



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

AVALIAÇÃO DAS PREVISÕES SUBSAZONAIS DO MODELO ETA NA DETECÇÃO DO INÍCIO DA ESTAÇÃO CHUVOSA

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

Maria Luísa Rocha Santos da Silva (Universidade Federal do Rio de Janeiro, Bolsista
PIBIC/CNPq)

E-mail: malurochasantos@hotmail.com

Prakki Satyamurty (Pesquisador do CPTEC/INPE, Orientador)

E-mail: saty.prakki@gmail.com

COLABORADORES

Dra. Chou Sin Chan (CPTEC/INPE)

Dra. Nicole Resende (CPTEC/INPE)

Dra. Claudine Pereira Dereczynski (IGEO/UFRJ)



Agosto de 2020

O presente relatório descreve as atividades realizadas do projeto de Iniciação Científica do PIBIC/CNPq no período de agosto de 2019 a agosto de 2020.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 OBJETIVOS DO TRABALHO	7
3 MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS	7
3.1) Área de estudo	6
3.2) Modelo Regional Eta	
3.3) Dados para avaliação	
3.4) Método estatístico para detecção do início da estação chuvosa do modelo Eta e base de dados utilizada	
4 ANÁLISES E RESULTADOS	10
4.1) Análises de campos de precipitação acumulada	
4.2) Detecção da pentada de início da estação chuvosa	
5 CONCLUSÕES	15
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16



LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1** - Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e suas quatro regiões fisiográficas.7
- FIGURA 2** - Precipitação acumulada (mm/mês) nos meses de setembro (lado esquerdo) e outubro (lado direito) para a previsão do modelo Eta-BESM (colunas 1) e para o produto MERGE (colunas 2) nos anos de 2014, 2015 e 2016 (linhas). Erro entre a precipitação acumulada (mm/mês) das previsões do Eta-BESM e as observações MERGE (coluna 3). 11
- FIGURA 3** - Diferença de precipitação acumulada (mm/mês) no meses de setembro (lado esquerdo) e outubro (lado direito) para anos consecutivos, 2015-2014 (linha 1) e 2016-2015 (linha 2), para o produto MERGE (coluna 1) e para a previsão do modelo Eta-BESM (coluna 2). 13
- FIGURA 4** - Definição do início da estação chuvosa para o Alto São Francisco usando métodos de pentadas (5 dias) baseados na precipitação para os anos 2014 a 2016. Linhas azul e vermelhas representam médias de cinco dias precipitação (mm dia-1), para o MERGE e Eta-BESM. 14

LISTAS DE TABELAS

- TABELA 1** - Condições iniciais utilizadas para análise dos meses de Setembro e Outubro dos anos 2014 a 2016.9
- TABELA 2** - Correlação espacial entre a precipitação prevista e a observada para o mês de setembro, para os anos de 2014 a 2016, para toda a BHSF. 12



LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

BESM	-	“Brazilian Earth System Model”
BHSF	-	Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco
CBHSF	-	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco
CPTEC	-	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
INMET	-	Instituto Nacional de Meteorologia
SF	-	São Francisco
TSM	-	Temperatura da Superfície do Mar
LN	-	La Niña
EN	-	El Niño
CPC	-	“Climate Prediction Center”

