

**Análise do desempenho do Modelo de Circulação Geral da Atmosfera do
CPTEC/INPE na simulação de fenômenos extremos de precipitação no centro-sul do
Brasil**

RELATÓRIO FINAL DO PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)

Henrique Cortez da Silva (UNISAL Lorena, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: henriquehcs_@outlook.com

Ariane Frassoni dos Santos de Mattos (INPE, Orientadora)
E-mail: ariane.frassoni@cptec.inpe.br

Junho de 2016

FOLHA DE APROVAÇÃO

AGRADECIMENTO

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo auxílio financeiro com a bolsa de Iniciação Científica.

Ao centro de previsão de tempo e estudos climáticos - cptec/inpe pela oportunidade de estudos e utilização de suas instalações.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE pela oportunidade de estudos e utilização de suas instalações

A orientadora Ariane Frassoni dos Santos de Mattos pelo conhecimento passado, e pela orientação e dedicação na realização deste trabalho.

RESUMO

O Modelo de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) representa as características atmosféricas da escala global resultantes da interação entre diversos processos físicos e dinâmicos. O MCGA deve ser capaz de simular os campos atmosféricos como a precipitação, pressão, escoamento do vento, temperatura, geopotencial, entre outros. A previsão de eventos extremos de precipitação é um dos grandes desafios da meteorologia nos dias de hoje. Prever tais fenômenos da natureza é uma tarefa muito difícil. Os eventos de precipitação estão associados a sistemas meteorológicos que produzem uma grande quantidade de precipitação. Isso acontece principalmente nos meses de verão e com muita frequência. Em geral, os sistemas convectivos de mesoescala são a principal razão da ocorrência de inundações sobre determinadas áreas, e uma das consequências mais dramáticas de um evento de chuva intensa são as enchentes. Além disso, a possibilidade de enchente causada por um episódio de chuva intensa depende fortemente do sistema meteorológico responsável pelo evento. O fenômeno ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) foi o principal causador de chuvas intensas na região serrana do Rio de Janeiro em janeiro de 2011 e no Espírito Santo em dezembro de 2013. Com o objetivo de analisar o desempenho do MCGA/CPTEC/INPE em simular casos de chuvas intensas, o presente trabalho teve por objetivo primeiramente analisar os erros sistemáticos do modelo em 15 diferentes simulações de eventos de chuva para o período de 06 a 21 de dezembro de 2014 sobre o globo e sobre a América do Sul, período já disponível no banco de dados do CPTEC/INPE. As variáveis analisadas foram a precipitação total acumulada em 24h e temperatura do ar próximo à superfície. Também foram analisados dados observados de precipitação referentes aos períodos de ocorrência de chuvas intensas sobre Santa Catarina, Rio de Janeiro e Espírito Santo. Observou-se que fortes chuvas ocasionaram grandes prejuízos à população em diferentes períodos e que será necessário analisar futuramente o desempenho do MCGA/CPTEC em simular tais ocorrências.

ABSTRACT

The Model of Atmosphere General Circulation (MCGA) of the Center for Weather Forecasting and Climate Studies of the National Institute for Space Research (CPTEC / INPE) is the atmospheric characteristics of the global result of the interaction between various physical and dynamic processes. The MCGA must be able to simulate the atmospheric fields such as precipitation, pressure, wind flow, temperature, geopotential, among others. The forecast of extreme precipitation events is one of the great challenges of the weather today. Predict such phenomena of nature is a very difficult task. precipitation events are associated with weather systems that produce a lot of rainfall. This is especially true in the summer months and often. In general, the mesoscale convective systems are the main reason of the occurrence of flooding of certain areas, and one of the most dramatic consequences of an intense rain event are the floods. Furthermore, the possibility of flooding caused by one episode of heavy rain weather system depends strongly on the charge of the event, for example, heavy rains which caused damage which occurred in three states. The SACZ phenomenon (South Atlantic Convergence Zone) was the main cause of heavy rains in the mountainous region of Rio de Janeiro and Espirito Santo. In order to analyze the performance of MCGA / CPTEC / INPE to simulate cases of heavy rainfall, the present study aimed to first analyze the model systematic errors in 15 different rain events simulations for the period 06-21 of December 2014 over the globe and on South America period already available in the database of the CPTEC / INPE. The variables analyzed were total cumulative rainfall in 24 hours and air temperature near the surface. The results showed that there is dispersion between the simulations and the results should be investigated in order to identify systematic errors MCGA / CPTEC / INPE.

LISTA DE FIGURAS

Pag.

Figura 1- Média da precipitação GPCP, simulações do MCGA/CPTEC, membro controle e média dos membros incluindo controle	3
Figura 2- Média da precipitação GPCP, simulações do MCGA/CPTEC membro controle e média dos membros sem o controle	4
Figura 3- Gráfico de precipitação em três prazos de previsão diferentes 24h , 48h e 72h para todos os membros do MCGA/CPTEC	5
Figura 4- Média de precipitação em Santa Catarina em novembro de 2008	7
Figura 5- Média de precipitação no Rio de Janeiro em janeiro de 2011	7
Figura 6- Média de precipitação no Espírito Santo em dezembro de 2013	8
Figura 7- Precipitação acumulada no Brasil em novembro de 2008	8
Figura 8- Precipitação acumulada no Brasil em janeiro de 2011	9
Figura 9- Precipitação acumulada no Brasil em dezembro 2013	9

Índice

1.Introdução.....	01
1.1 Santa Catarina no Vale do Itajaí em 2008	01
1.2 Região serrana do Rio de Janeiro em janeiro de 2011	01,02
1.3 Espírito Santo em dezembro de 2013	02
2.Resultados	02,03
3.Considerações finais.....	10
4.Referencias bibliográficas.....	10

1.Introdução

A precipitação é uma das variáveis mais importantes quando se trata de tempo e clima. A precipitação é uma parte importante do ciclo hidrológico, sendo responsável por retornar a maior parte da água doce ao planeta. Conhecer a variabilidade espacial e temporal da distribuição da precipitação é fundamental para diversos setores da sociedade, como agricultura, pecuária, a geração de energia e controles de inundações.

