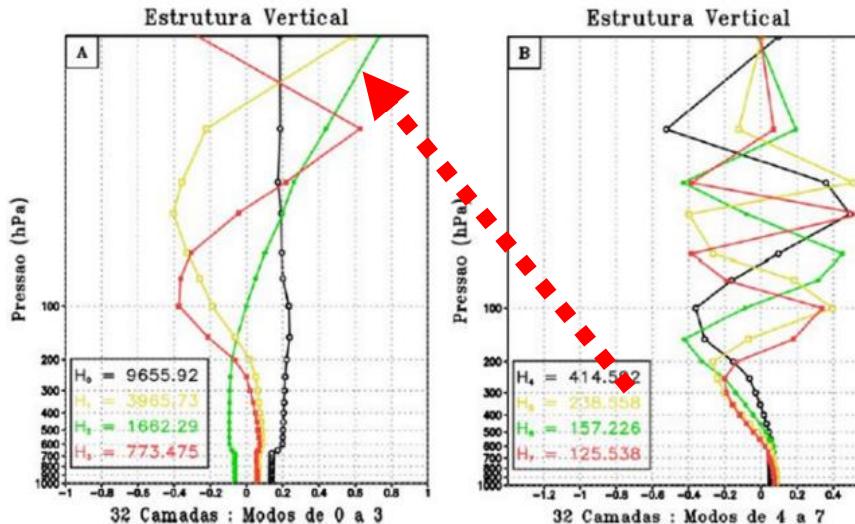
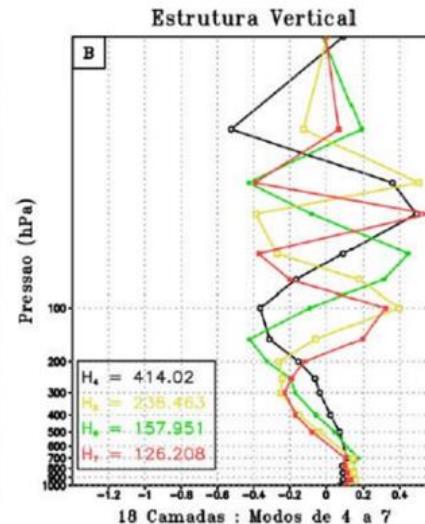
BAM Híbrido (18 Níveis):			BAM Sigma (32 Níveis):		
agrupamento	Altura equivalente		agrupamento	Altura equivalente	
Classe 0 (4 Modos):	9651,0 3965,2 1661,1 772,40		Classe 0 (4 Modos):	9655,9 3965,7 1662,3 773,48	
Classe 1 (4 Modos)	414,02 238,46 157,95 126,21		Classe 1 (4 Modos):	414,59 238,56 157,23 125,54	
Classe 2 (6 Modos)	92,094 67,690 50,048 30,617 16,986 13,582		Classe 2 (6 Modos):	91,031 67,503 47,818 29,255 16,709 10,399	
Classe 3 (4 Modos)	9,3610 4,6020 2,2900 1,4854		Classe 3 (18 Modos)	7,1295 5,2307 4,0123 3,1452 2,4478 1,9092 1,5410 1,0843 0,7452 0,5439 0,4204 0,3411 0,2885 0,2520 0,2234 0,1977 0,1732 0,1487	

Brazilian Atmospheric Model

5.2 Comparação dos Modos Verticais Classes 0 e 1 para o Pós do BAM Híbrido e do BAM Sigma



Modos Verticais Pós BAM Híbrido: A) Classe 0 e B) Classe 1

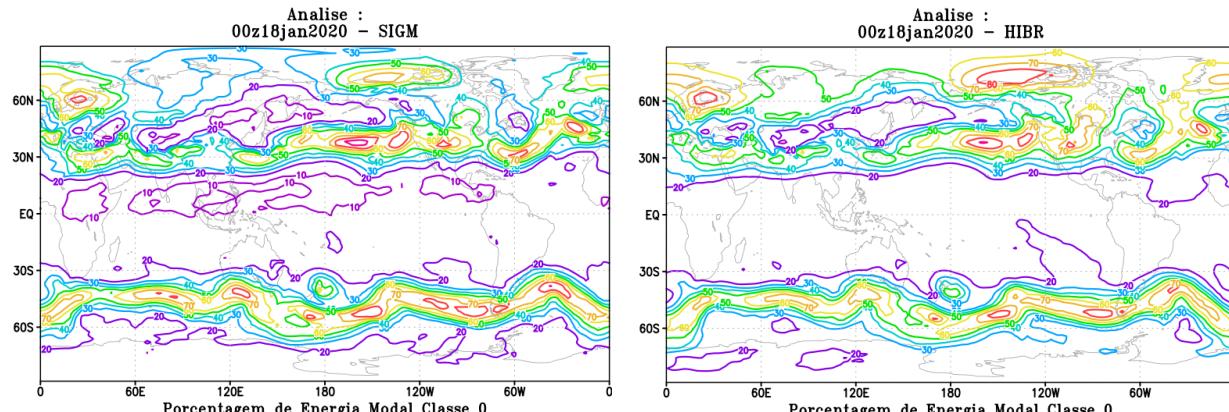


Modos Verticais Pós BAM Sigma: A) Classe 0 e B) Classe 1

Figura 1 - Estrutura vertical das alturas equivalentes das classes 0 e 1 obtidas do modelo BAM em coordenada híbrida e sigma.

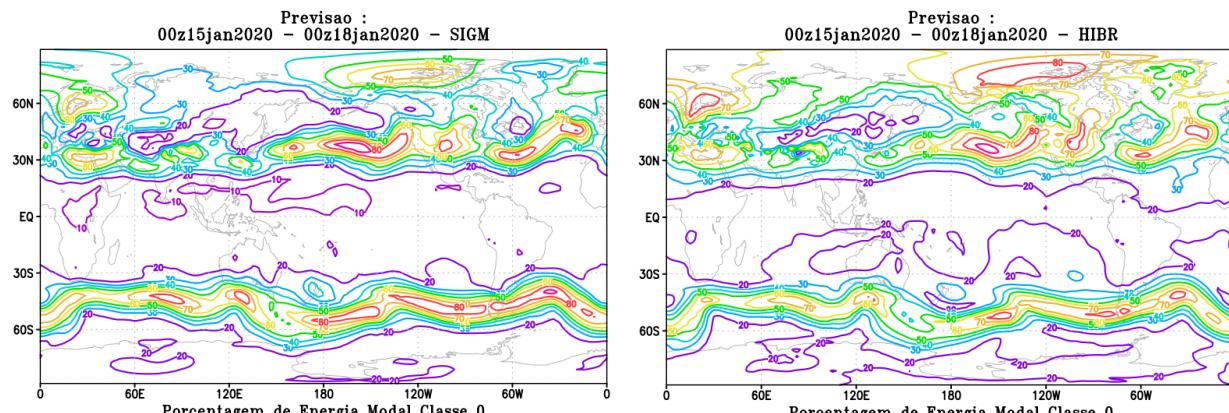
Brazilian Atmospheric Model

5.2 Comparação dos Modos Verticais Classes 0 e 1 para o Pós do BAM Híbrido e do BAM Sigma



(a)

(b)



(c)

(d)

Figura 2 - As figuras (a, b) apresentam a porcentagem de energia modal total da classe 0 em coordenada sigma e híbrida obtidas das análises para o dia 00z18jan2020 e as figuras (c, d) as previsões de 72 horas para o modelo em coordenada sigma e híbrida.

Brazilian Atmospheric Model

5.2 Comparação dos Modos Verticais **Classes 0 e 1** para o Pós do BAM Híbrido e do BAM Sigma

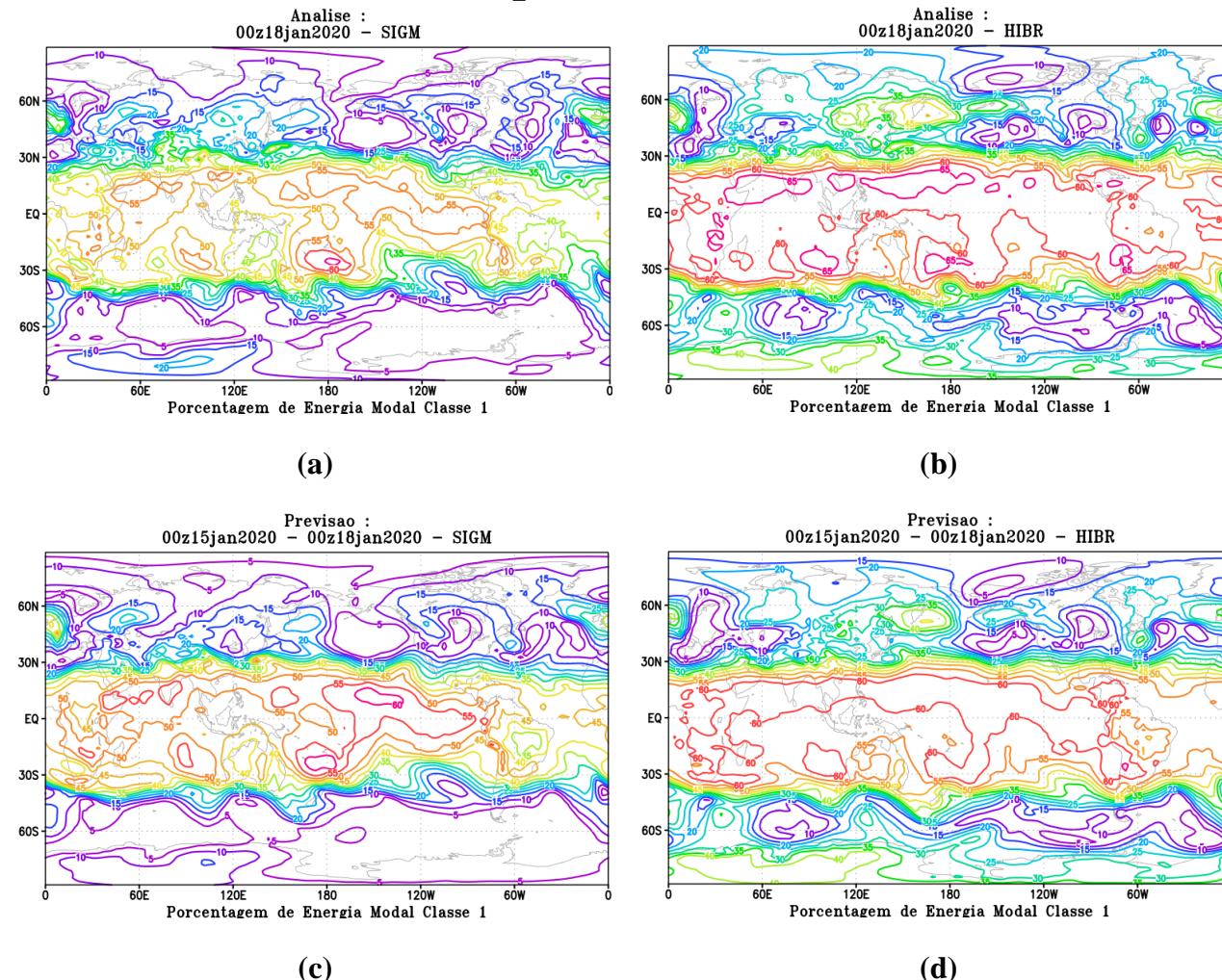


Figura 3 - As Figuras (a, b) apresentam a porcentagem de energia modal total da classe 1 em coordenada sigma e híbrida obtidas das análises para o dia 00z18jan2020 e as figuras (c, d) as previsões de 72 horas para o modelo em coordenada sigma e híbrida.

Brazilian Atmospheric Model

5.3 Impacto da resolução horizontal na distribuição vertical da média global da energia modal total

Análise

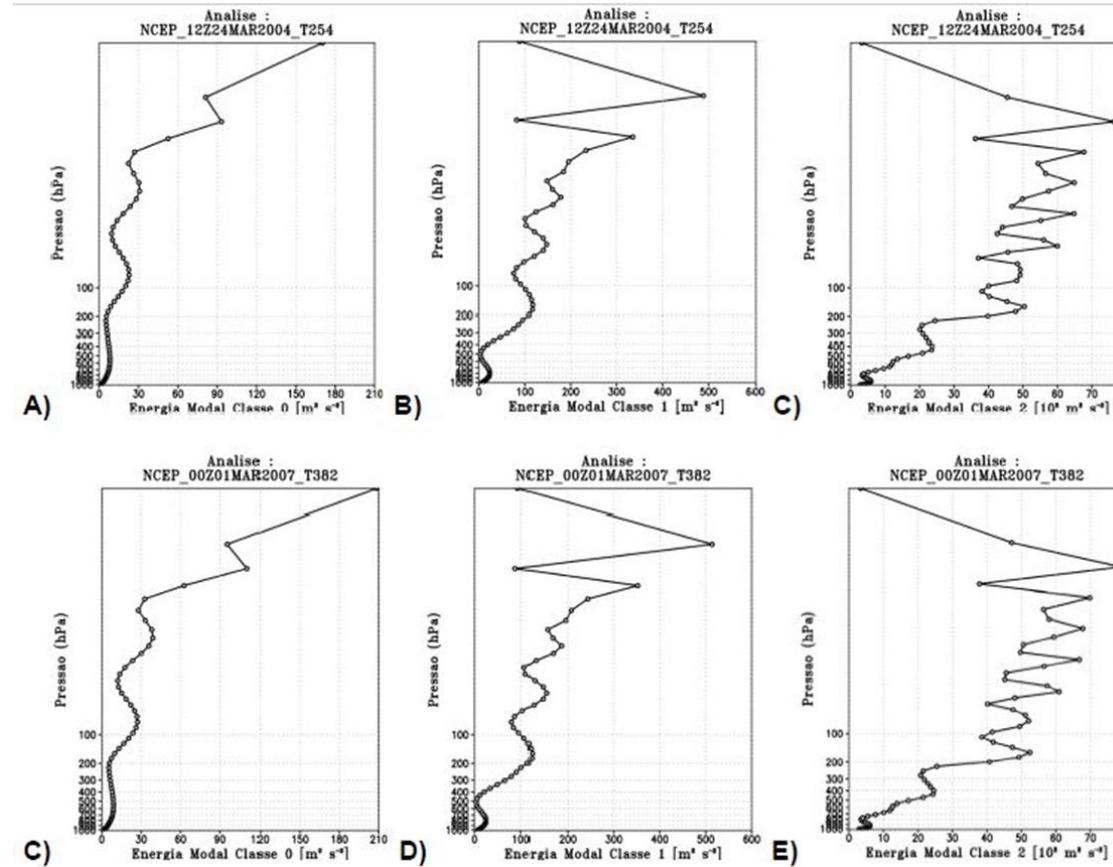


Figura 4 - Distribuição vertical da média global da energia modal total para a análise do dia 24/03/2004 às 12 UTC, para o MGCA-Sigma TQ0254L064 [A) Classe 0, B) Classe 1 e C) Classe 2] e para o MGCA-Sigma TQ0382L064 [C) Classe 0, D) Classe 1 e E) Classe 2].

Brazilian Atmospheric Model

5.4 Impacto do sistema de coordenada vertical na distribuição vertical da média global da energia modal total

Análise

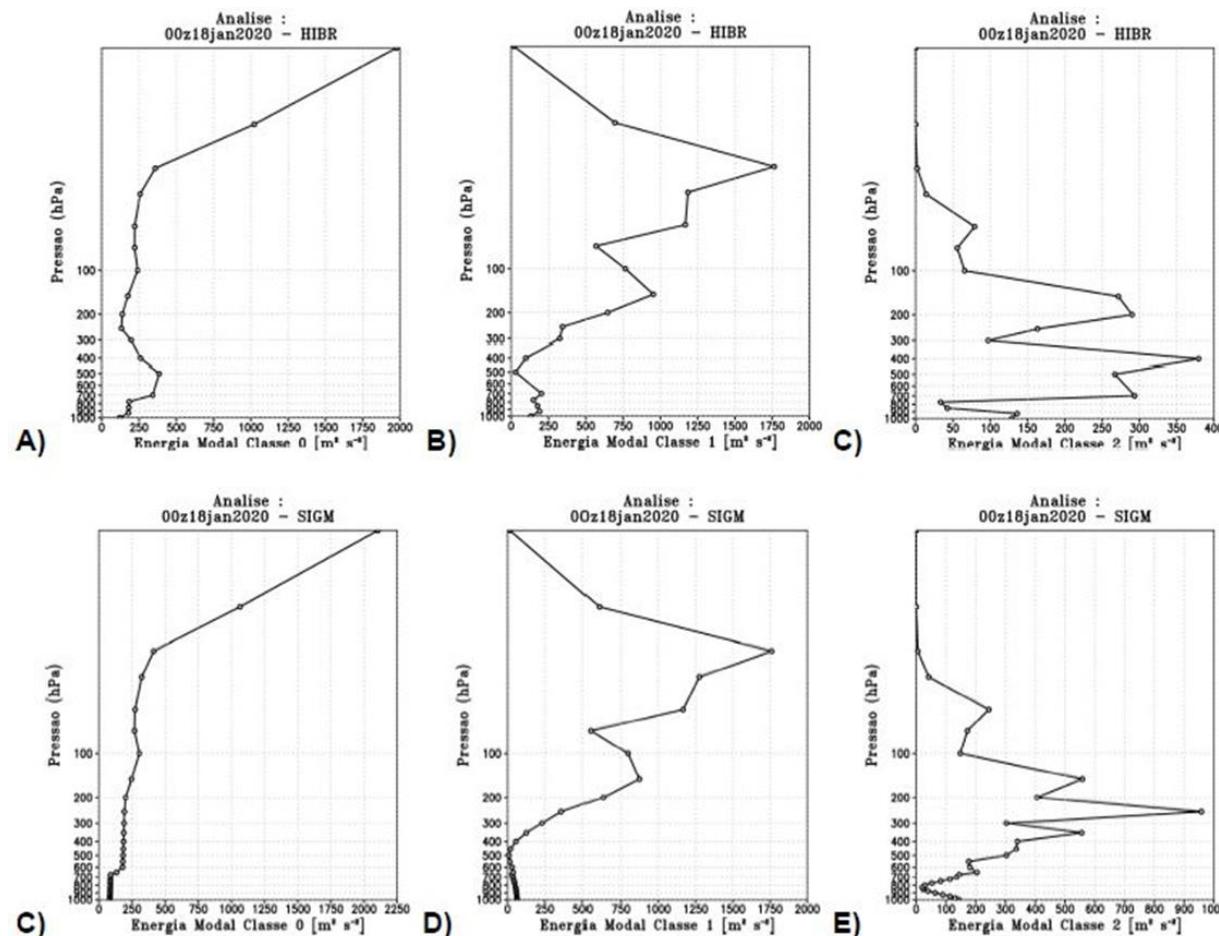


Figura 5 - Distribuição vertical da média global da energia modal total para a análise do dia 18/01/2020 às 00 UTC, para o BAM-Híbrido [A) Classe 0, B) Classe 1 e C) Classe 2] e para o BAM-Sigma [C) Classe 0, D) Classe 1 e E) Classe 2].