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada na Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (BHSF) com a finalidade de avaliar as previsões subsazonais do modelo Eta na detecção do início da estação chuvosa, incluindo a performance do modelo para representar os fenômenos meteorológicos que ocorrem na região. Nesta etapa do trabalho, foi avaliada a representação da variável precipitação acumulada do modelo e aplicado um método estatístico para determinar quando o modelo Eta adianta, atrasa ou representa o início da estação chuvosa na região do Alto São Francisco. Para isso, foram utilizados: i) Modelo Eta aninhado ao BESM (Brazilian Earth System Model), integrado em dez membros (iniciados nos dias 21 a 30 dos meses de agosto e setembro), no período de 2014 a 2016, resolução horizontal de 40km e em horizonte subsazonal; ii) Dados observacionais do MERGE, nos períodos ditados acima. Neste estudo, a bacia foi dividida em quatro regiões, baixo, médio, submédio e alto São Francisco. Os resultados preliminares da avaliação sazonal indicam: i) O modelo apresenta o mesmo padrão de precipitação acumulada encontrado nos dados observados; ii) O modelo consegue reproduzir a variabilidade interanual da precipitação, embora apresente dificuldades para reproduzir a magnitude da precipitação da região; iii) O modelo apresenta bom desempenho na previsão em horizonte subsazonal no mês de setembro, mês de transição entre estação seca e chuvosa, e o mesmo decai em outubro; iv) Nos anos analisados o modelo adianta entre 6 e 10 pentadas a característica do início da estação chuvosa nas regiões do Alto São Francisco.

1 INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do Rio São Francisco (BHSF) é caracterizada por uma grande diversidade climática, uma vez que se estende por parte dos estados de Minas Gerais, Bahia, Sergipe, Pernambuco, Alagoas, Goiás e do Distrito Federal (DA SILVA et al., 2004). Dessa forma, existem variações de latitude, longitude, cobertura vegetal, proximidade ao mar, continentalidade e sistemas atmosféricos associados. Dessa forma, a previsão de tempo e clima nessa região é um grande desafio. De acordo com CBHSF (2020), a BHSF apresenta precipitação média anual de 1.036 mm, com menores valores (em torno de 350 mm/ano) no Submédio e Baixo São Francisco (SF), enquanto os maiores valores de precipitação (em torno de 1.400 mm/ano) ocorrem nas nascentes do rio, região do Alto SF. O trimestre mais chuvoso ocorre em Novembro-Dezembro-Janeiro (NDJ) no Alto e Médio SF, em Janeiro-Fevereiro-Março (JFM) no Submédio e em Maio-Junho-Julho (MJJ) no Baixo SF. Por outro lado, o trimestre mais seco ocorre em Junho-Julho-Agosto (JJA) no Alto e Médio SF, em Julho-Agosto-Setembro (JAS) no Submédio e em Outubro-Novembro-Dezembro (OND) no Baixo SF (INMET, 2020).

O estudo da bacia do Rio São Francisco tem grande importância para o país, devido à grande demanda por água nos diversos setores da economia: hidroeletricidade, agricultura, navegação, pesca e aquicultura, abastecimento humano e industrial, controle de cheias, recreação e turismo, entre outros. Dessa forma é importante analisar o quanto à bacia contribui em termos de quantidade de água para a região, e o quanto cada sub-bacia faz parte dessas contribuições, tornando possível a gestão dos recursos hídricos na BRSF (DA SILVA et al., 2004). Ademais esse assunto ainda não foi amplamente explorado no Brasil, com poucos artigos tratando desse assunto.

É valoroso avaliar previsões sazonais e subsazonais uma vez que, apresentam limitações. Problemas científicos como destreza limitada, dependência de condições de contorno e baixa previsibilidade. Previsões sazonais para a América do Sul usando o Modelo Eta são executadas desde 2002 no CPTEC. No modelo de integração mais longo, tendem a mostrar alguns erros de desvio e sistemáticos (BUSTAMANTE et al., 2006). Climatologias de 5 anos de dados do modelo Eta, dados observacionais de superfície e dados de reanálises, foram comparadas por Bustamante et al. (2006). Os resultados indicam que o modelo, em geral, capturou os padrões de precipitação das estações chuvosa e seca, contudo, superestimou a precipitação na região do nordeste brasileiro.

2 OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é avaliar as previsões subsazonais do modelo Eta na detecção do início da estação chuvosa na BHSF, incluindo a performance do modelo para representar os fenômenos meteorológicos que ocorrem na região. Nesta etapa do trabalho, o modelo foi avaliado a partir de índices estatísticos de representatividade em toda BHSF e foi aplicado um método estatístico para determinar quando o modelo Eta adianta, atrasa ou representa o início da estação chuvosa na região do Alto São Francisco.