No entanto esta tarefa não é muito fácil, em razão de não haver uma estimativa de precipitação disponível que cubra suficientemente todo o globo. O conhecimento da precipitação sobre uma região também é importante para a previsão de tempo e simulações climáticas com modelos numéricos de circulação geral.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os dados de precipitação disponíveis no banco de dados do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), buscando identificar possíveis erros sistemáticos no modelo de Circulação Geral da Atmosfera do CPTEC (MCGA/CPTEC), com o intuito de fornecer subsídios para os modeladores solucionarem possíveis problemas com as parametrizações de precipitação. Em virtude de problemas de capacidade computacional, optou-se por utilizar um período de dados já disponível em disco. A falta de recurso computacional, resultando na dificuldade de acesso ao supercomputador, dificultou a realização dos experimentos propostos. Optou-se pela análise de diferentes simulações do MCGA/CPTEC a partir do sistema de conjuntos global, que gera diferentes realizações do mesmo modelo e permite analisar a dispersão entre os membros.

1.1 Santa Catarina no Vale do Itajaí em 2008

As chuvas de novembro de 2008 em Santa Catarina demonstraram, mais uma vez, e de forma surpreendente, a vulnerabilidade da população a eventos extremos. Dia após dia, as chuvas provocaram inundações nos vales e encharcaram o solo das encostas, que deslizaram morro abaixo com consequências trágicas. As fotos ilustram apenas algumas dessas ocorrências. Esses desastres afetaram em torno de 60 cidades e mais de 1,5 milhões de pessoas, com 133 mortes, 22 desaparecidos e mais de 78.000 habitantes forçados a sair de suas casas.

O principal elemento causador dos movimentos de massa e das inundações é a hidrometeorologia, que controla esses eventos diretamente através da precipitação pluviométrica. A cobertura vegetal desempenha papel importantíssimo na diminuição do escoamento imediato das águas pluviais auxiliando o solo na tarefa de absorção pela infiltração lenta e eficiente. Em regiões semelhantes do ponto de vista morfológico (forma, altitude, declividade, etc.), litológico e pedológico as áreas com cobertura vegetal nativa infiltram até 40% e deixam escoar imediatamente até 20% das águas pluviais, enquanto as áreas cobertas por pastagens deixam escoar até 40% e infiltram até 20% das águas das precipitações atmosféricas.

1.2 Região serrana do Rio de Janeiro em janeiro de 2011

A cidade do Rio de Janeiro desenvolveu-se ao redor do Maciço da Tijuca, que a divide em “Zona Norte” e “Zona Sul”. O relevo acidentado e diversificado da cidade, como os dois maciços, Gericinó-Mendanha ao norte e da Pedra Branca a oeste, contribui para a grande variabilidade espacial da precipitação em sua área territorial de 1.224,56 km², 70,7% é urbanizada. Nos pontos mais elevados da região serrana, limite entre a Baixada Fluminense e a Serra Fluminense, observa-se o clima tropical de altitude, com

verões um pouco quentes e chuvosos e invernos frios e secos e temperatura média anual de 16°C.

O Caso Região Serrana dentre os três casos estudados neste trabalho foi o que mais abalou, em todos os sentidos, não só todo o Estado do Rio de Janeiro, mas também a Região Sudeste, o Brasil e o mundo. Segundo texto denominado Síntese Mensal, encontrado no sítio do CPTEC/INPE, a situação mais crítica associada à ZCAS ocorreu no Estado do Rio de Janeiro, principalmente na região serrana, que no dia 12 de janeiro de 2011, sofreu a maior tragédia natural já observada no país. Choveu forte durante várias horas seguidas, acumulando mais de 180 mm em Nova Friburgo (INMET). O grande volume de chuva, a saturação do solo e a vulnerabilidade da região provocaram transbordamento de rios e córregos e deslizamentos de encostas, causando a morte de mais de 800 pessoas. As áreas mais atingidas foram as regiões de Nova Friburgo, Teresópolis e Petrópolis.

1.3 Espírito Santo em dezembro de 2013

O fenômeno da Zona de Convergência do Atlântico Sul já provocou prejuízos ao estado em outros períodos mas nunca com tal efeito simultâneo em todos os municípios do estado, num total de 57 (dos 72 municípios que compõem o estado), como o ocorrido no período de 12 a 25 de dezembro de 2013.

O fenômeno deixou vários prejuízos econômicos, sociais, danos materiais, danos ambientais, danos humanos, vários desalojados, desabrigados, feridos e mortes, deslizamentos, escorregamentos, inundações, cidades isoladas, falta de água, luz e telefone fixo e móvel. Pontes e estradas desapareceram assim como bairros inteiros ficaram submersos por vários dias até após o término das chuvas, principalmente nos municípios de Vila Velha e Linhares. Também Minas Gerais sofreu com as chuvas intensas na região Sudeste.

De acordo com a Síntese Sinótica do mês de dezembro de 2013 do CPTEC (2014b) observou-se chuva acima da média principalmente sobre parte do sudeste e Nordeste do país. Chuva abaixo da média observou-se sobre grande parte da região Sul e Norte do país. Sobre o leste de MG e o centro-oeste do ES registraram-se anomalias de chuvas superiores a 300 mm.