Brazilian Atmospheric Model

5.3 Impacto da resolução horizontal na distribuição vertical da média global da energia modal total

Previsão

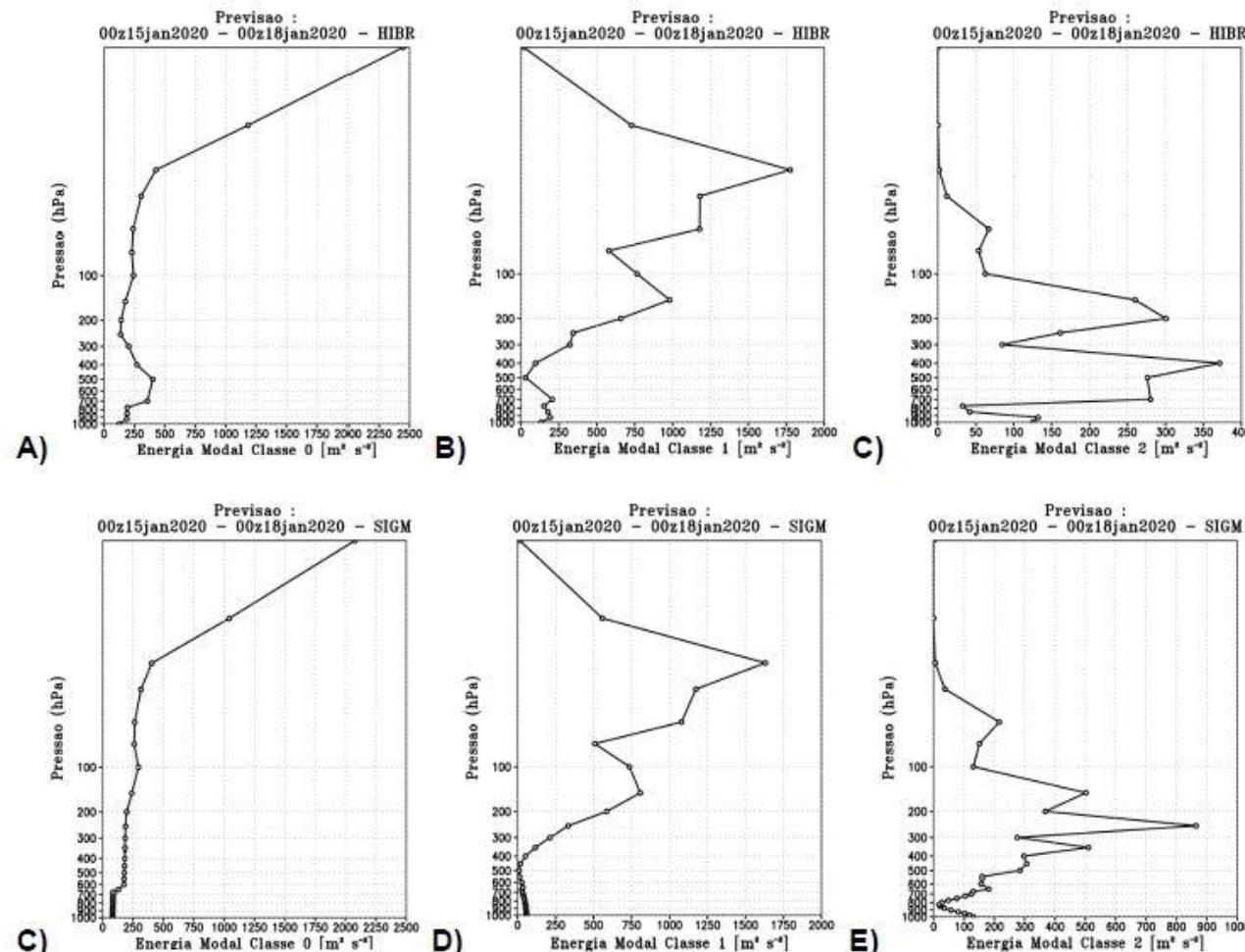


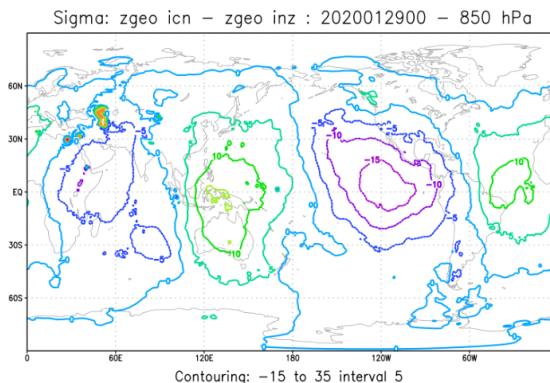
Figura 6 - Distribuição vertical da média global da energia modal total para a previsão de 3 dias a partir do dia 15/01/2020 às 00 UTC, para o BAM-Híbrido [A) Classe 0, B) Classe 1 e C) Classe 2] e para o BAM-Sigma [C) Classe 0, D) Classe 1 e E) Classe 2].

Segunda etapa

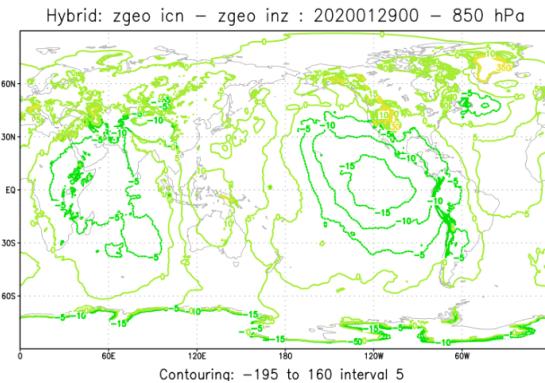
objetivo avaliar a inicialização por modos normais,

Brazilian Atmospheric Model

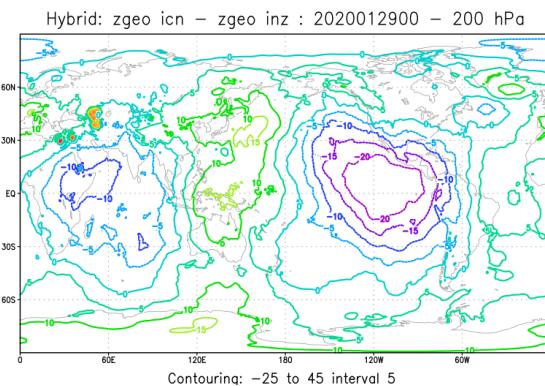
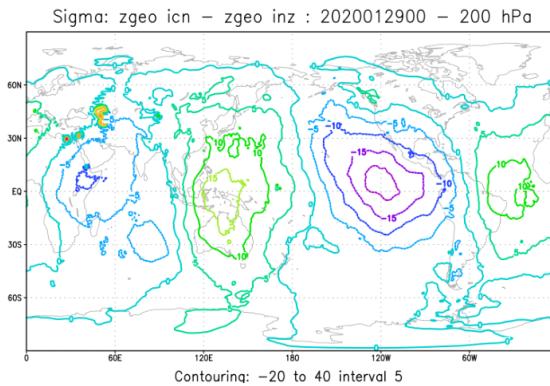
5.5 Efeito da Inicialização na Condição Inicial



(a)



(b)



Ondas de gravidade rápidas
Filtragem da maré atmosférica

Figura 7- A diferença da altura geopotencial entre a condição inicial e a condição nos níveis de 850 e 200 hPa, tanto para o modelo sigma (a esquerda) quanto para o modelo híbrido (a direita).

Terceira etapa

Avaliação das variáveis prognósticas relacionados aos processos dinâmicos simulados pelo modelo BAM em coordenada híbrida através de métricas estatísticas.

5.6 Avaliação Estatística do BAM Híbrido em Comparações com o BAM Sigma

Tabela 5.4 - Lista de Variáveis e Níveis Avaliadas:

Variável	Prefix	Nível	Unidade
Altura Geopotencial	zgeo	200, 500 e 850 hPa	m
Pressão Reduzida ao Nível do Mar	psnm	superfície	hPa
Água Precipitável	agpl	Integrada	Kg/m ²
Vento Zonal	uvel	200 e 850 hPa	m/s
Vento Meridional	vvel	200 e 850 hPa	m/s
Temperatura atmosfera	temp	200 e 850 hPa	K
Temperatura abrigo	tp2m	2 metros	K
Velocidade Vertical em Pressão	omeg	500 hPa	Pa/s

5.6 Avaliação Estatística do BAM Híbrido em Comparaçāo com o BAM Sigma

Tabela 5.5 - Áreas de Cálculo das Estatísticas

Região	Área
América do Sul	90°W , 30°W ; 40°S , 10°N
Região Tropical	0 , 360 ; 20°S , 20°N
Hemisfério Sul	0 , 360 ; 90°S , 20°S
Hemisfério Norte	0 , 360 ; 20°N , 90°N

Brazilian Atmospheric Model

5.6 Avaliação Estatística do BAM Híbrido em Comparaçāo com o BAM Sigma

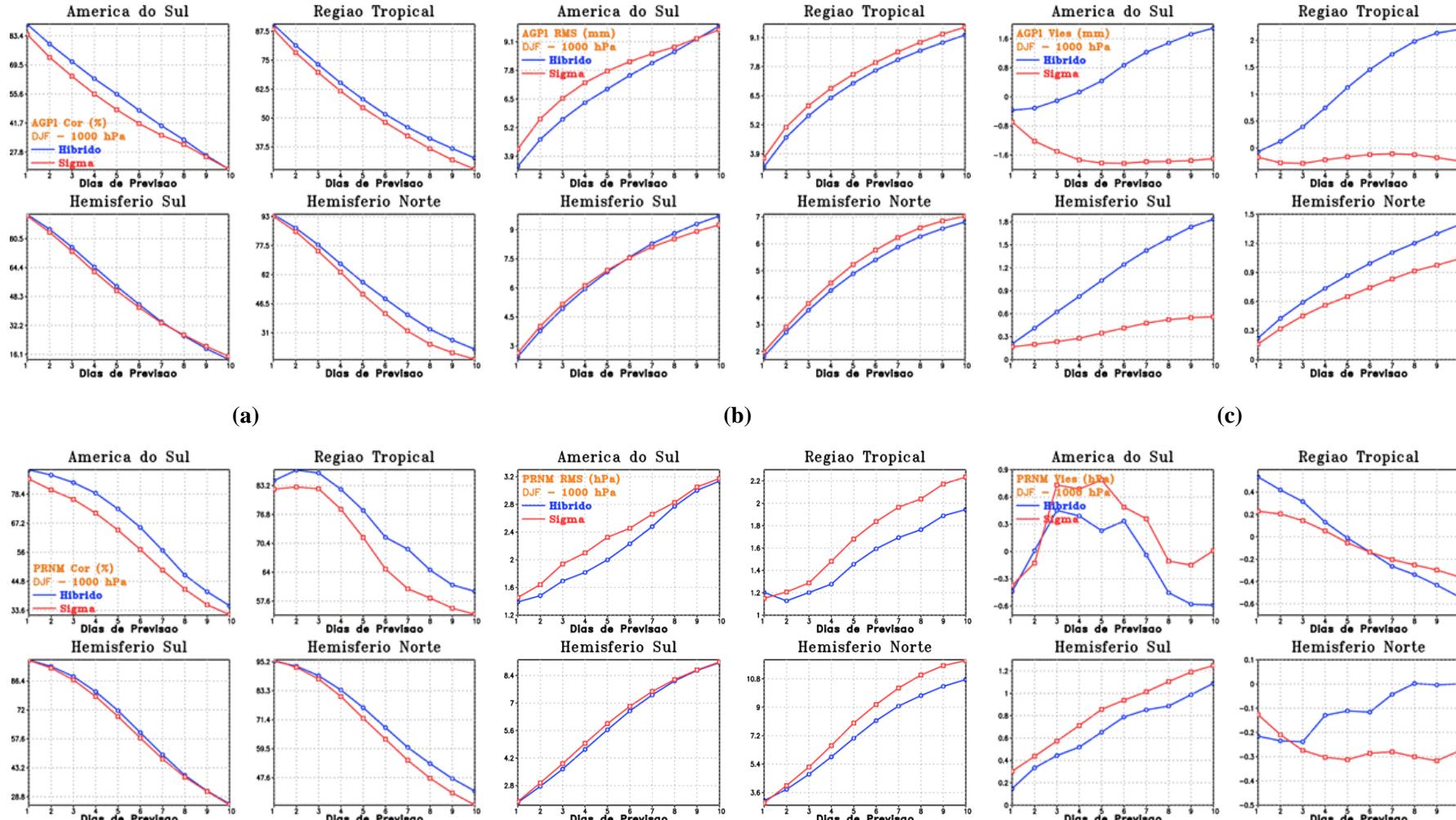


Figura 8 - Correlação de Anomalias (a, d), Erro Quadrático Médio(b, e) e Viés (c,f) (agpl e psnm)

Brazilian Atmospheric Model

5.6 Avaliação Estatística do BAM Híbrido em Comparaçāo com o BAM Sigma

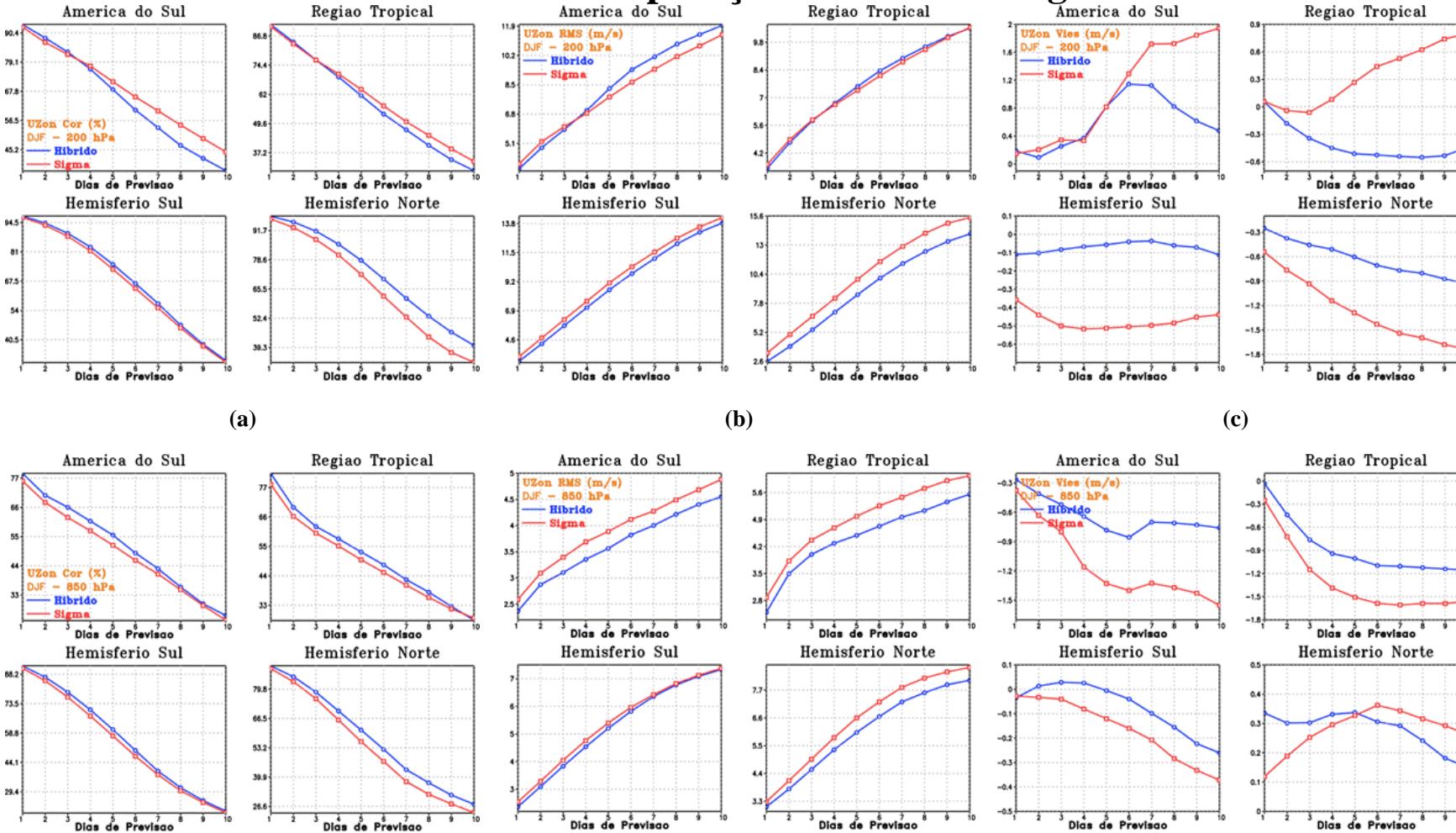
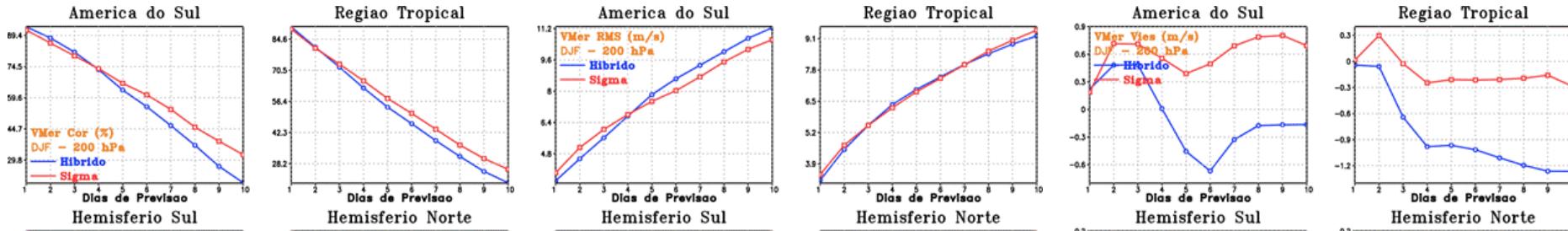