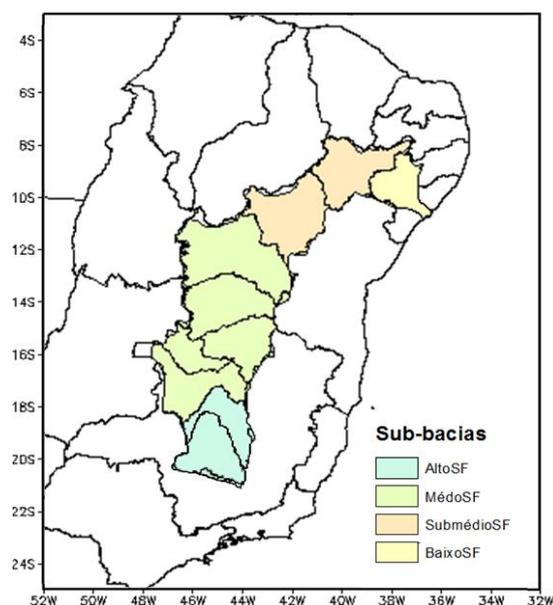
3 MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS

3.5) Área de estudo

Com aproximadamente 2.700 km de extensão e descarregando uma vazão média de 2.810 m³/s no Oceano Atlântico, o rio São Francisco é um dos principais rios do Brasil. Sua bacia hidrográfica possui uma área de 639.219 km², onde habitam cerca de 13 milhões de pessoas, que correspondem a 8% da população do país.

A BHSF é dividida, para fins de estudo, em quatro regiões fisiográficas: Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco.

FIGURA 1 - Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e suas quatro regiões fisiográficas.



Destaca-se que a bacia compreende uma parte significativa do Polígono das Secas, que constitui um território reconhecido pela legislação como sujeito a períodos críticos de prolongadas estiagens e situa-se, majoritariamente, na região Nordeste, porém estende-se até o norte de Minas

Gerais (DA SILVA et al, 2004). Ocasionalmente dificuldades de solução dos problemas sócio-ambientais, como o abastecimento de produtos agrícolas, agroindústria açucareira, cultivo do cacau (no sudeste da Bahia), urbanização e industrialização associada (REBOUÇAS, 1997).

A previsão de precipitação na área da BHSF é complexa, uma vez que sua grande extensão abriga diferentes regimes de chuva, diferentes topografias e latitudes. A validação do desempenho da previsão do modelo Eta tem grande importância nessa região. Ademais, previsões de precipitação no horizonte entre duas semanas e dois meses, isto é, na escala subsazonal, são úteis para melhorar a gestão do uso da água na bacia. Contudo, tais previsões apresentam limitações (White et al., 2017), principalmente em regiões extratropicais onde a previsão é altamente dependente da condição inicial, como na região do Alto e Médio SF.

Em relação ao período de estudo, sabe-se que os anos de 2014 e 2015 estão incluídos no quadriênio mais crítico em termos de totais de chuva desde 1911 no nordeste brasileiro (Martins e Magalhães, 2015, p. 108). Segundo o “Climate Prediction Center” (CPC, 2020), o ano de 2014 foi marcado por uma transição de período neutro para um período de forte El Niño (EN - fenômeno climático associado à anomalias positivas na temperatura da superfície do mar (TSM) na região do Pacífico Equatorial), que se estendeu até 2016. Em geral, em anos de EN observam-se secas severas no Nordeste brasileiro. A expectativa é de que, pelo menos na região tropical, a previsibilidade dos modelos numéricos seja acentuada durante fortes eventos EN ou La Niña (LN - fenômeno climático associado à anomalias negativas na TSM na região do Pacífico Equatorial). Em tais situações, quando a condição de contorno inferior, no caso a TSM, é suficientemente intensa, espera-se que ela possa guiar as previsões indicando período mais secos em anos de EN e mais chuvosos em anos de LN.