Estas anomalias foram mais significativas durante a segunda quinzena do mês de dezembro provocando impactos na população. No ES foram mais de 60 mil pessoas desabrigadas, sendo que 24 morreram vítimas de enchentes e deslizamentos de terra. Em MG o total de vítimas fatais chegou a 21. As chuvas extremas e anômalas registradas no leste de MG e no centro-oeste do ES ocorreram no período entre o dia 12 e 25 de dezembro de 2013. Estas chuvas estiveram associadas com um bloqueio atmosférico. O sistema de Alerta de Cheias do rio Doce divulgou boletim no dia 24 alertando sobre a cota 783 cm acima do nível de inundação e neste dia, às 15 horas, ele atingiu 922 cm. As enchentes de dezembro de 2013 foram desde 1979 consideradas as piores para os municípios de Rio Bananal e Barra de São Francisco. No ES o acumulado mensal de dezembro foi de 619,9 mm em Linhares, 714,0 mm em Vitória (sendo 507,6 mm entre os dias 19 e 24) e 839,1 mm em Santa Teresa (com acumulado diário de 205,4 mm em 21 de dezembro de 2013 e 117,8 no dia 24). Em 24 de dezembro o nível do rio Doce atingiu 910 cm, cota acima do nível de inundação que é de 520 cm.

2. Resultados

A seguir serão apresentados os resultados alcançados durante a realização do projeto.

Foi analisado os 15 membros de simulação do MCGA/CPTEC para o período de novembro de 2014 a março de 2015. Comparando os dois mapas (Fig- 1 e Fig-2) eles não apresentam muita diferença, um mapa foi rodado sem controle e o outro com controle que seria algumas regiões com perturbações e a outra sem perturbações, as diferenças notadas são mínimas.

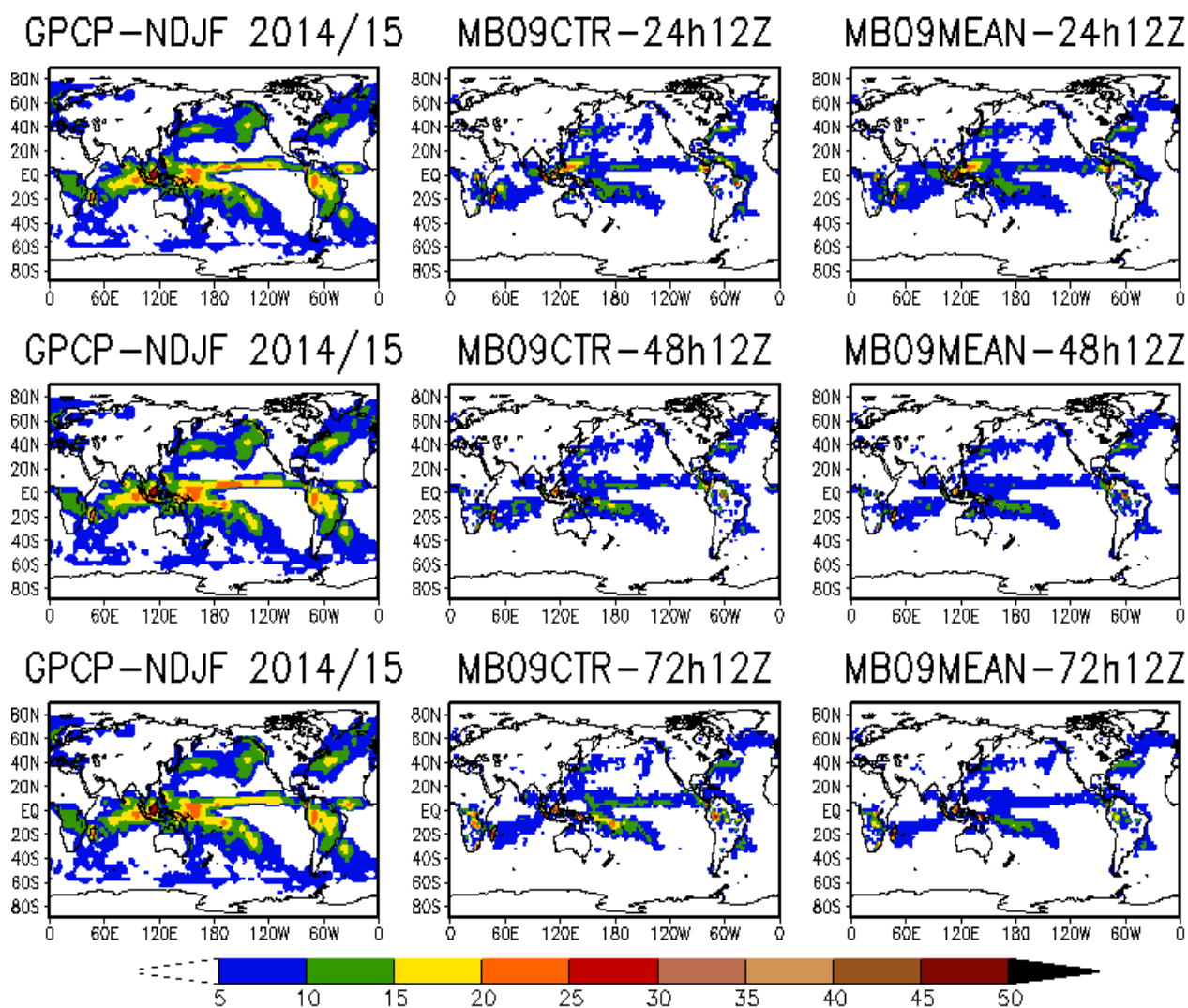


Figura-1: Média da precipitação GPCP, simulações do MCGA/CPTEC, membro controle e média dos membros incluindo controle.