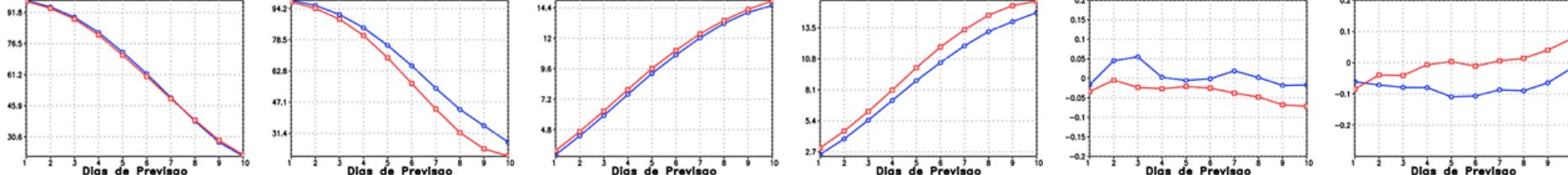
Figura 9 - Correlaçāo de Anomalias (a, d), Erro Quadrático Médio(b, e) e Viés (c,f) (uvel: 200 e 850 hPa)

Brazilian Atmospheric Model

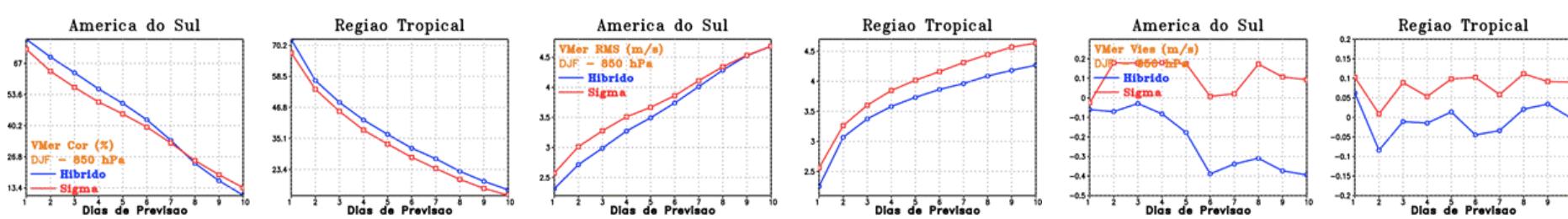
5.6 Avaliação Estatística do BAM Híbrido em Comparaçāo com o BAM Sigma



(a)



(b)



(c)

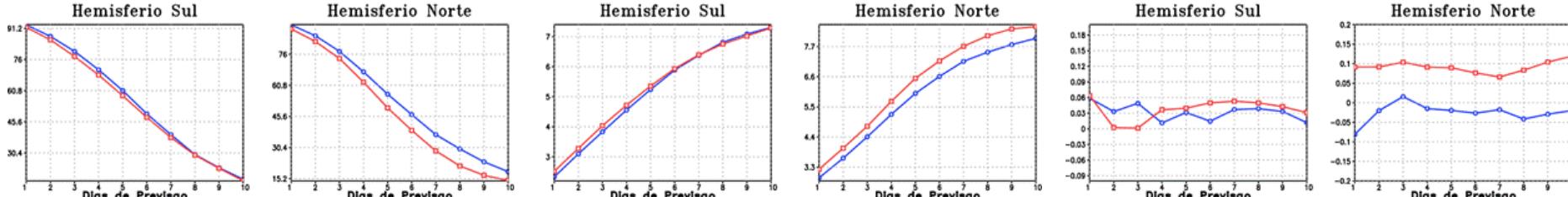


Figura 10 - Correlaçāo de Anomalias (a, d), Erro Quadrático Médio(b, e) e Viés (c,f) (vvel: 200 e 850 hPa)

Brazilian Atmospheric Model

5.6 Avaliação Estatística do BAM Híbrido em Comparaçāo com o BAM Sigma

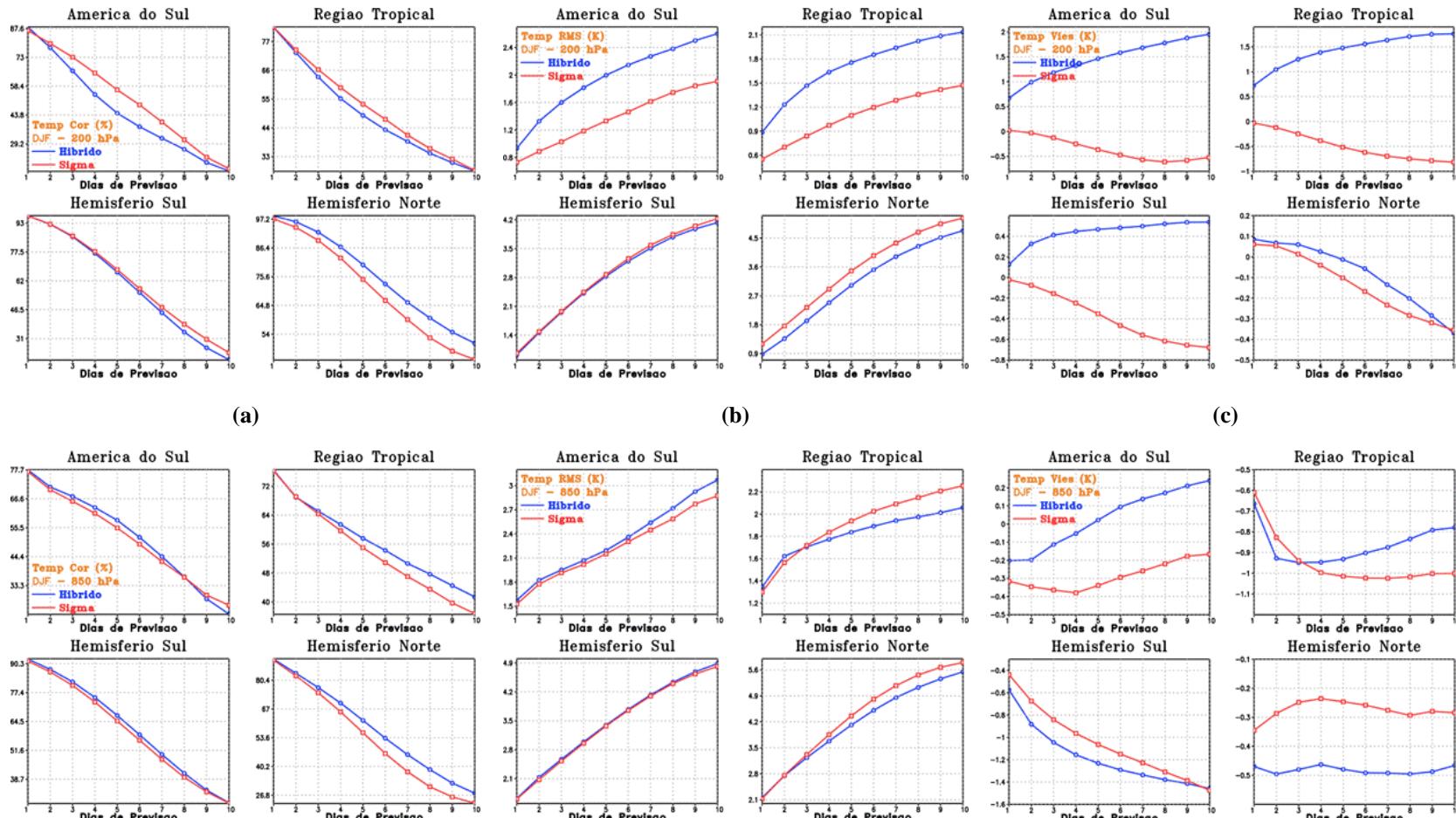


Figura 11 - Correlaçāo de Anomalias (a, d), Erro Quadrático Médio (b, e) e Viés (c,f) (temp: 200 e 850 hPa)

Brazilian Atmospheric Model

5.6 Avaliação Estatística do BAM Híbrido em Comparaçāo com o BAM Sigma

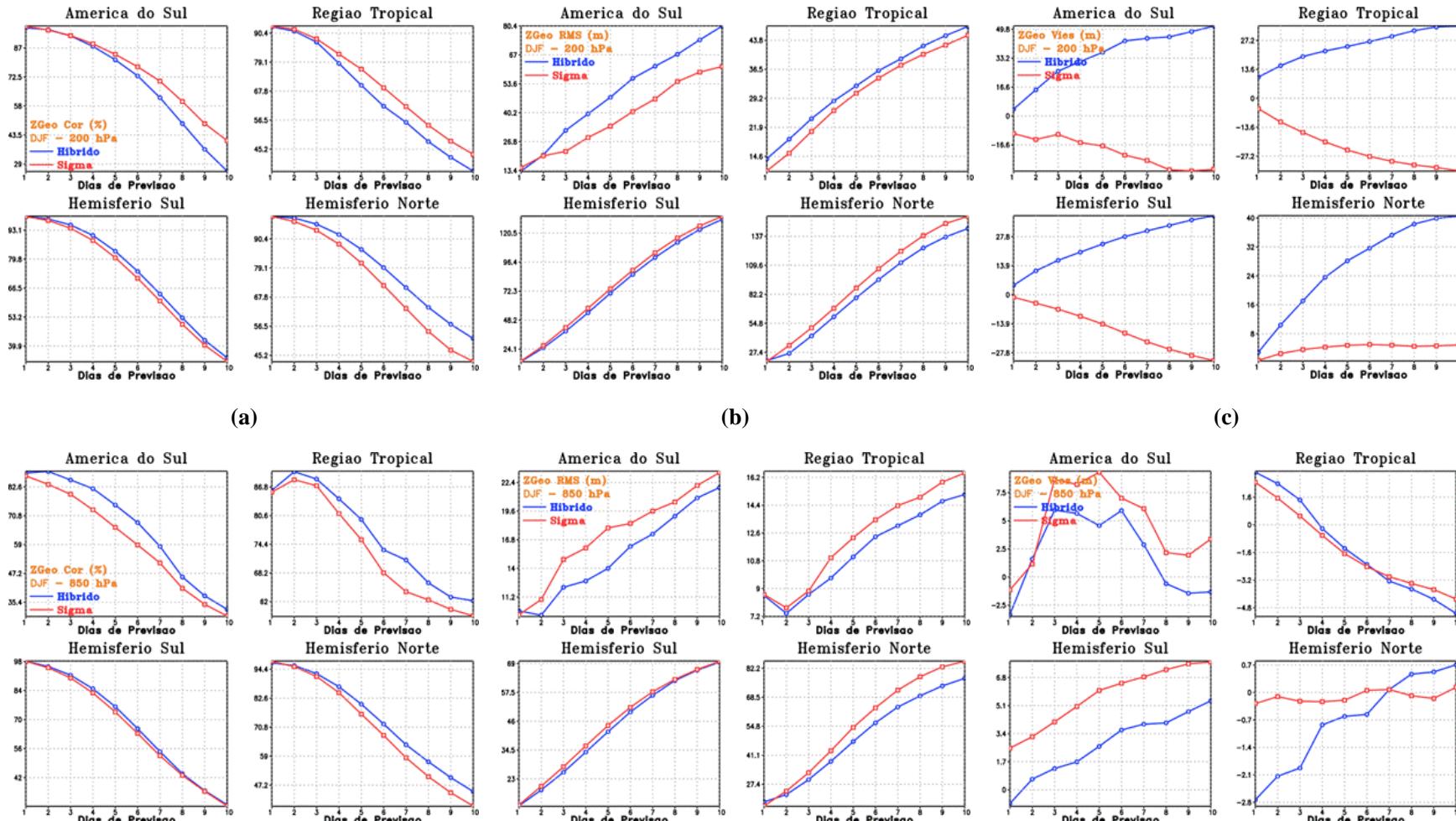


Figura 12 - Correlaçāo de Anomalias (a, d), Erro Quadrático Médio (b, e) e Viés (c, f) (zgeo: 200 e 850 hPa)

Brazilian Atmospheric Model

5.6 Avaliação Estatística do BAM Híbrido em Comparaçāo com o BAM Sigma

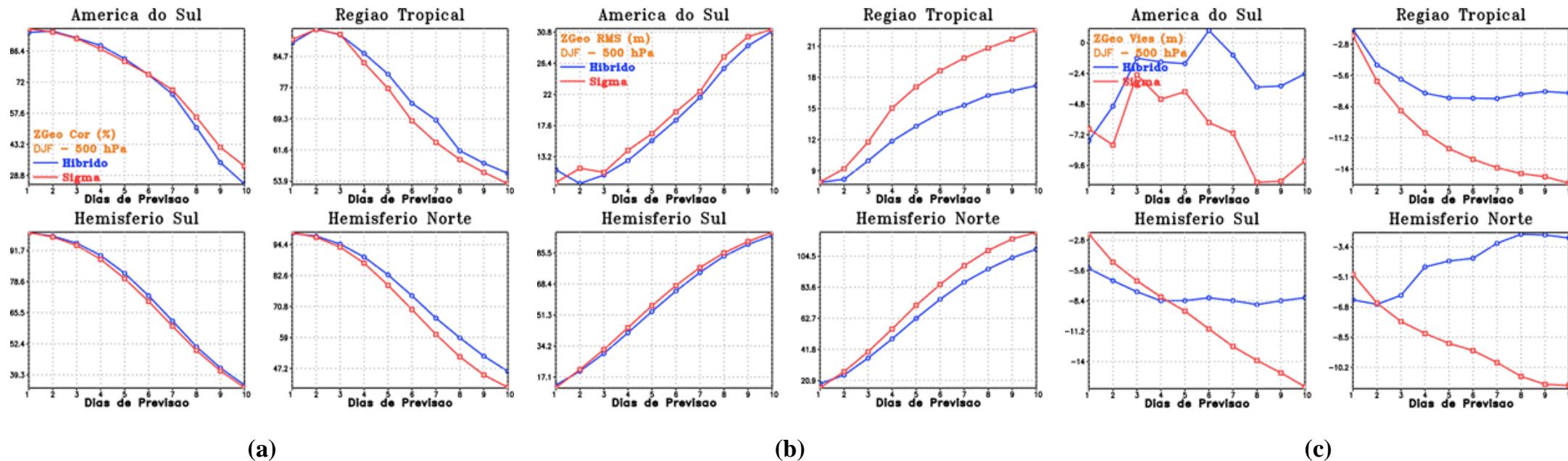


Figura 13 - Correlação de Anomalias (a), Erro Quadrático Médio(b) e Viés (c) (zgeo: 500 hPa)

Brazilian Atmospheric Model

5.6 Avaliação Estatística do BAM Híbrido em Comparaçāo com o BAM Sigma

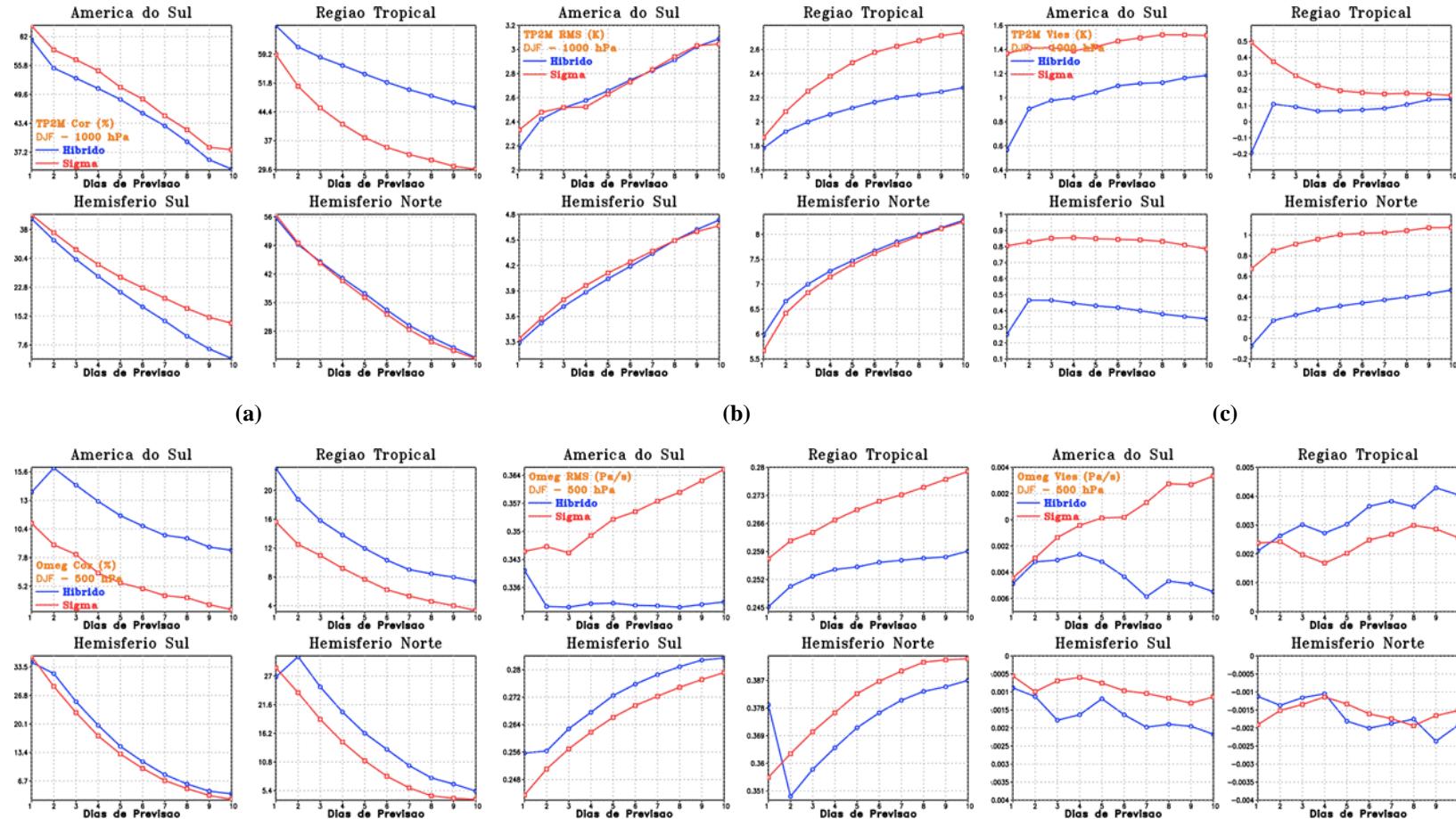


Figura 14 - Correlação de Anomalias (a, d), Erro Quadrático Médio (b, e) e Viés (c, f) (tp2m e omeg)

Conclusão

A maior parte dos índices estatísticos indicam que o BAM-Híbrido é melhor em relação ao BAM-Sigma.