3.6) Modelo Regional Eta

O modelo Eta (Mesinger et al., 2012), tem sido utilizado no INPE para produzir previsões sobre América do Sul em diferentes horizontes temporais, por exemplo para previsão de tempo (Seluchi e Chou, 2009; Seluchi et al., 2011; Siqueira et al, 2016), previsão subsazonal (Chou et al., 2015) e sazonal (Chou et al., 2005; Pilotto et al., 2012; Resende e Chou, 2015; Chou et al., 2018; Ferreira e Chou, 2019; Chou et al., 2019).

Neste trabalho previsões no horizonte subsazonal do modelo Eta foram iniciadas nos dez últimos dias dos meses de agosto, para avaliar o mês de setembro, e nos dez últimos dias de setembro, para avaliar o mês de outubro, totalizando-se 10 membros para avaliar cada mês durante os anos de 2014 a 2016 (ver Tabela 1). A resolução horizontal do modelo Eta é de 40 km. As condições iniciais

e de contorno do modelo Eta foram obtidas do modelo global BESM, cuja resolução horizontal é de 20 km.

TABELA 1 - Condições iniciais utilizadas para análise dos meses de Setembro e Outubro dos anos 2014 a 2016.

Datas das condições iniciais	Mês/Ano analisado
Integrações de Setembro	
21/08/2014 a 30/08/2014	Setembro/2014
21/08/2015 a 30/08/2015	Setembro/2015
21/08/2016 a 30/08/2016	Setembro/2016
Integrações de Outubro	
21/09/2014 a 30/09/2014	Outubro/2014
21/09/2015 a 30/09/2015	Outubro/2015
21/09/2016 a 30/09/2016	Outubro/2016

3.7) Dados para avaliação

A partir dos dados observados de precipitação do MERGE (Rozante et al.,2010) foram avaliadas as integrações subsazonais do modelo, considerando precipitação acumulada nos meses de setembro e outubro. Tais resultados são calculados para toda extensão da bacia e para as suas quatro regiões fisiográficas.

A fim de quantificar a correspondência dos resultados da previsão com o dado observado, os mesmos serão relacionados entre si com correlação espacial (função da ferramenta GrADS). O coeficiente de correlação evidencia a vínculo existente entre duas variáveis distribuídas, positiva ou negativamente (Costa Neto, 2010). É considerada forte quando estiver mais próxima dos coeficientes de +1 ou -1, e mais fraca quando mais próxima estiver do coeficiente zero. O cálculo do coeficiente foi realizado para o contorno da BHSF, assim, o objetivo desta técnica é simplesmente obter a semelhança de padrões espaciais entre duas variáveis, neste caso, verificando se o modelo prevê o padrão espacial da precipitação observada.



3.8) Método estatístico para detecção do início da estação chuvosa do modelo Eta e base de dados utilizada

O método consiste em avaliar a chuva média diária a cada 5 dias (pentadas) de um ano, assim, 73 pentadas fixas. Calcula-se o desvio padrão (DPpi) e a média de precipitação (MDpi) das pentadas dos meses de inverno no Hemisfério Sul (21/jun a 21/ago, aproximação de estação seca no Alto SF), pentada 35 a 53, dos dados observados para cada ano. Assim, considerando o comportamento da média de precipitação por pentadas na estação seca semelhante ao da curvatura Normal, estima-se um limiar representativo da pentada característica do início da estação chuvosa para cada ano analisado: $(MDpi) + 2 * (DPpi)$. Como o limiar é composto por resultados oriundos de uma amostra de pentadas de um mesmo ano e base de dados, é garantida uma consistência estatística.

Dessa forma, a pentada representativa do início da estação chuvosa é aquela que obter média de precipitação maior que o limiar do seu ano e for seguida de outra pentada na mesma situação. O limiar também é aplicado aos dados do Eta-BESM, possibilitando a comparação das pentadas características da observação e da previsão.