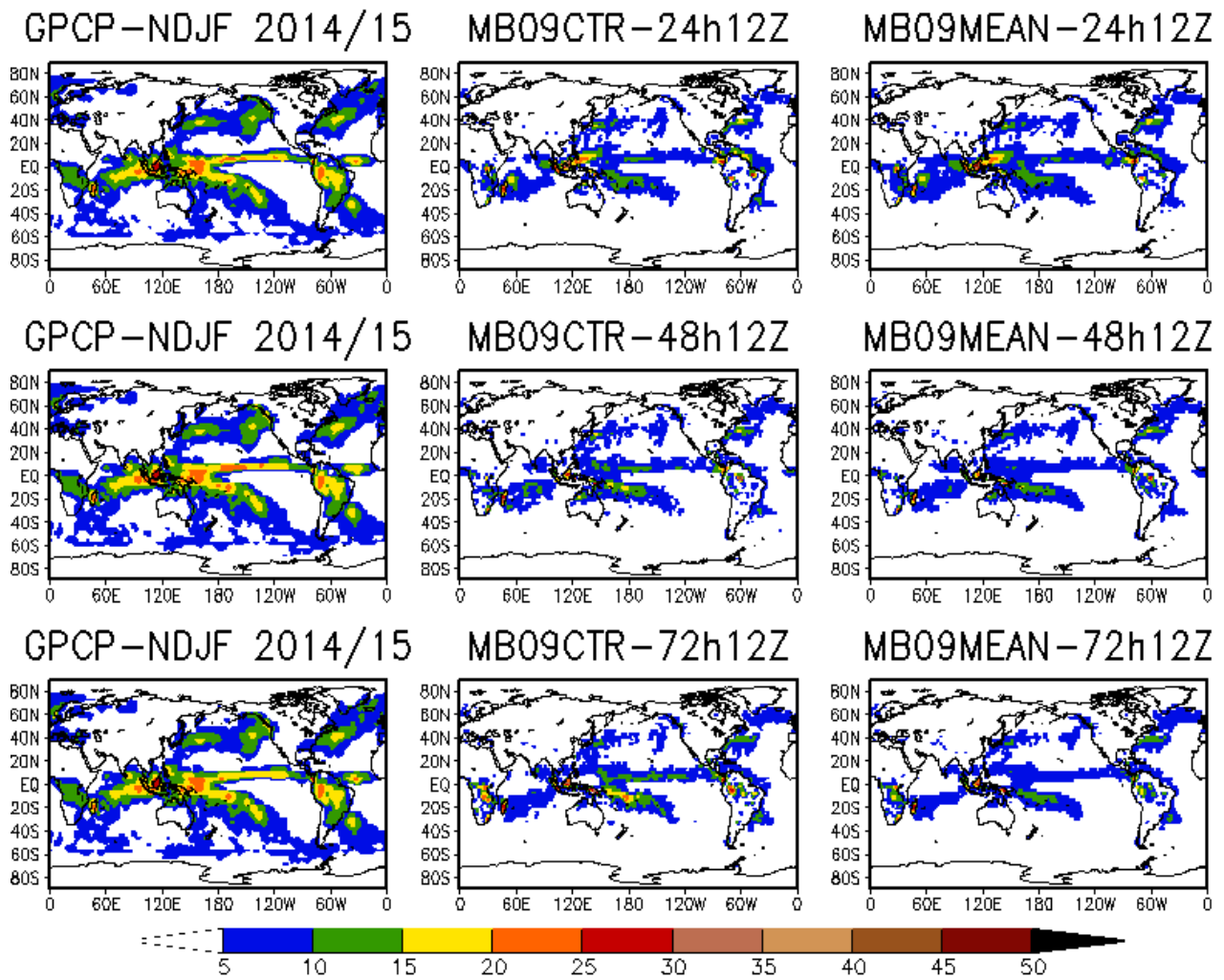


Figura-2: Média da precipitação GPCP, simulações do MCGA/CPTEC membro controle e média dos membros sem o controle.