Quarta etapa

Avaliação das variáveis prognósticas relacionados aos processos termodinâmicos da atmosfera.

5.7 Avaliação da precipitação da Simulação do BAM T666L64 sigma e híbrido

Brazilian Atmospheric Model

5.7.1 Análise da Precipitação de Grande Escala

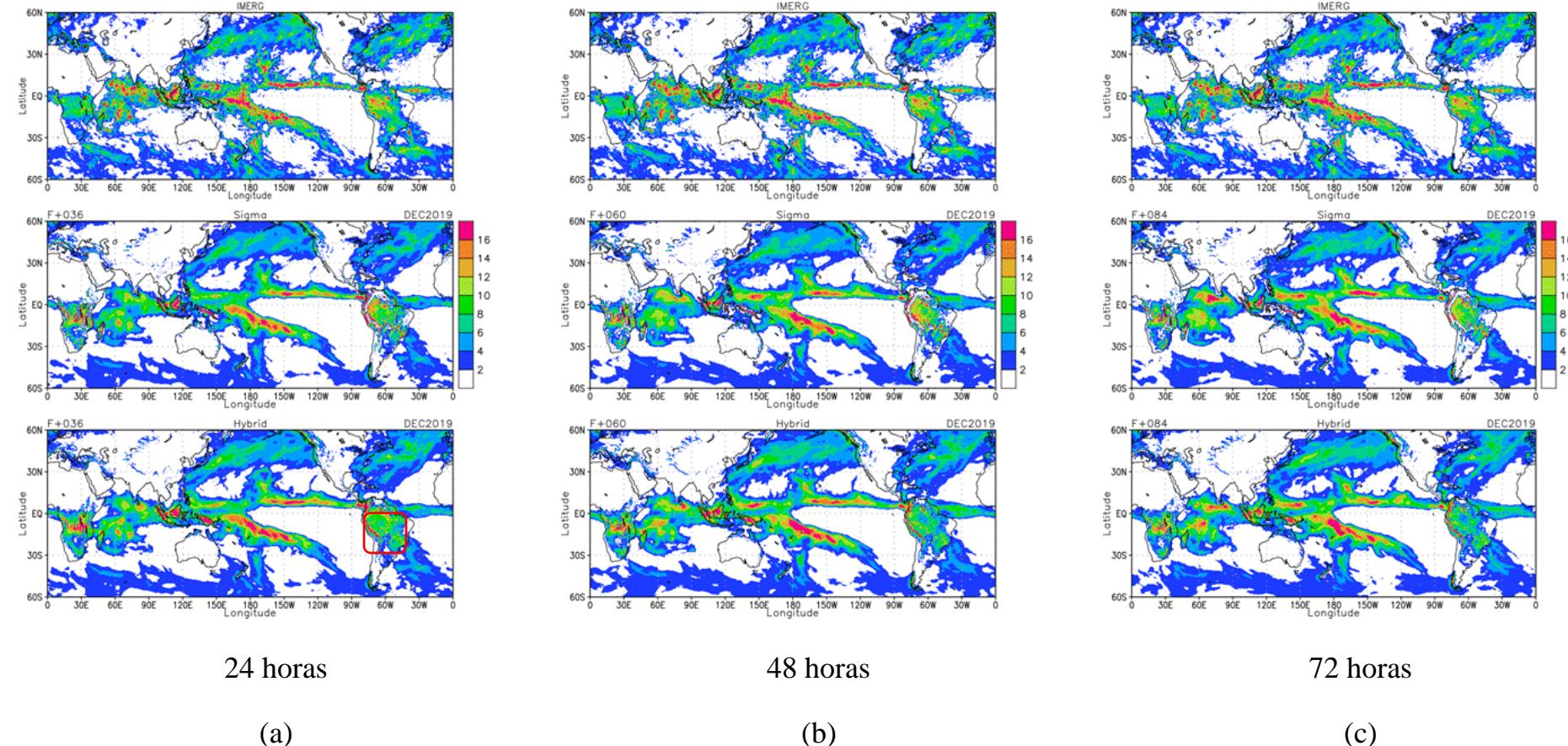


Figura 15 - Média para janeiro de 2020 do campo de precipitação dos dados do IMERG, BAM sigma e BAM híbrido para a previsão de 24, 48 e 72 horas.

Brazilian Atmospheric Model

5.7.1 Análise da Precipitação de Grande Escala

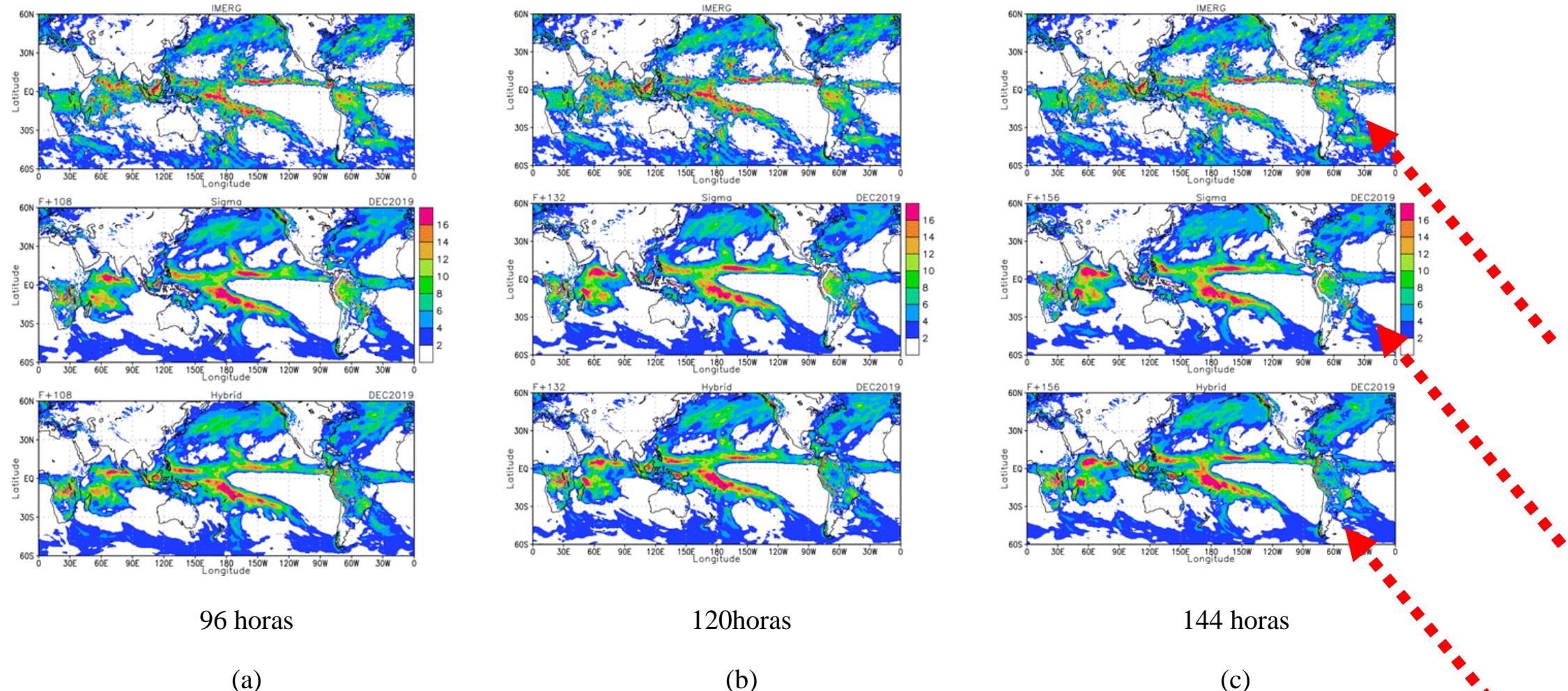


Figura 16 - Média para janeiro de 2020 do campo de precipitação dos dados do IMERG, BAM sigma e BAM híbrido para a previsão de 96, 120 e 168 horas.

Brazilian Atmospheric Model

5.7.1 Análise da Precipitação de Grande Escala

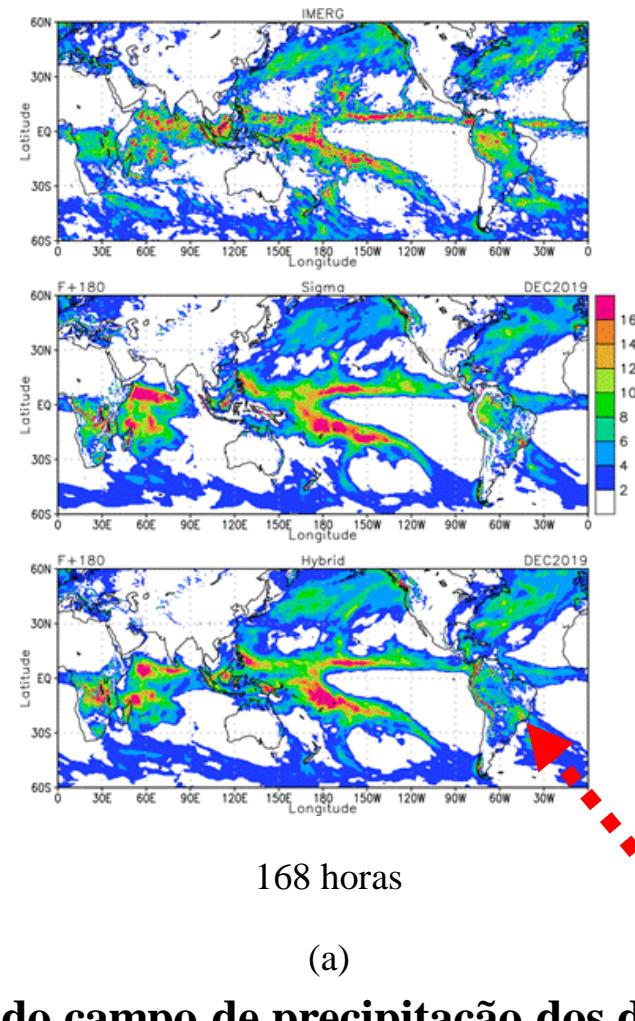


Figura 17 - Média para janeiro de 2020 do campo de precipitação dos dados do IMERG, BAM sigma e BAM híbrido para a previsão de 96, 120 e 168 horas.

5.7.1 Análise da Precipitação de Grande Escala

Tabela 5.6 -Análise de grande Escala BAM Híbrido comparado com BAM sigma

Area	BAM Híbrido	Sigma X Híbrido
Oceano Indico	Boa comparação com IMERG	similar
ITCZ do Pacifico	Boa comparação com IMERG	similar
ITCZ do Atlântico	Boa comparação com IMERG	similar
SPCZ –híbrido	Boa comparação com IMERG	similar
Storm tracks HN	Boa comparação com IMERG	similar
Storm tracks HS	Boa comparação com IMERG	similar
USA-CANADA	Boa comparação com IMERG	similar
EUROPE	Boa comparação com IMERG	similar
AFRICA	Boa comparação com IMERG	Híbrido melhor
SOUTH AMERICA	Boa comparação com IMERG	Híbrido melhor

5.7.1 Análise da Precipitação de Grande Escala

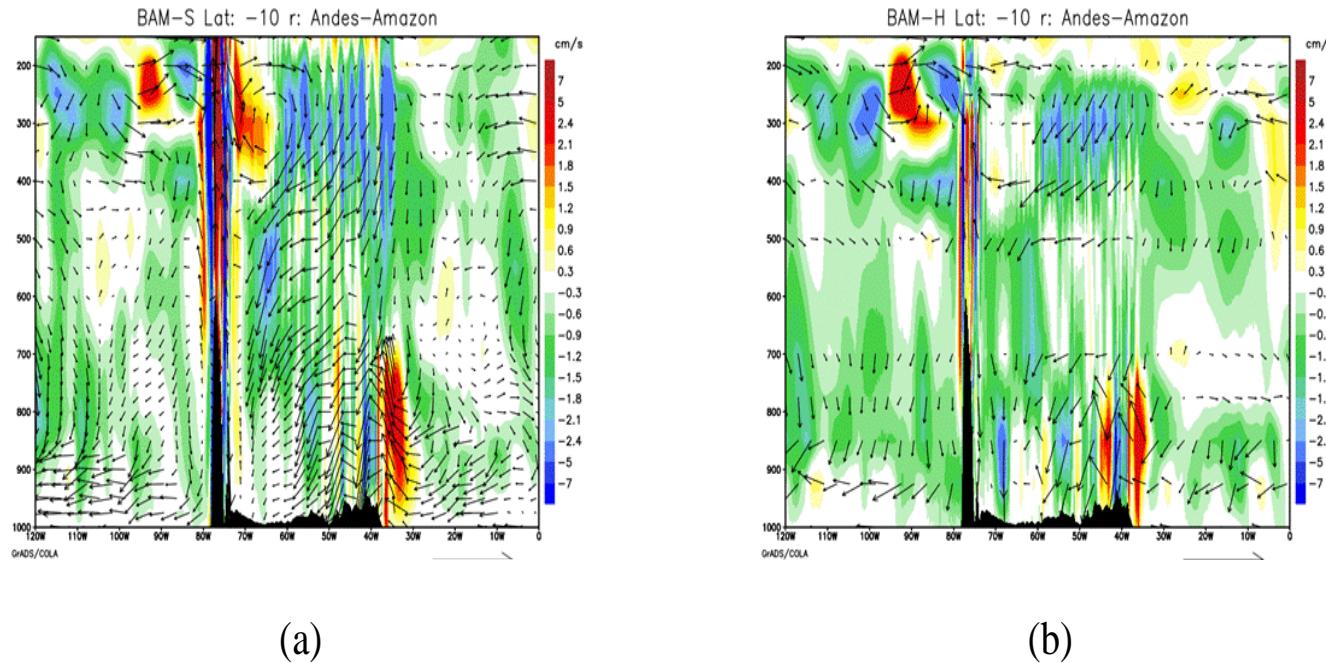


Figura 18 - Média do perfil vertical da circulação sobre a região Amazônia na latitude de 10º S. Sombreado velocidade ascendente (+) e descendente (-). (a) Sigma e (b) Híbrido

Quinta etapa

avaliação foi avaliado o skill do modelo na simulação dos processos que geram precipitação.

5.7.2 Análise estatística da precipitação sobre a América do Sul

Brazilian Atmospheric Model

5.7.2 Análise estatística da precipitação sobre a América do Sul

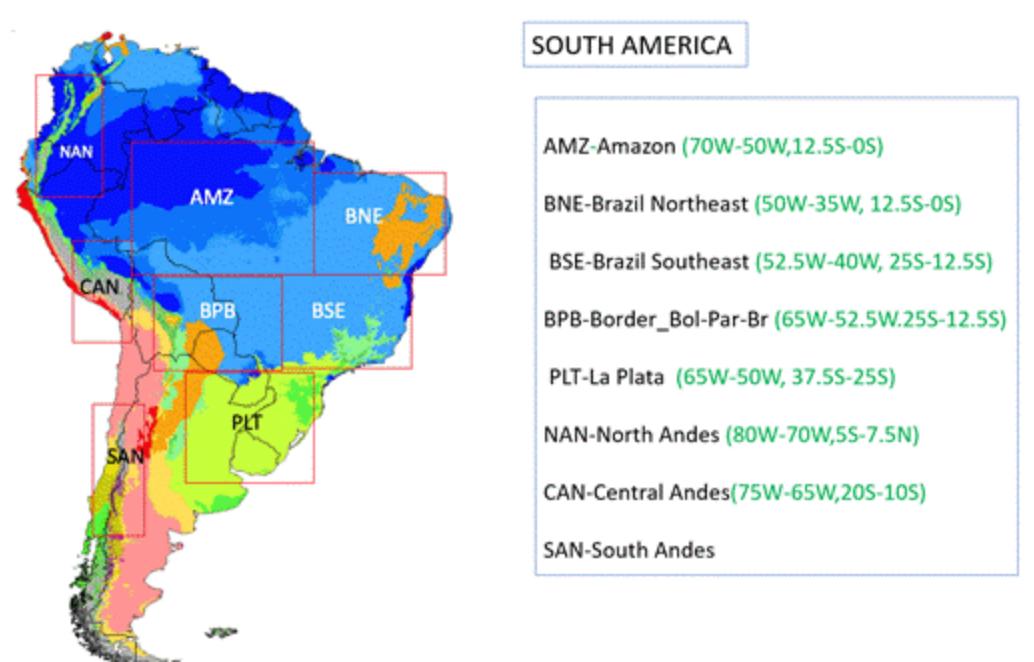
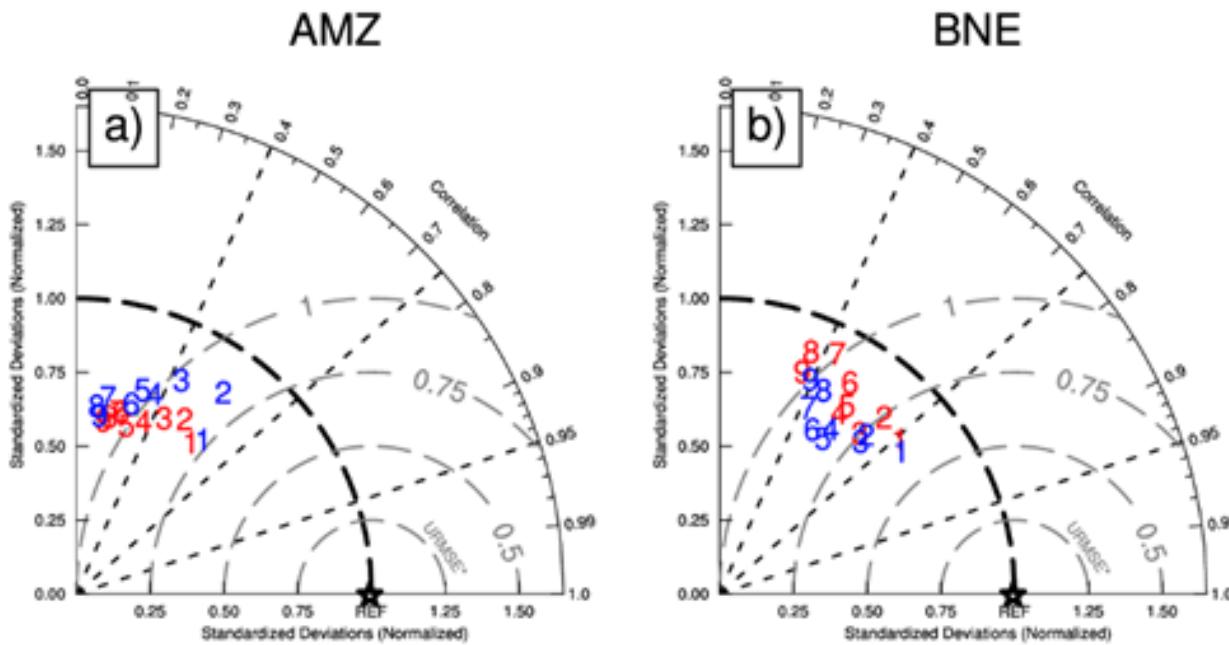


Figura 19 - Áreas de impacto na precipitação sobre a América do Sul

Brazilian Atmospheric Model

5.7.2 Análise estatística da precipitação sobre a América do Sul



Hibrido Vermelho
Sigma Azul

Figura 20 - Diagrama de Taylor para a área da região Amazônica (AMZ) e Nordeste Brasileiro (BNE).