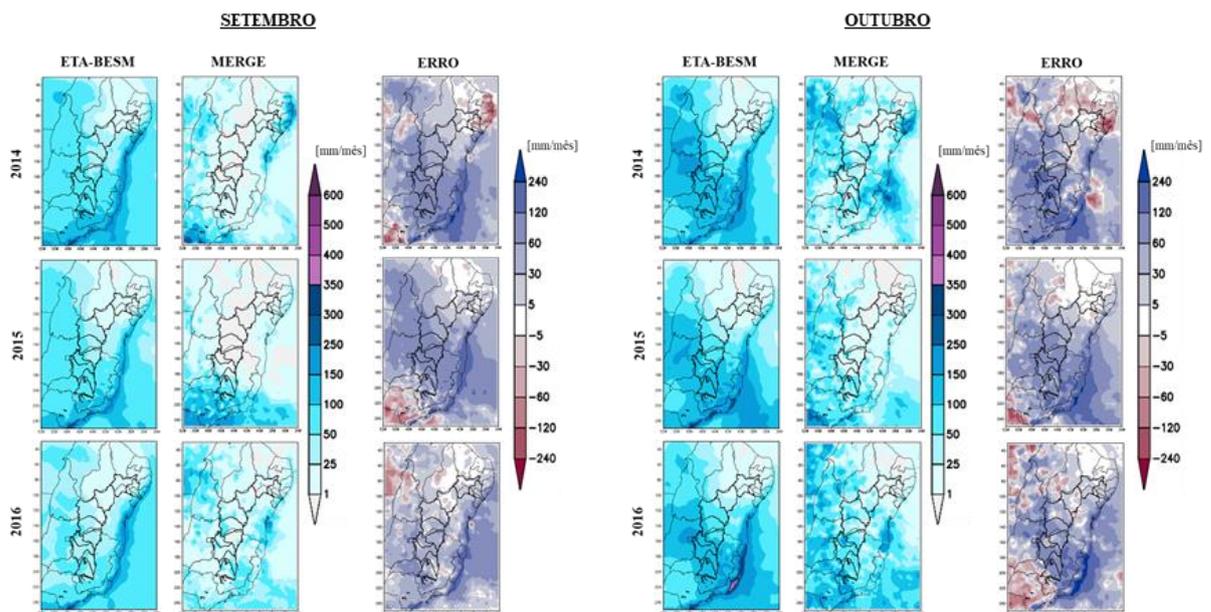
4 ANÁLISES E RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os acumulados de precipitação, em horizonte subsazonal, provenientes das previsões do Eta-BESM, os campos de erro, ou seja, o campo previsto subtraído do campo de dados observacionais (MERGE), e os campos de diferenças entre dois anos para cada mês. Ademais, são apresentadas as correlações espaciais dentro da BHSF e as pentadas representativas do início da estação chuvosa.

6.1) Análises de campos de precipitação acumulada

A Figura 2 mostra no lado esquerdo resultados para o mês de setembro e do lado direito para o mês de outubro. Para ambos os meses, nas primeiras duas colunas tem-se precipitação acumulada na região da BHSF, obtida a partir de dados observados e a previsão do modelo Eta. Já na terceira coluna, está o campo de erro entre o campo previsto e o observado. As linhas são os anos de 2014 a 2016.

FIGURA 2 - Precipitação acumulada (mm/mês) nos meses de setembro (lado esquerdo) e outubro (lado direito) para a previsão do modelo Eta-BESM (colunas 1) e para o produto MERGE (colunas 2) nos anos de 2014, 2015 e 2016 (linhas). Erro entre a precipitação acumulada (mm/mês) das previsões do Eta-BESM e as observações MERGE (coluna 3).



Nota-se na Figura 2 que o modelo superestima a precipitação, prevendo mais chuva na região da BHSF do que de fato observado em ambos os meses. Como esperado, os maiores erros estão nas regiões do Alto e Médio São Francisco, onde a precipitação é mais intensa e os menores no Submédio e Baixo São Francisco, onde a precipitação é reduzida. Tais superestimativas variam entre 5 e 30 mm/mês no Baixo e Submédio São Francisco e entre 30 e 120 mm/mês no Alto e Médio São Francisco. De forma geral, o modelo representa de forma coerente o padrão espacial de precipitação da BHSF, ou seja, maiores volumes pluviométricos nas sub-bacias onde chove mais e menores onde chove menos. Contudo, no litoral desde São Paulo até o norte da Bahia o Eta-BESM prevê mais chuva do que de fato se observa, durante os três anos analisados e para os dois meses (setembro e outubro).