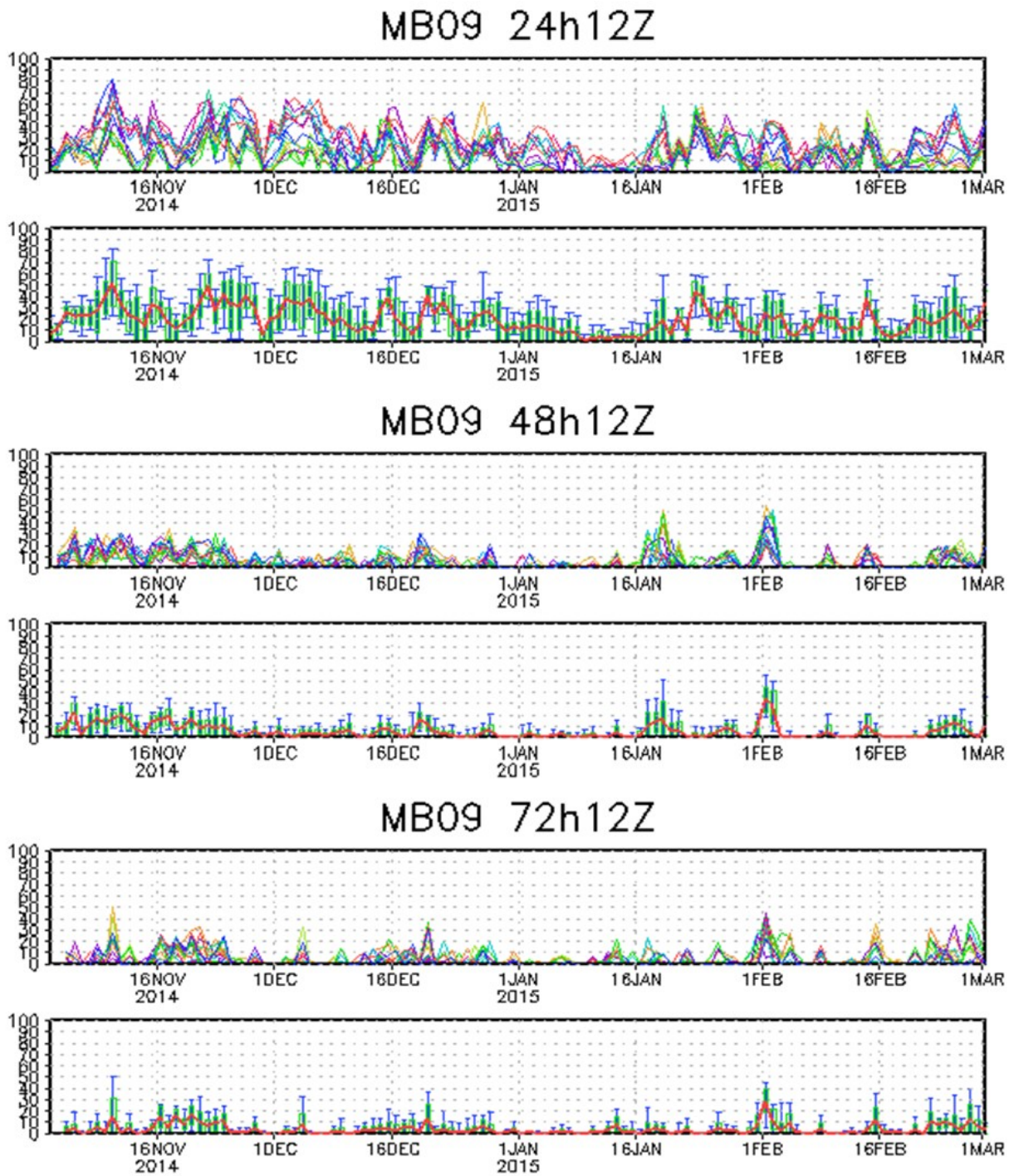


Figura-3: Gráfico de precipitação em três prazos de previsão diferentes 24h , 48h e 72h para todos os membros do MCGA/CPTEC.

A Figura 3 mostra os dados obtidos em três prazos de previsão diferentes, 24h, 48h e 72h. Os dados observados em 24h tiveram uma precipitação muito alta, desde novembro de 2014 até em janeiro de 2015, houve uma diminuição mas a partir do dia 16 de janeiro até março de 2015 ela continuou tendo uma variação. O segundo horário de 48h a precipitação está mais baixa, no mês de novembro ela continua com algumas oscilações com os mesmos valores, diferente dos outros meses, entre dezembro de 2014 até março de 2015 ela continua baixa, exceto os dias 16 de janeiro e 1 de fevereiro, nesses dois dias o gráfico aponta aumento da precipitação, já no terceiro horário ela é a mais baixa dos dois horários de cima tendo pouca precipitação no período todo.

O período de dados utilizados na avaliação observacional foi para avaliar os casos de chuvas intensas que ocorreram no Vale do Itajaí, em Santa Catarina, no período de novembro de 2008, na região serrana do Rio de Janeiro em janeiro de 2011 e no Espírito Santo em dezembro de 2013. Os resultados obtidos com as análises deverão ser comparados com as simulações do MCGA/CPTEC/INPE em um estudo futuro.

Observou-se em grande parte do Brasil muita semelhança entre os dados obtidos em Santa Catarina no Vale do Itajaí, no Rio de Janeiro e no Espírito Santo, entre os três casos houve muitos prejuízos econômicos, sociais, muitas mortes, pessoas feridas, desalojados, desabrigados e entre outros prejuízos. Houve também a ocorrência de intensa precipitação com um grande acúmulo de mm.

O fenômeno ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) foi identificado na composição de imagens de satélite de acordo com o Boletim Climanálise (2013), como uma banda de nebulosidade de orientação Noroeste/Sudeste, estendendo-se desde o sul da região amazônica até o Atlântico Sul. Este foi o principal causador das chuvas na região serrana do Rio de Janeiro e no Espírito Santo. No caso em Santa Catarina, as intensas chuvas foram provenientes de nuvens quentes, o que é relativamente raro na região (Silva Dias, 2008).

Para analisar os fenômenos citados, foi calculada a média da precipitação acumulada em 24h sobre Santa Catarina no mês de novembro de 2008, sobre o Espírito Santo em dezembro de 2013 e sobre o Rio de Janeiro em janeiro de 2011. Também, foi calculada a precipitação acumulada nos referidos meses sobre o Brasil.

Os dados de precipitação utilizados neste trabalho foram obtidos dos registros diários em pontos de grade produzidos pelo CPTEC/INPE. Estes dados são produzidos utilizando a base de dados das estações convencionais e estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e dados dos centros estaduais de meteorologia.