Brazilian Atmospheric Model

5.7.2 Análise estatística da precipitação sobre a América do Sul

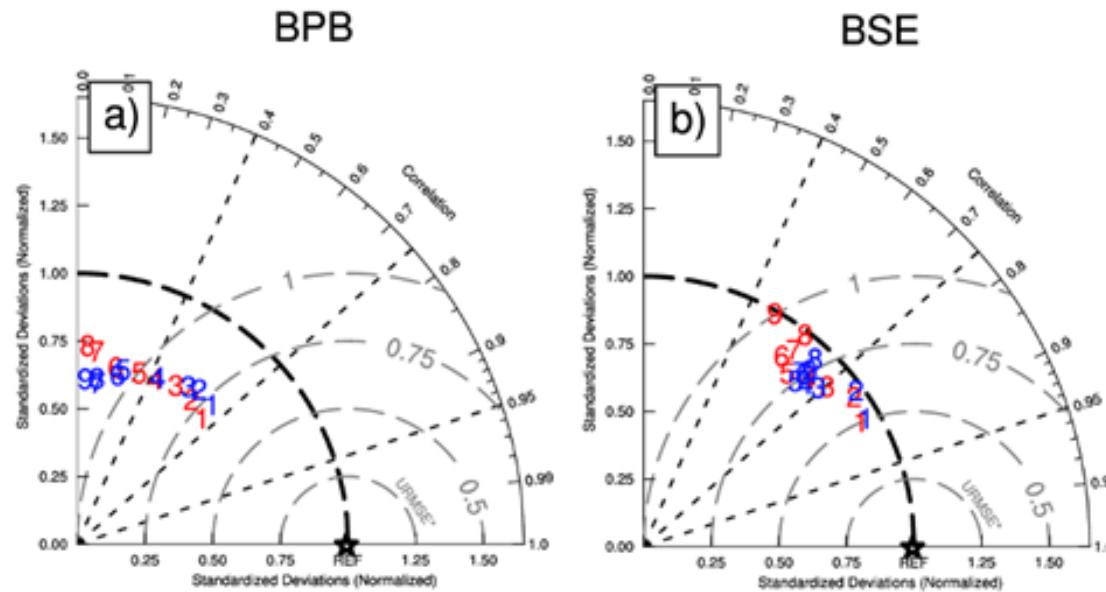


Figura 21 - Diagrama de Taylor para a área da região Bolívia-Paraguai-Brasil (BPB) e Sudeste do Brasil (BSE).

Brazilian Atmospheric Model

5.7.2 Análise estatística da precipitação sobre a América do Sul

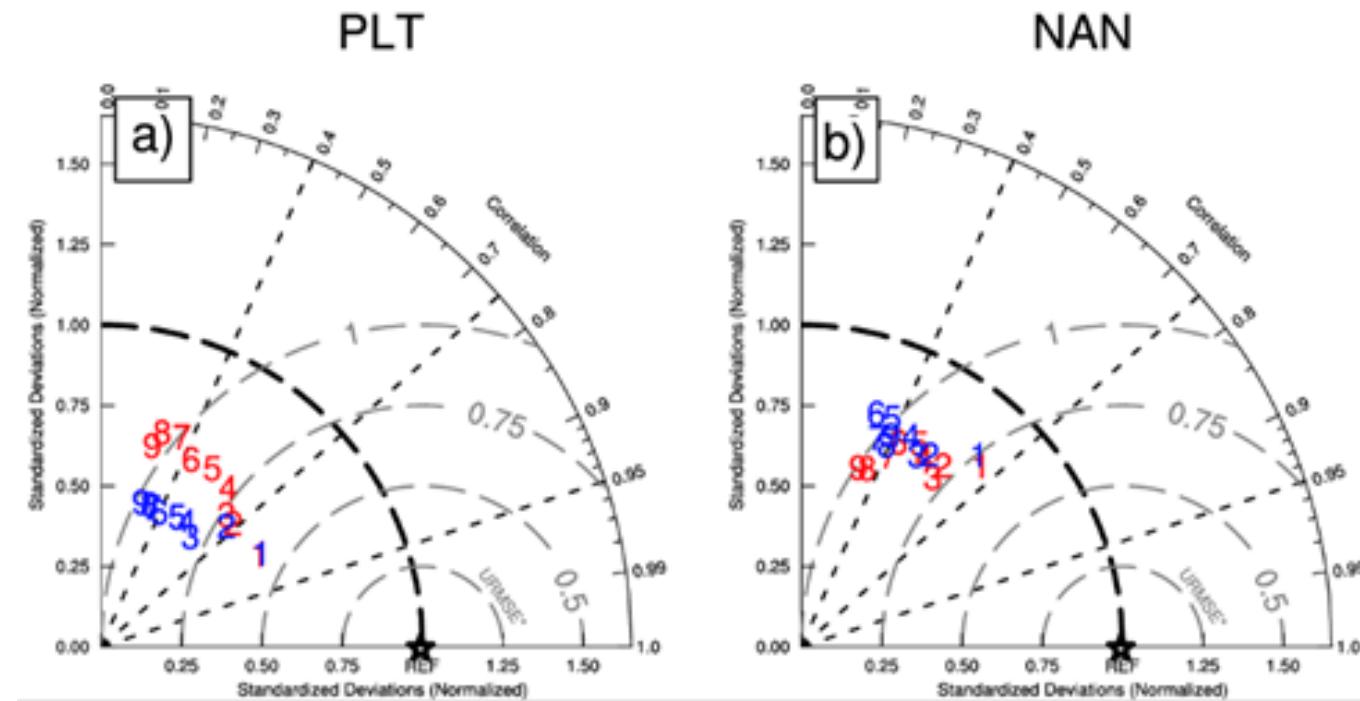


Figura 22 - Diagrama de Taylor para a área da região La Plata (PLT) e Norte dos Andes (NAN).

5.7.2 Análise estatística da precipitação sobre a América do Sul

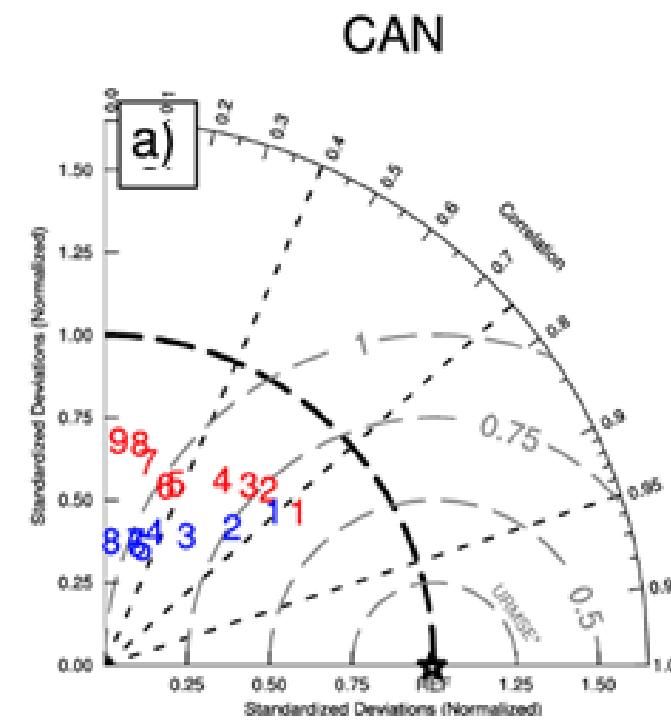
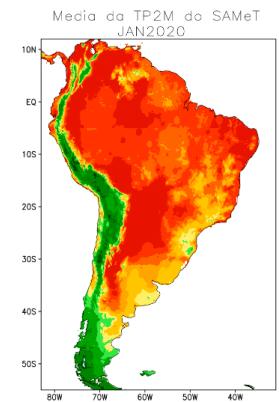


Figura 23 - Diagrama de Taylor para a área da região dos Andes Central (CAN).

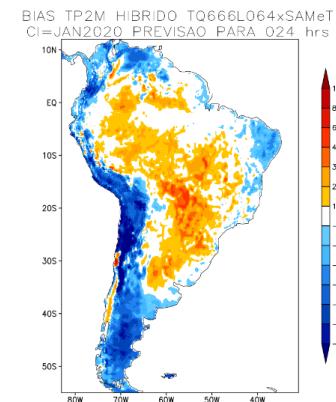
5.8 Avaliação de Campos Espaciais do modelo BAM T666L64 Sigma e híbrido

Brazilian Atmospheric Model

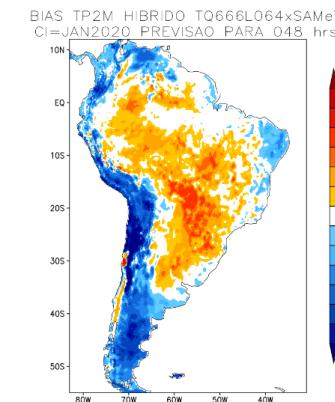
5.8.1 Temperatura a 2 metros



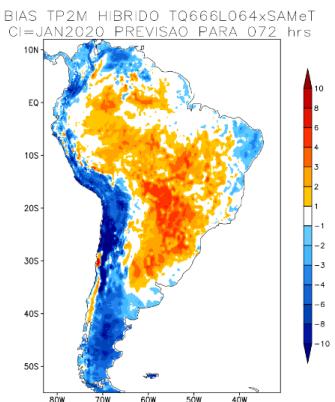
(a)



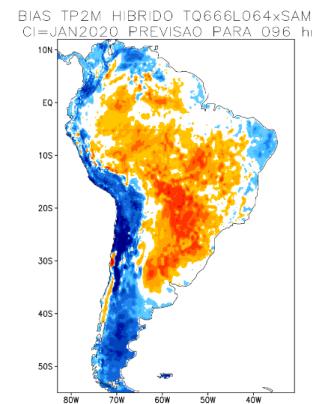
(b)



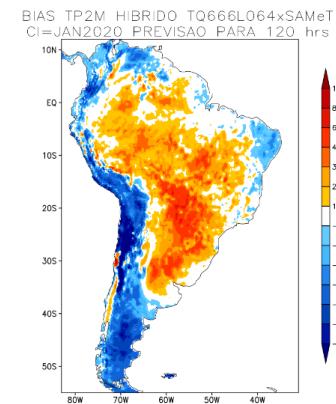
(c)



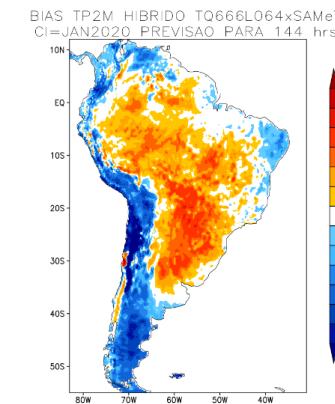
(d)



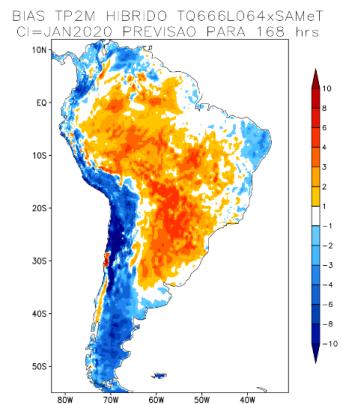
(e)



(f)



(g)

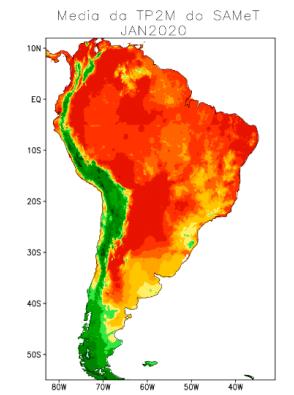


(h)

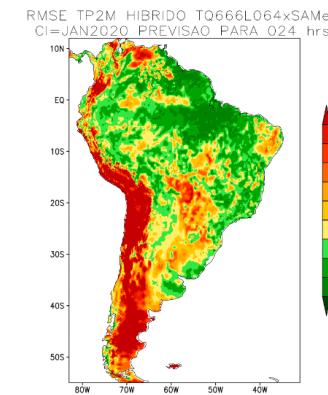
Figura 24 - Distribuição espacial do Bias de temperatura a 2 metros para janeiro de 2020 (a) Média SAMet e (b-h) bias das previsões com o modelo BAM em coordenada híbrida.

Brazilian Atmospheric Model

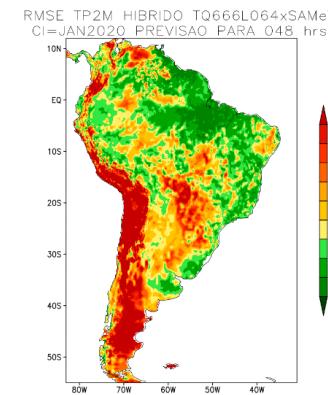
5.8.1 Temperatura a 2 metros



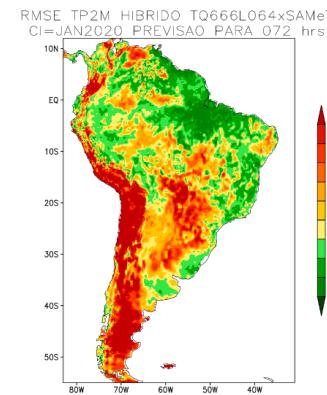
(a)



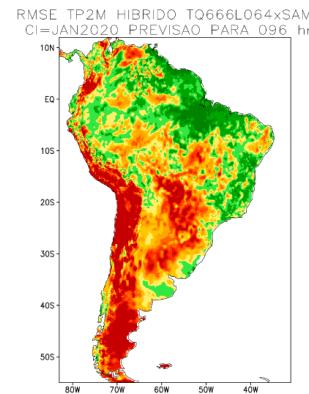
(b)



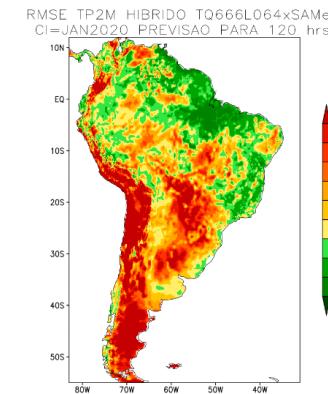
(c)



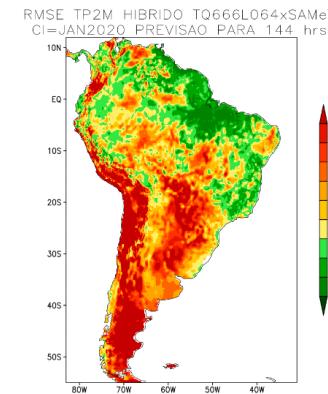
(d)



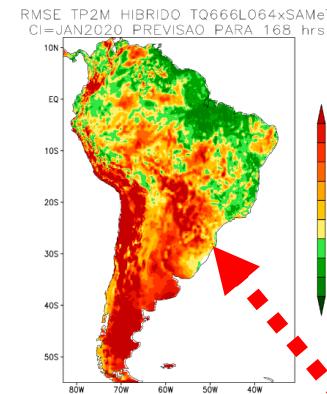
(e)



(f)



(g)

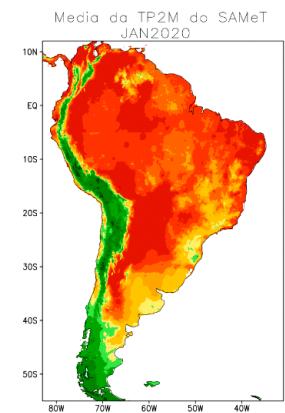


(h)

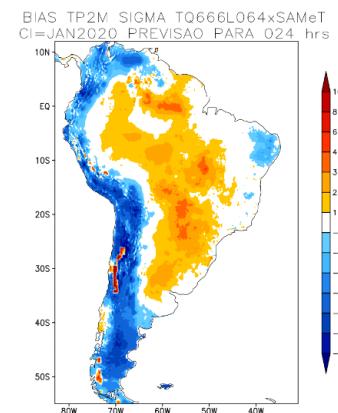
Figura 25 - Distribuição espacial do RMSE de temperatura a 2 metros para janeiro de 2020 (a) Média SAMet e (b-h) RMSE das previsões com o modelo BAM em coordenada híbrida.

Brazilian Atmospheric Model

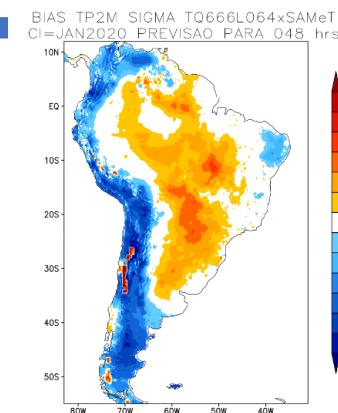
5.8.1 Temperatura a 2 metros



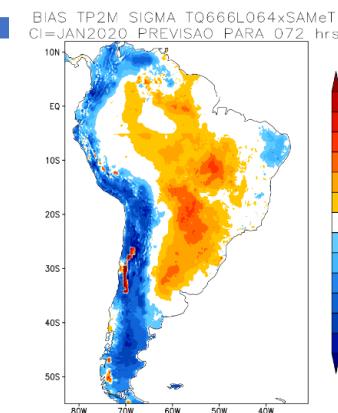
(a)



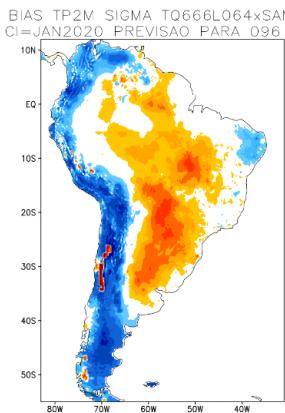
(b)



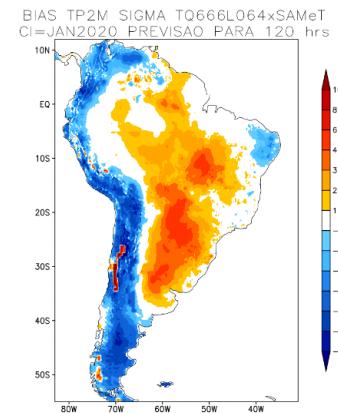
(c)



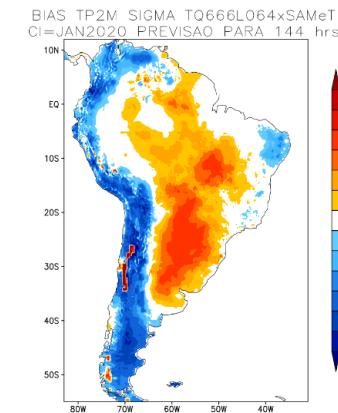
(d)



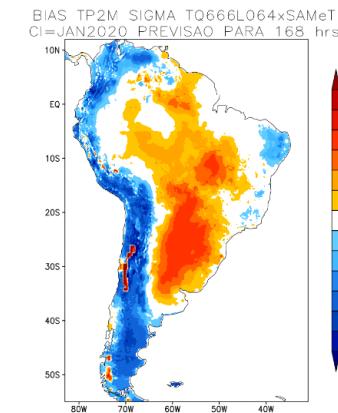
(e)



(f)



(g)



(h)

Figura 26 - Distribuição espacial do Bias de temperatura a 2 metros para janeiro de 2020 (a) Média SAMet e (b-h) bias das previsões com o modelo BAM em coordenada Sigma.

Brazilian Atmospheric Model

5.8.1 Temperatura a 2 metros

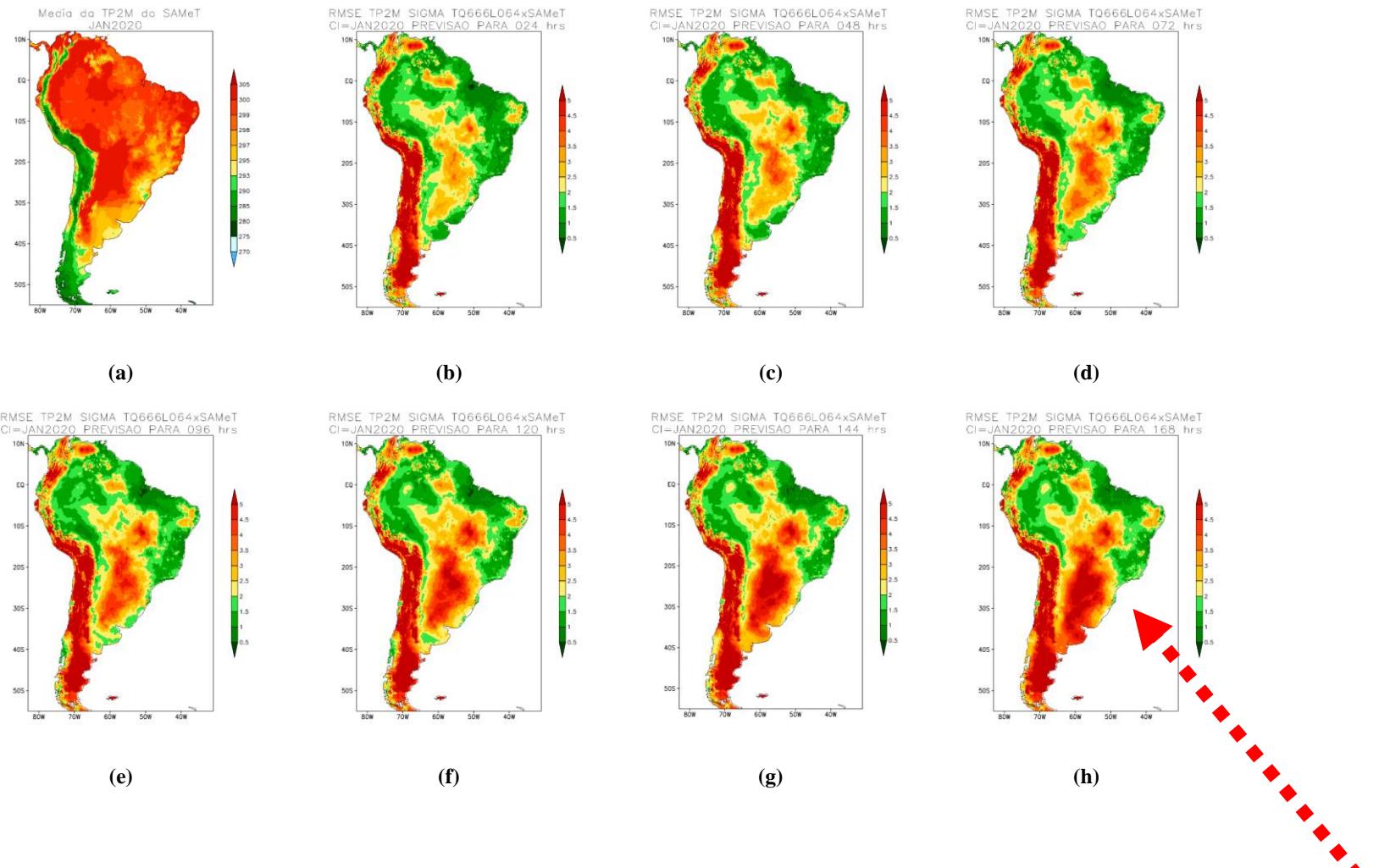
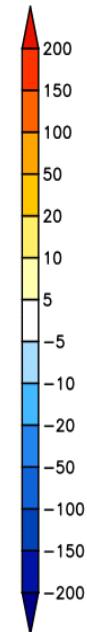
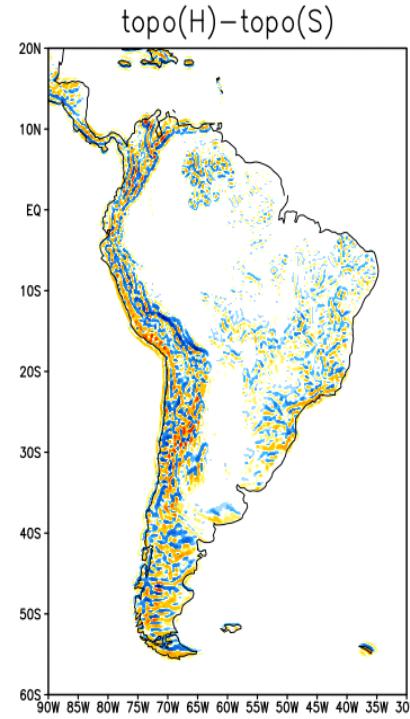
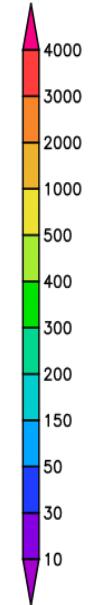
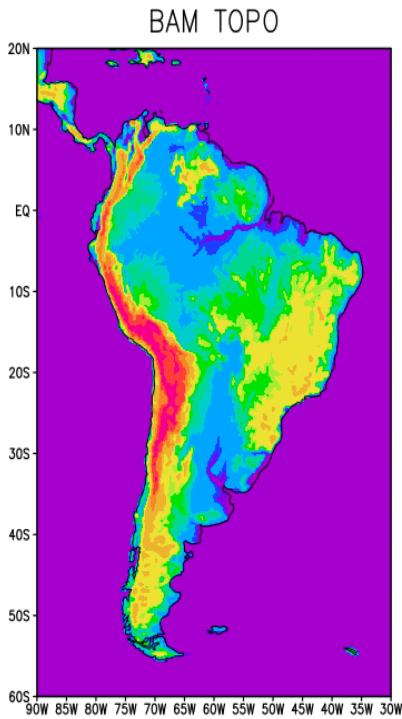


Figura 27 - Distribuição espacial do RMSE de temperatura a 2 metros para janeiro de 2020 (a) Média SAMet e (b-h) RMSE das previsões com o modelo BAM em coordenada Sigma.

5.8.1 Topografia (Influência)na Temperatura a 2 metros???????????



(a)

(b)

Figura 28 - Topografia do modelo BAM e a diferença entre a topografia do modelo BAM Híbrido e Sigma

5.8 Avaliação de Campos Espaciais do modelo BAM T666L64 Sigma e híbrido

5.8.2 Geopotencial

Brazilian Atmospheric Model

Geopotencial

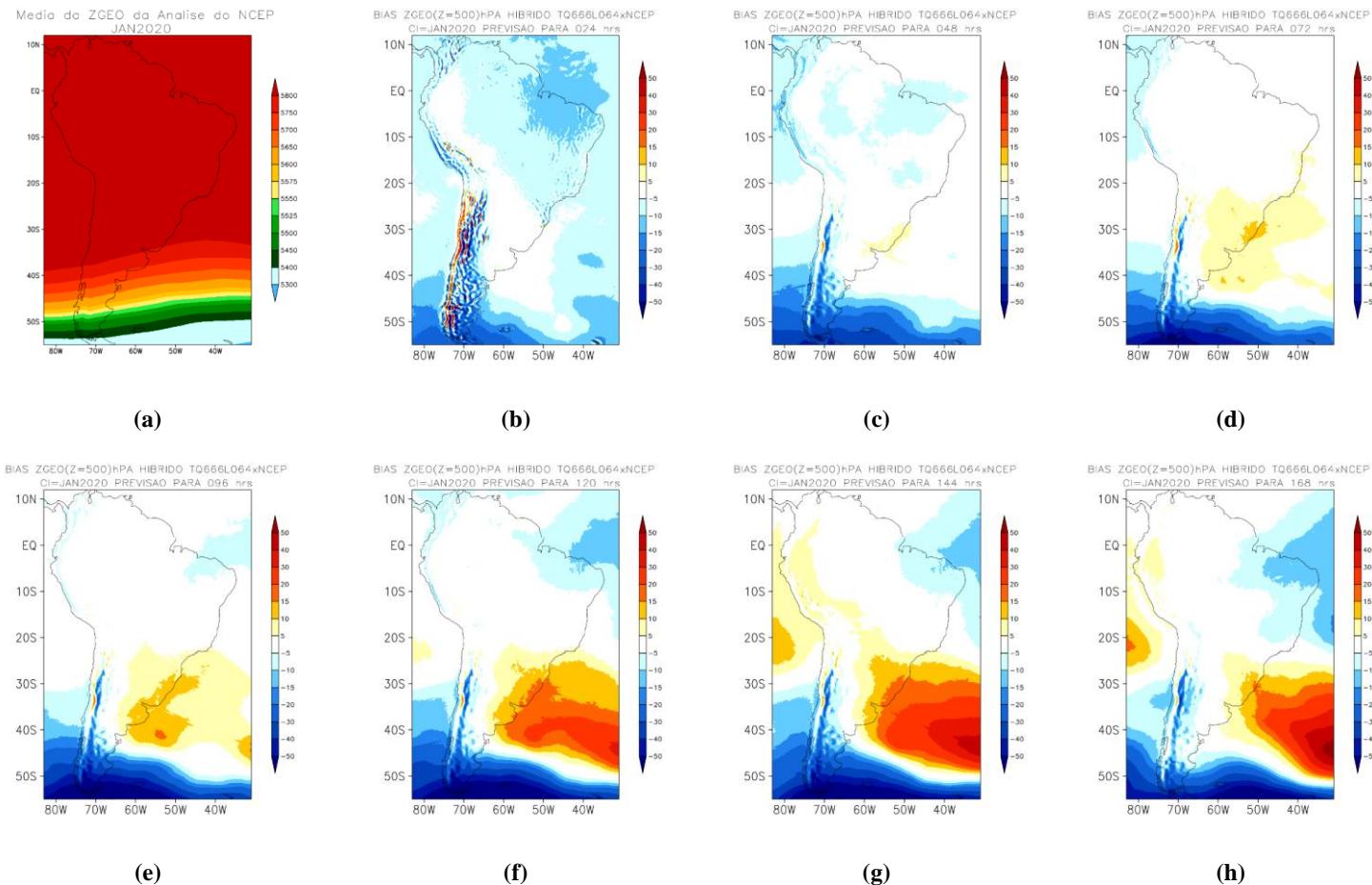
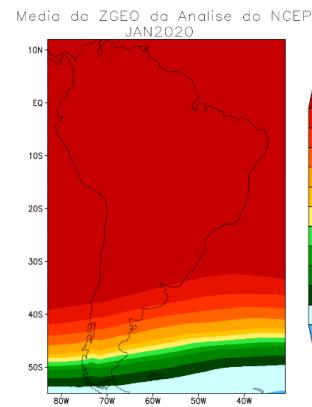


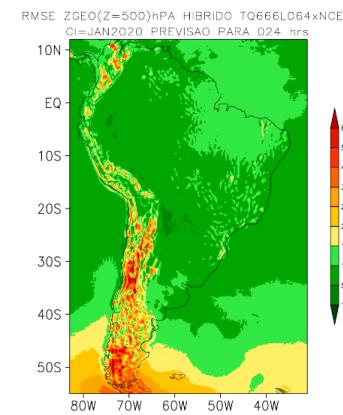
Figura 29- Distribuição espacial do Bias de geopotencial em 500hPa para janeiro de 2020 (a) Média SAMet e (b-h) bias das previsões com o modelo BAM em coordenada híbrida.

Brazilian Atmospheric Model

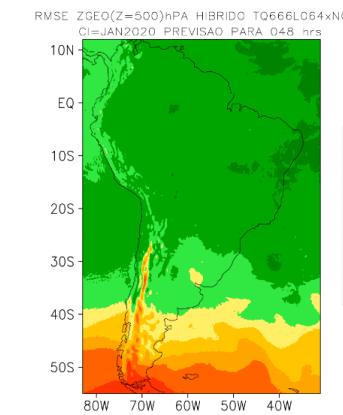
Geopotencial



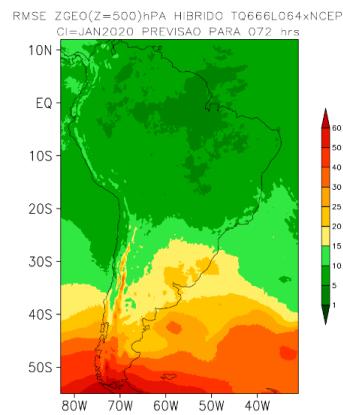
(a)



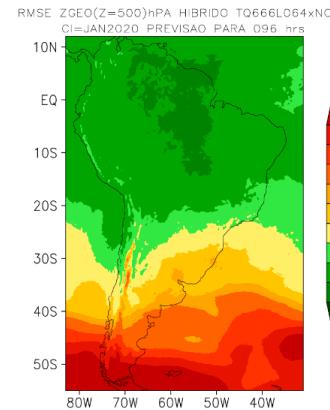
(b)



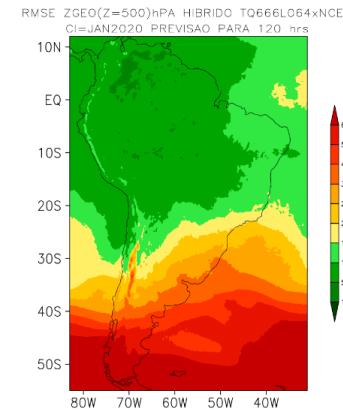
(c)



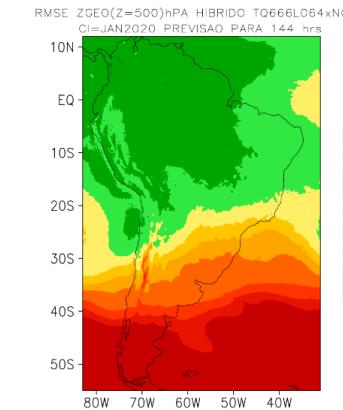
(d)



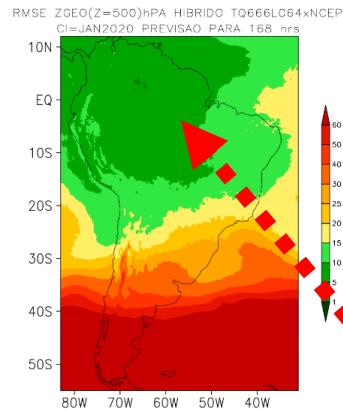
(e)



(f)



(g)



(h)

Figura 30 - Distribuição espacial do RMSE de geopotencial em 500hPa para janeiro de 2020 (a) Média SAMet e (b-h) RMSE das previsões com o modelo BAM em coordenada híbrida.

Brazilian Atmospheric Model

Geopotencial

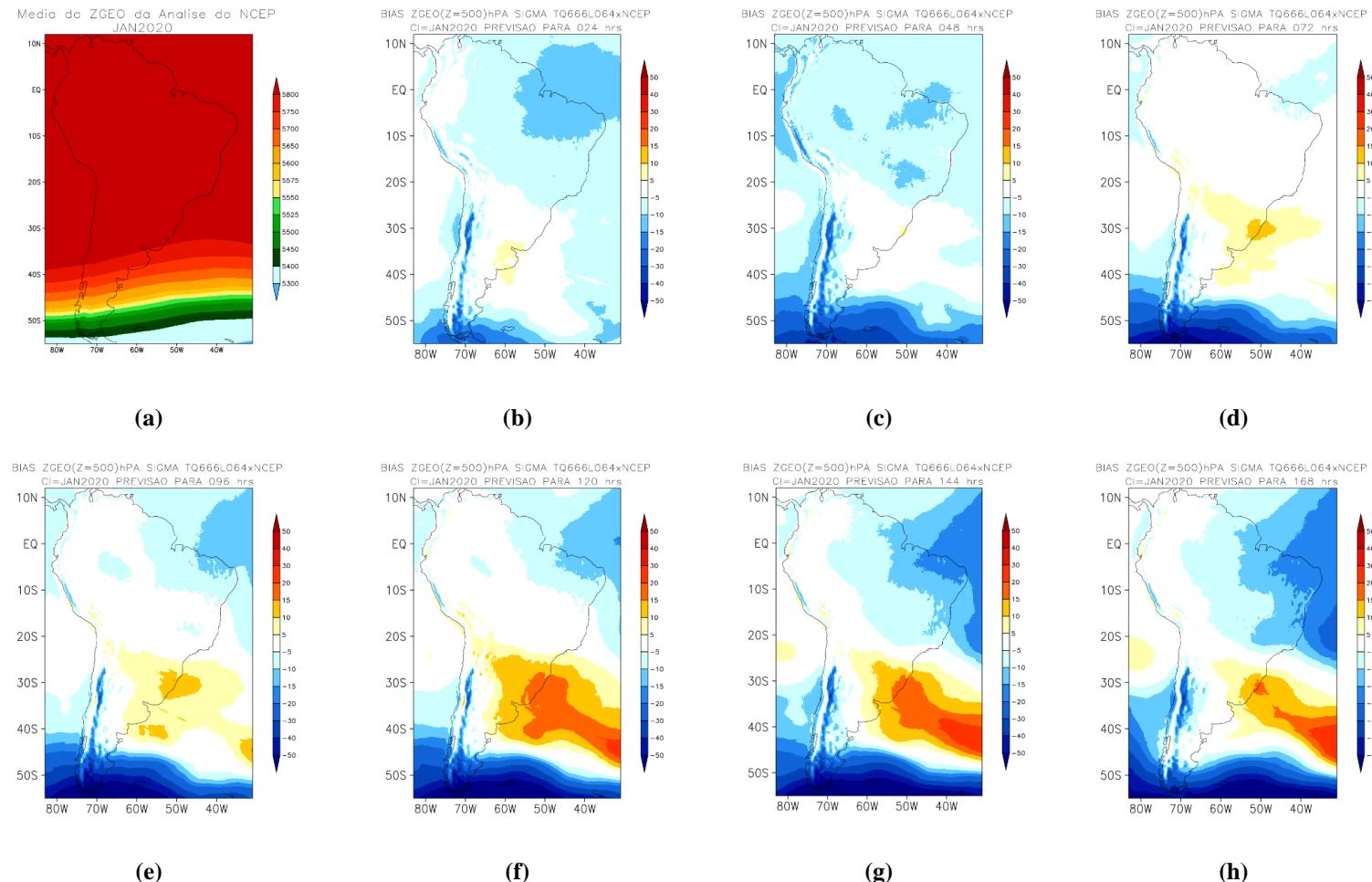


Figura 31 - Distribuição espacial do Bias de geopotencial em 500hPa para janeiro de 2020 (a) Média SAMet e (b-h) bias das previsões com o modelo BAM em coordenada Sigma.