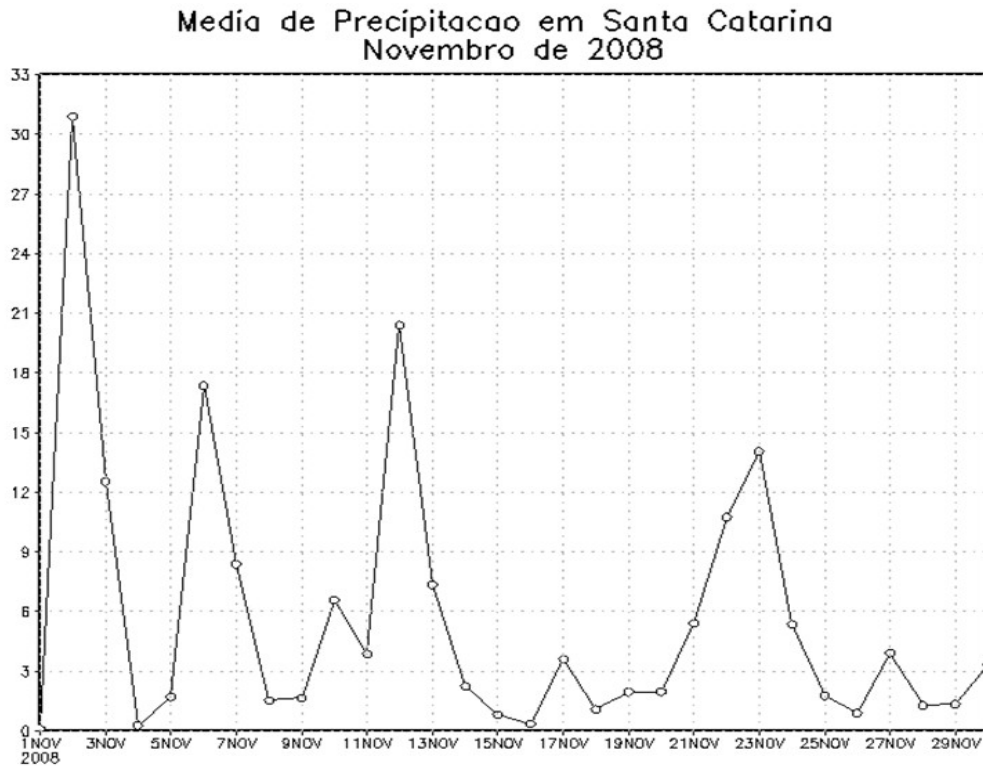


Figura – 4; Média de precipitação em Santa Catarina em novembro de 2008

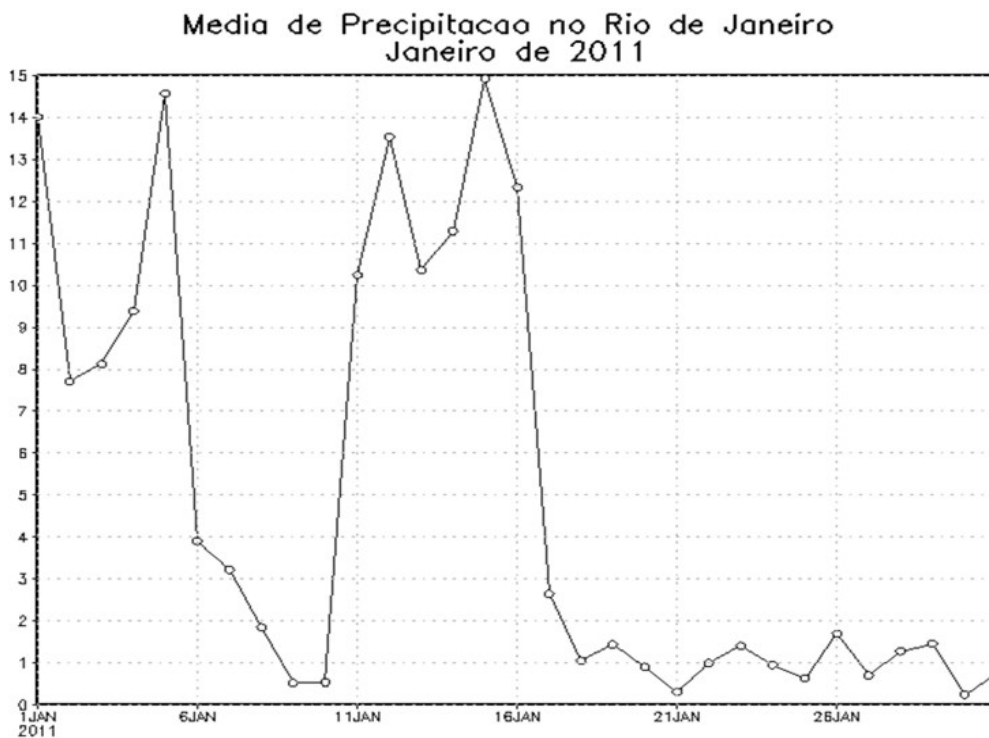


Figura – 5; Média de precipitação no Rio de Janeiro em janeiro de 2011

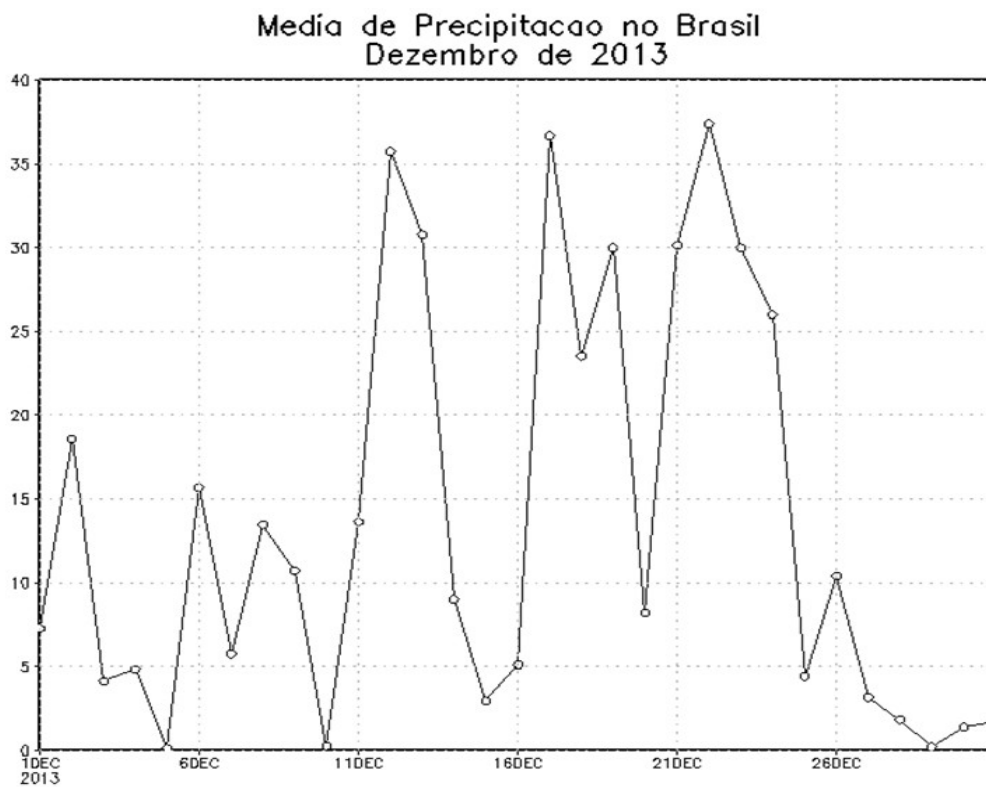


Figura – 6; Média de precipitação no Espírito Santo em dezembro de 2013

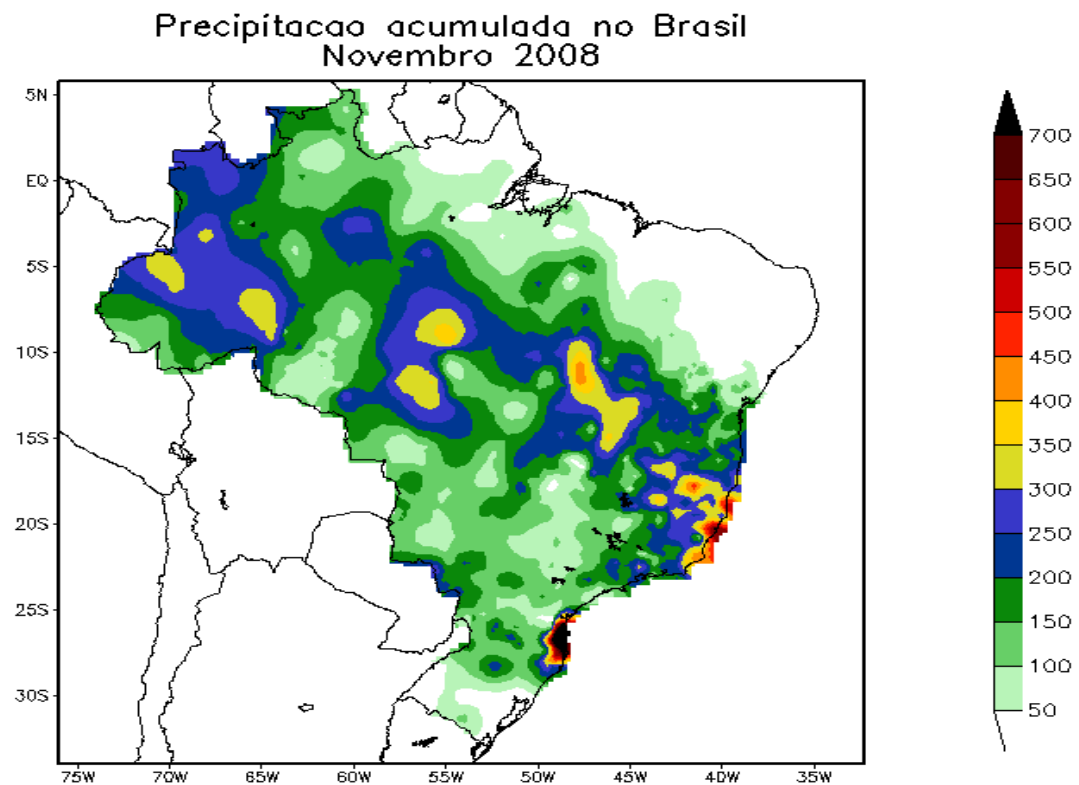


Figura – 7; Precipitação acumulada no Brasil em novembro de 2008

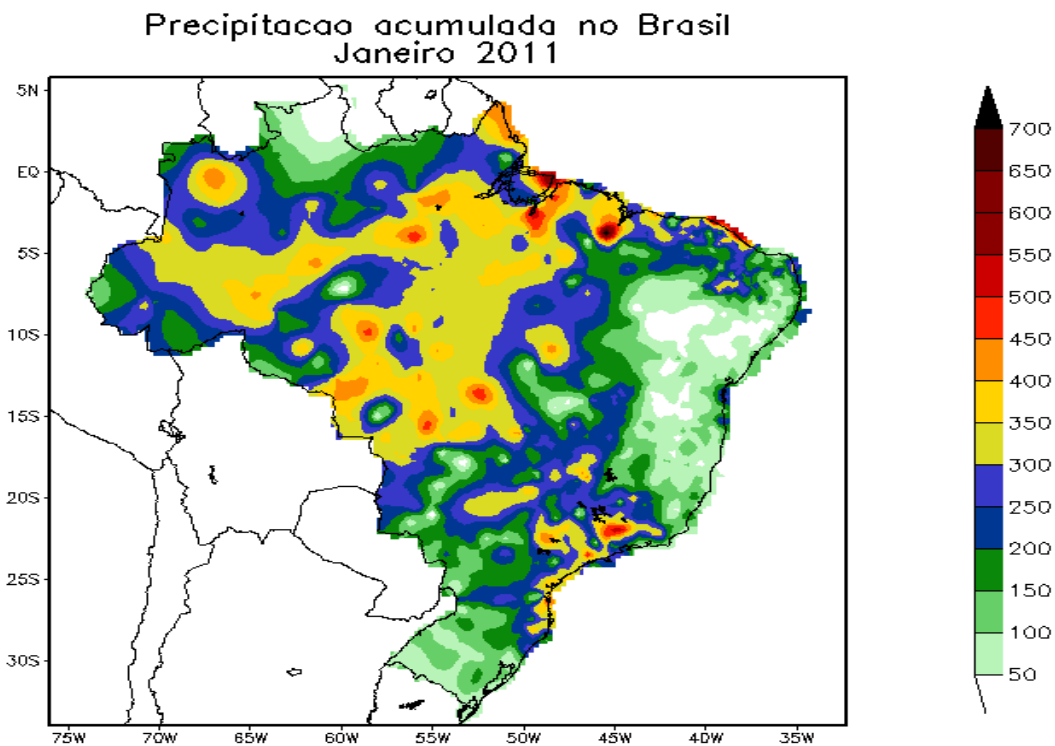


Figura – 8 ; Precipitação acumulada no Rio de Janeiro de 2011

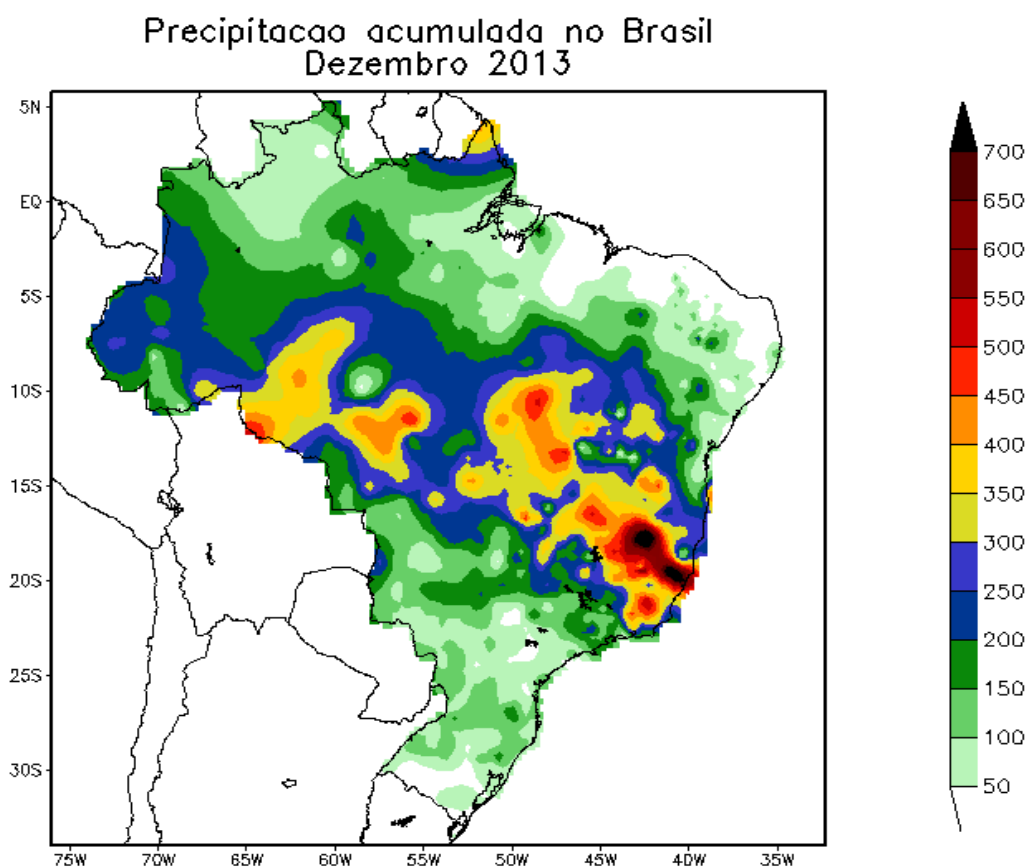


Figura – 9; Precipitação acumulada no Brasil em dezembro 2013

3.Considerações finais