Brazilian Atmospheric Model

Geopotencial

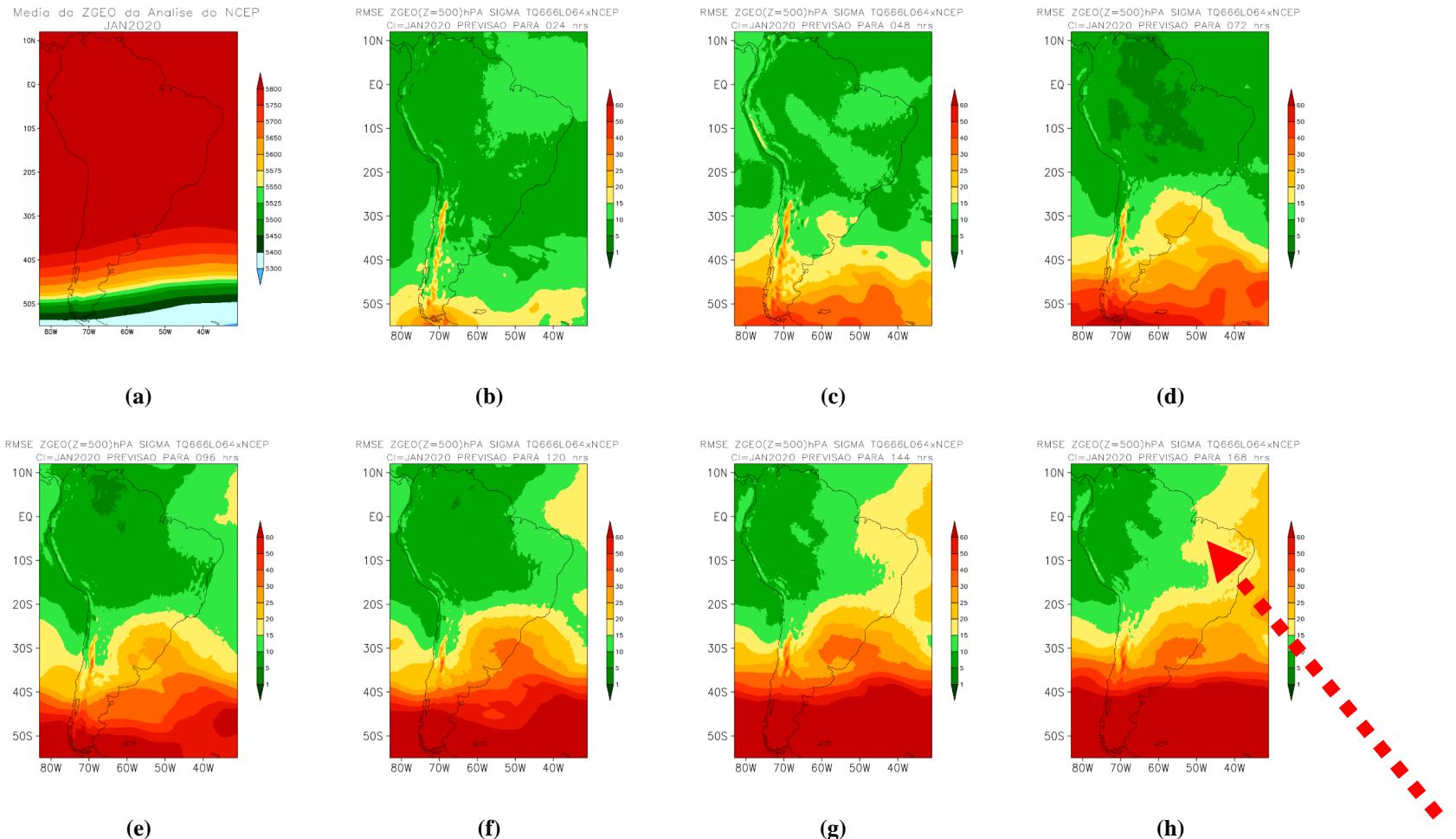


Figura 32 - Distribuição espacial do RMSE de geopotencial em 500hPa para janeiro de 2020 (a) Media SAMet e (b-h) RMSE das previsões com o modelo BAM em coordenada Sigma.

5.8 Avaliação de Campos Espaciais do modelo BAM T666L64 Sigma e híbrido

5.8.2 Geopotencial

Brazilian Atmospheric Model

5.8.3 Água Precipitável

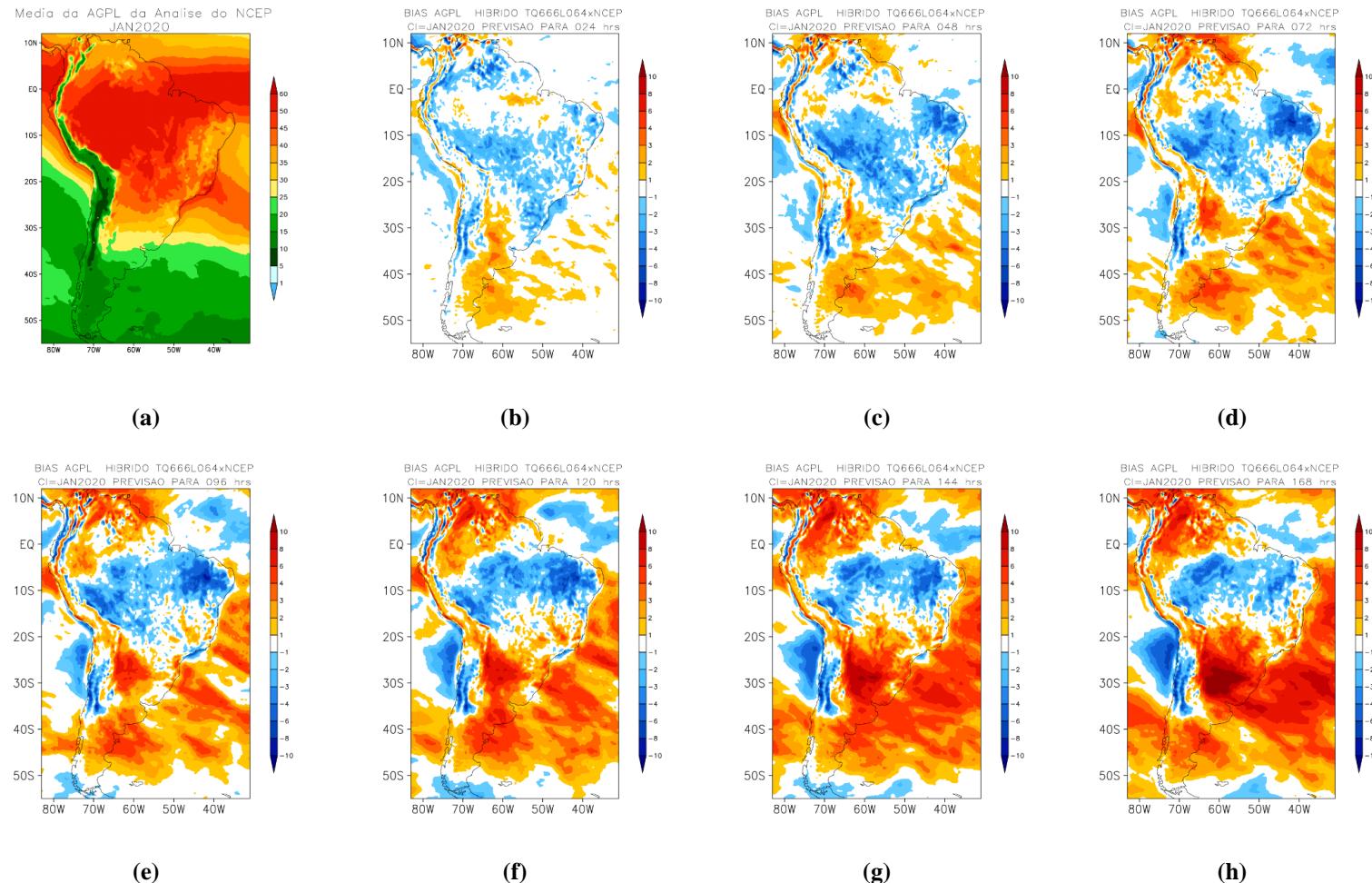


Figura 33 - Distribuição espacial do Bias de água precipitável para janeiro de 2020 (a) Média SAMet e (b-h) bias das previsões com o modelo BAM em coordenada híbrida.

Brazilian Atmospheric Model

5.8.3 Água Precipitável

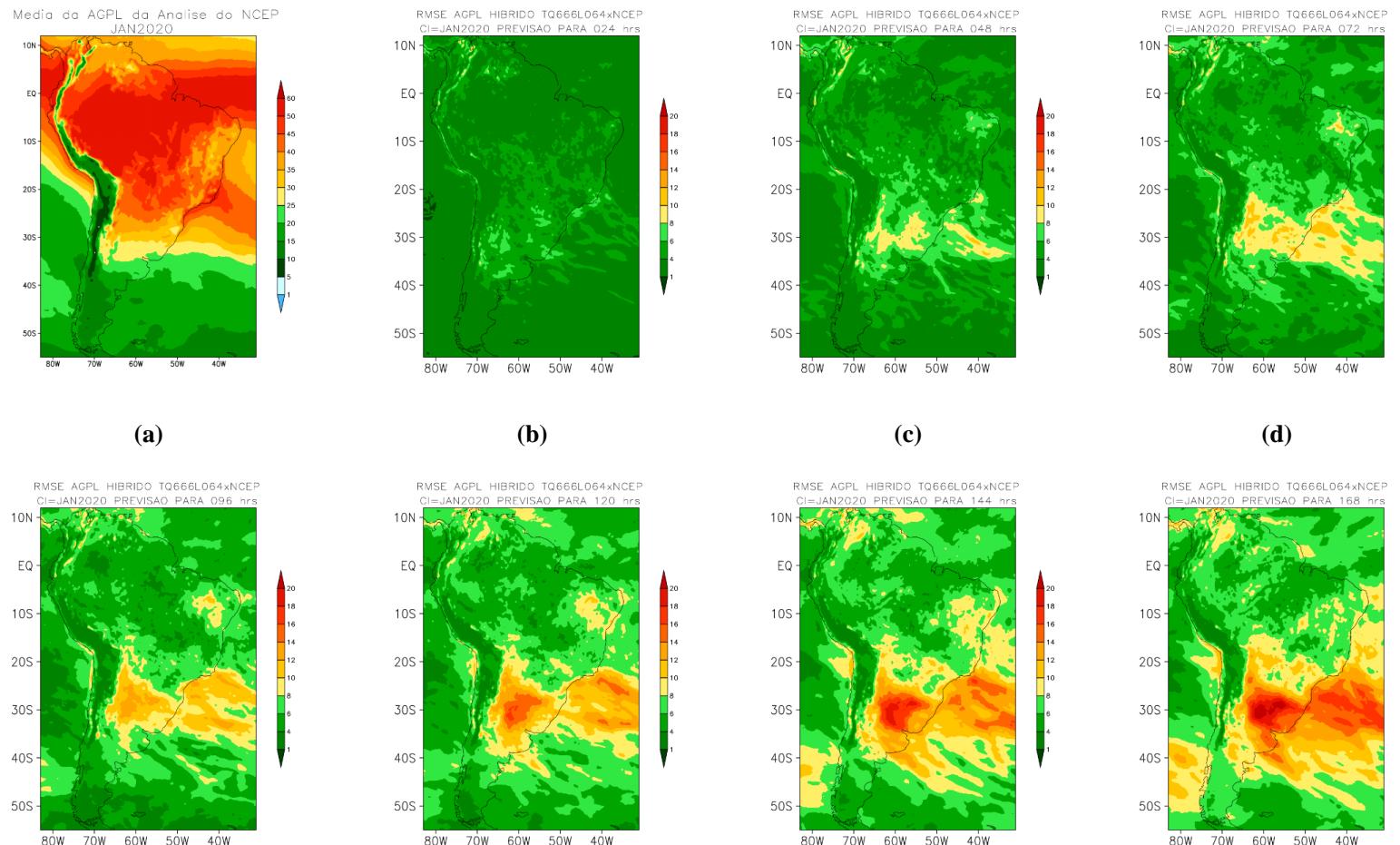


Figura 34 - Distribuição espacial do RMSE de ^(e)água precipitável para janeiro de 2020 ^(f-h) Média SAMet e ^(b-h) RMSE das previsões com o modelo BAM em coordenada híbrida.

Brazilian Atmospheric Model

5.8.3 Água Precipitável

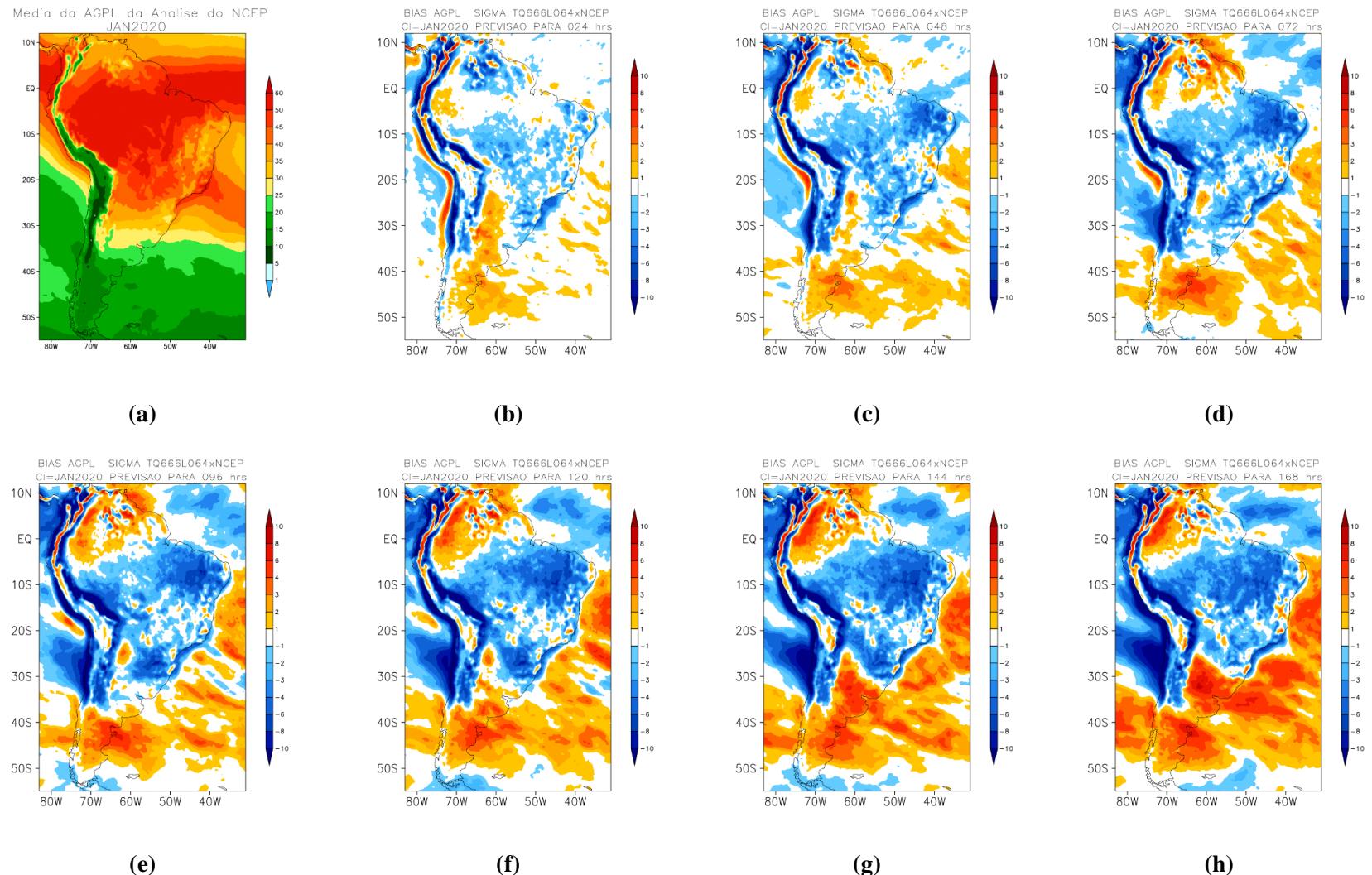


Figura 35 - Distribuição espacial do Bias de água precipitável para janeiro de 2020 (a) Média SAMet e (b-h) bias das previsões com o modelo BAM em coordenada Sigma.

Brazilian Atmospheric Model

5.8.3 Água Precipitável

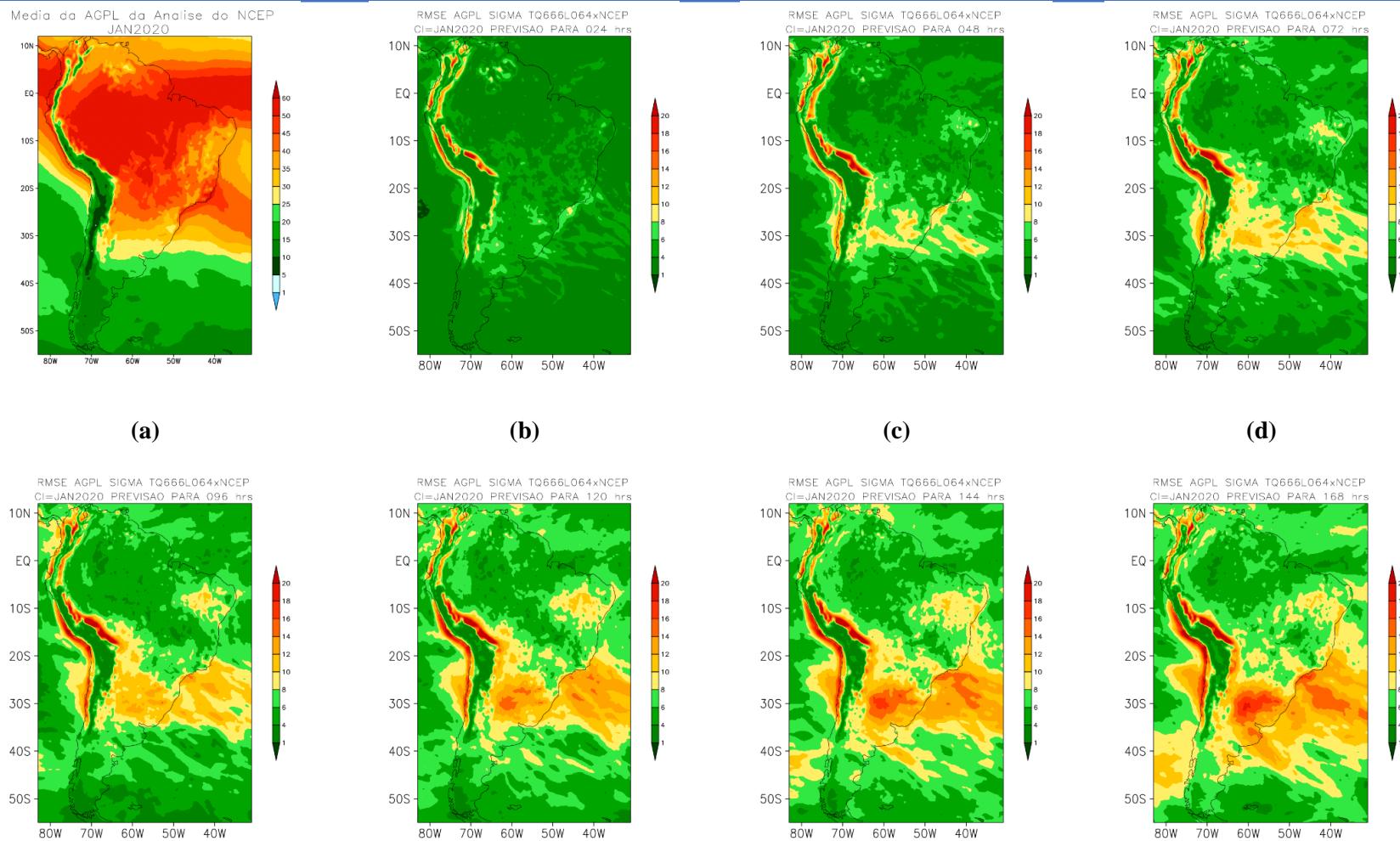


Figura 36 - Distribuição espacial do RMSE de água precipitável para janeiro de 2020 (a) Média SAMet e (b-h) RMSE das previsões com o modelo BAM em coordenada Sigma.

Sexta etapa

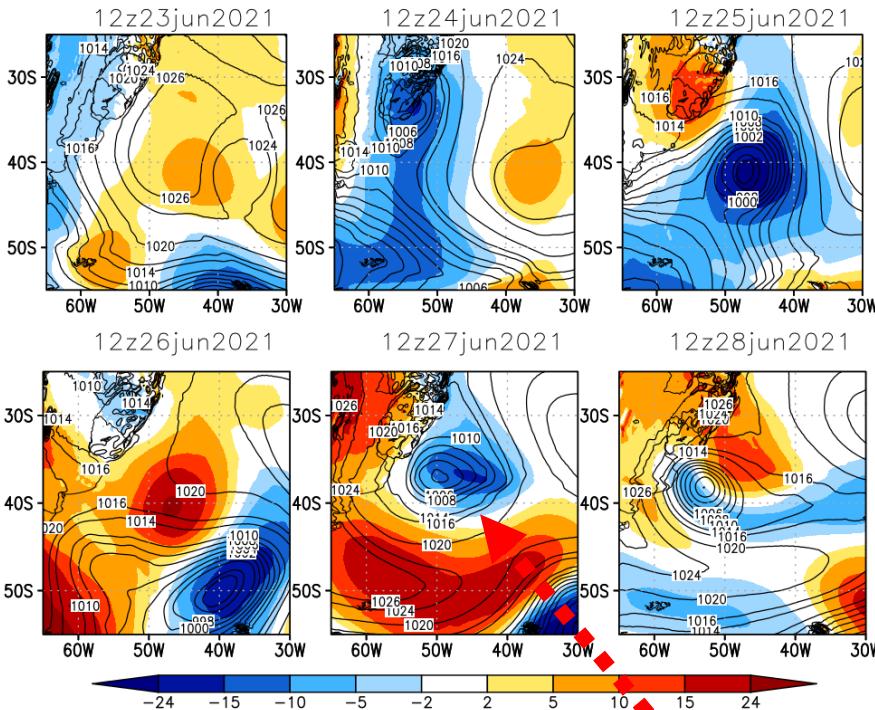
avaliação a intensidade e o posicionamento de casos de Ciclones Extratropicais simulados pelo modelo BAM.

5.9 Estudo de caso Ciclone Bomba

Brazilian Atmospheric Model

5.9 Estudo de caso Ciclone Bomba

(a) híbrido



(b)sigma.

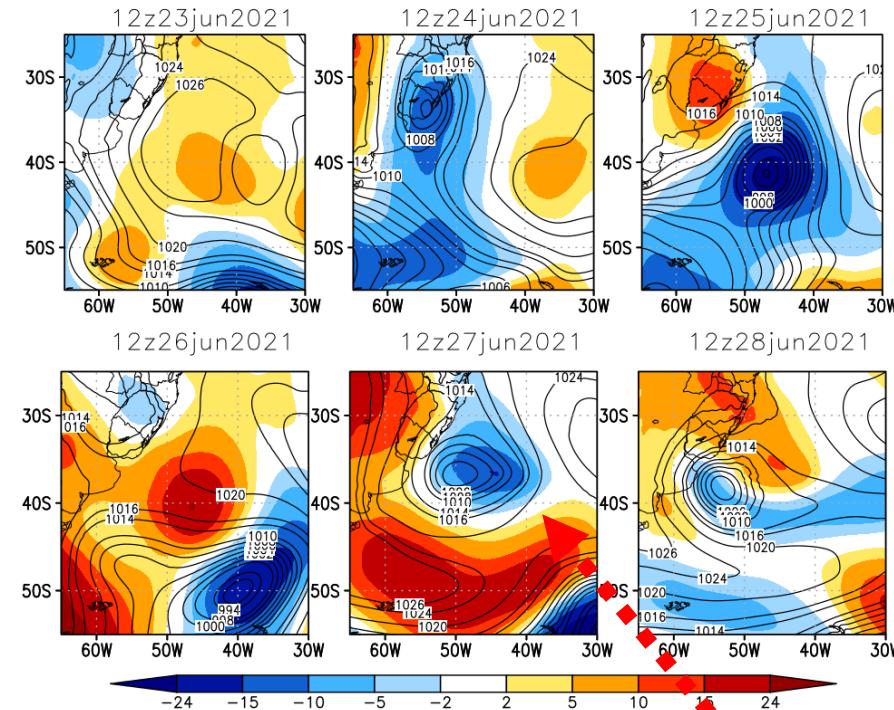
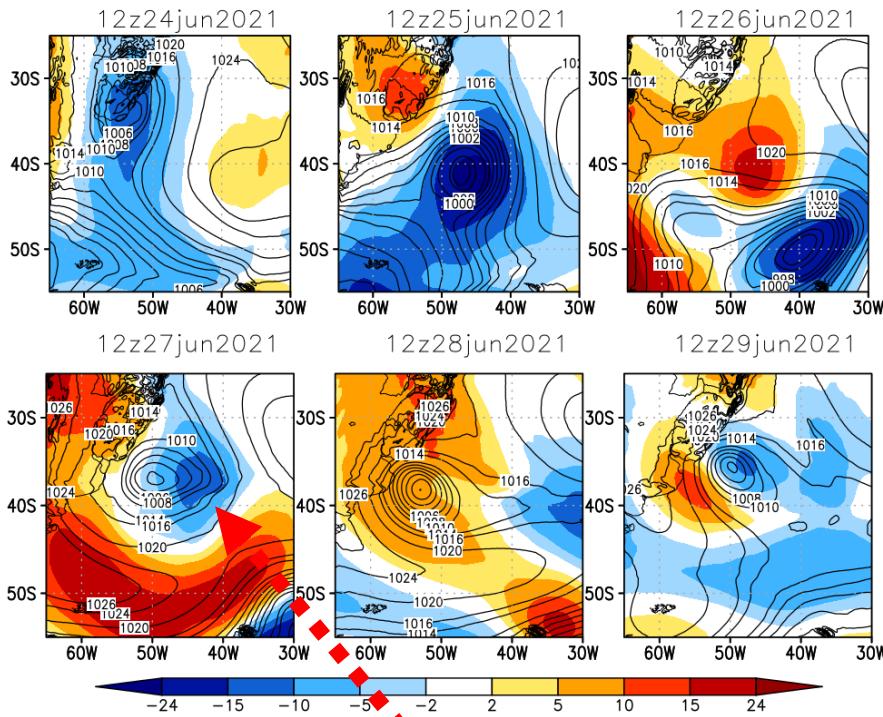


Figura 37 - Sombreado queda de pressão em 24 horas e contorno são isóbaras dos dados de análise referente ao ciclone bomba. Os campos são previsões de 24 horas (a) híbrido (b)sigma.

Brazilian Atmospheric Model

5.9 Estudo de caso Ciclone Bomba (a) híbrido



(b)sigma.

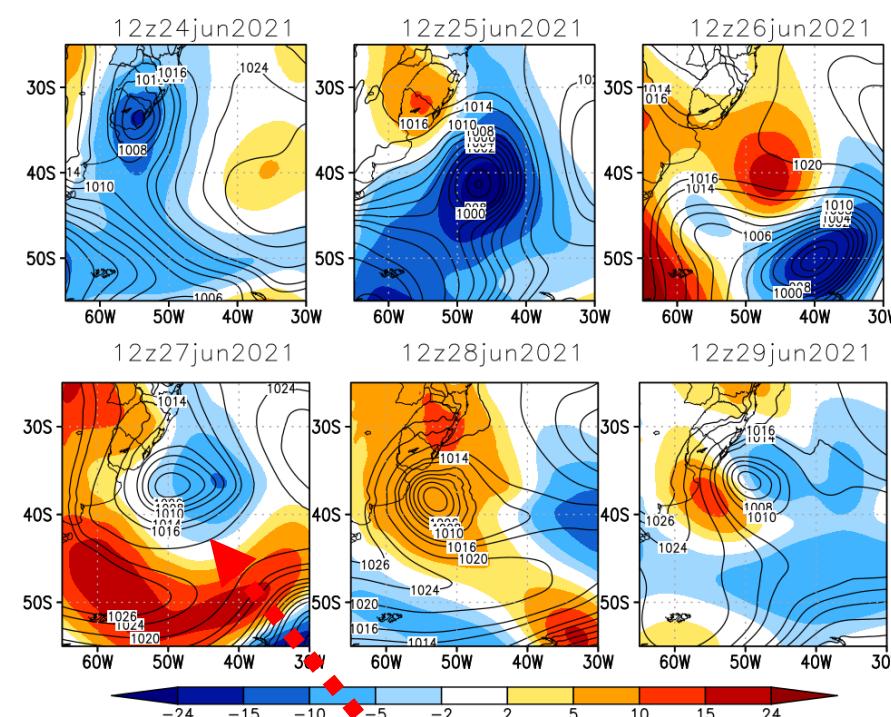
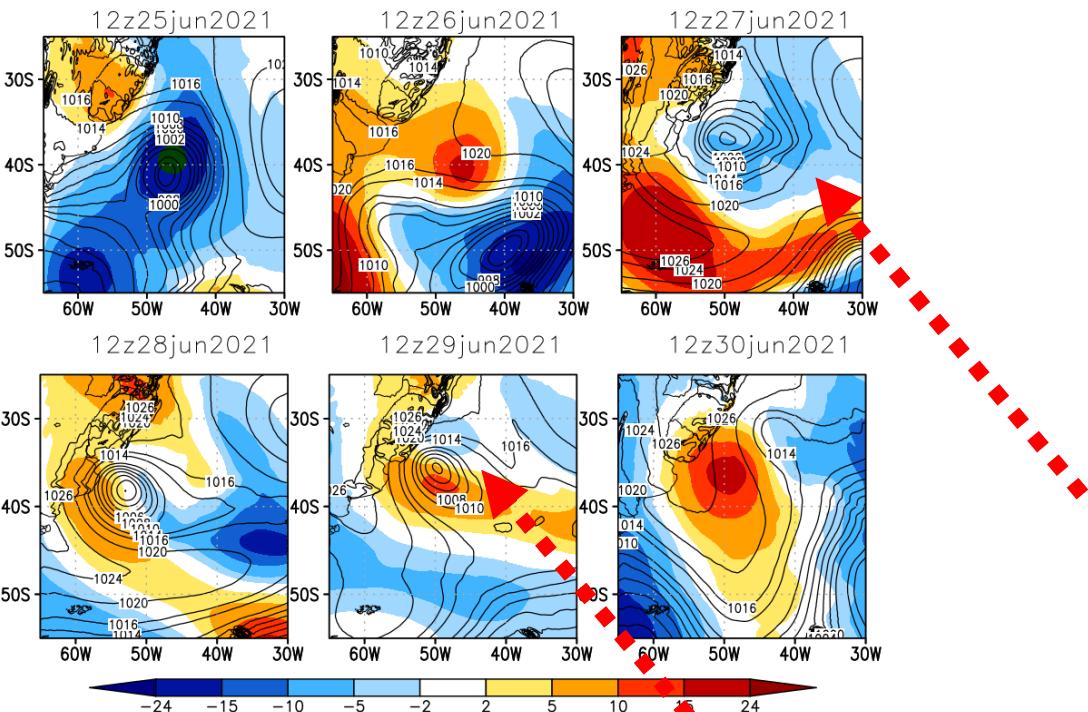


Figura 38 - Sombreado queda de pressão em 24 horas e contorno são isóbaras dos dados de análise referente ao ciclone bomba. Os campos são previsões de 48 horas (a) híbrido (b)sigma.

Brazilian Atmospheric Model

5.9 Estudo de caso Ciclone Bomba (a) híbrido



(b)sigma.

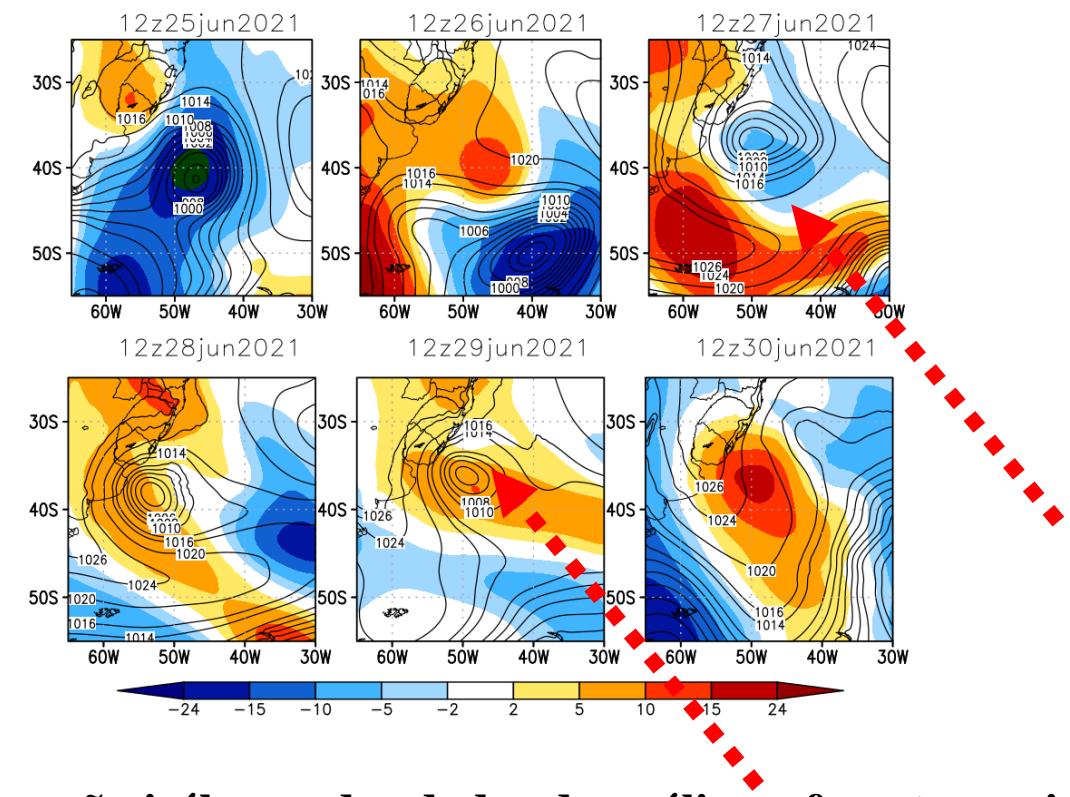


Figura 39 - Sombreado queda de pressão em 24 horas e contorno são isóbaras dos dados de análise referente ao ciclone bamba. Os campos são previsões de 72 horas (a) híbrido (b)sigma.

6. Conclusão

Através das análises dos resultados, pode-se concluir que o modelo BAM em coordenada híbrida atende as condições necessárias e suficientes para entrar em operação no INPE, substituindo a versão atual em coordenada sigma.