O presente trabalho teve por objetivo primeiramente analisar os erros sistemáticos dos dados passados do CPTEC/INPE. As variáveis analisadas foram a média e a precipitação total acumulada em 24h. Os resultados mostraram que há dispersão entre as simulações e os resultados devem ser melhor investigados, buscando identificar os erros sistemáticos. Os dados de precipitação observados que foram analisados indicam a intensidade dos eventos que ocorreram nas diferentes regiões e em distintos períodos. Será necessário futuramente analisar o desempenho do MCGA/CPTEC na simulação de tais casos a fim de verificar se o sistema é capaz de representar satisfatoriamente bem os casos estudados.

4.Referências Bibliográficas

<https://br.answers.yahoo.com/question/index?qid=20091129141919AAN2ghH>

https://pt.wikipedia.org/wiki/Zona_de_converg%C3%A2ncia_do_Atl%C3%A2ntico_sul

<http://www.inmet.gov.br/portal/>

Maria Assunção F. Silva Dias, As chuvas de novembro de 2008 em Santa Catarina: um estudo de caso visando à melhoria do monitoramento e da previsão de eventos extremos, 2008

Sheila Felizardo Padilha, Simulações de Eventos de Chuvas Intensas no

Estado do Rio de Janeiro usando o Modelo WRF, 2011 (somente a Seção 4.3)

Kelen Martins Andrade, K. M., Pinheiro, H. R. e Dolif Neto, G., Evento extremo de chuva no Rio de Janeiro: análise sinótica, previsão numérica e comparação com eventos anteriores, 2015

Guimarães, M. B., Fenômenos climáticos: a Zona de Convergência do Atlântico Sul em dezembro de 2013 e seus efeitos no Espírito Santo-Brasil, 2014