A Tabela 2 apresenta os coeficientes de correlação espacial da variável precipitação acumulada entre a previsão do Eta-BESM e os dados do MERGE para os meses de setembro (lado esquerdo) e outubro (lado direito).

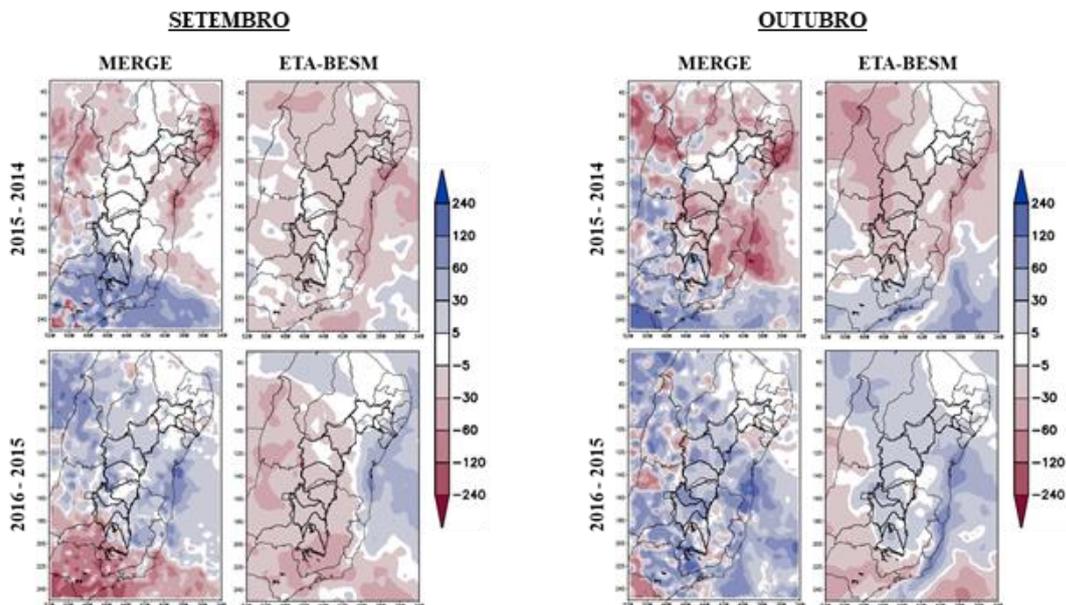
TABELA 2 - Correlação espacial entre a precipitação prevista e a observada para o mês de setembro, para os anos de 2014 a 2016, para toda a BHSF.

Ano	Coeficiente de correlação espacial	
	setembro	outubro
2014	0,64	0,44
2015	0,49	0,56
2016	0,45	0,63

Nota-se através desses coeficientes de correlação espacial, o vínculo existente entre a previsão e o dado observado. Contudo, em setembro/2015, setembro/2016 e outubro/2014 a correlação é baixa (índice de correlação inferior a 0,5). Já para outubro, em 2016 obteve-se a maior correlação dos três anos analisados (0,63). Dessa forma, o modelo mostra bom desempenho em outubro de 2016, uma vez que apresenta menores magnitudes de erros (ver Figura 1) quando comparado aos anos de 2014 e 2015 e elevado coeficiente de correlação espacial (0,63).

A Figura 3 mostra a diferença de precipitação acumulada em anos consecutivos para o mês de setembro (lado esquerdo) e para o mês de outubro (lado direito). Para cada mês, na primeira linha, 2015 subtraído de 2014, e na segunda linha, 2016 subtraído de 2015. Na primeira coluna os resultados foram obtidos com o produto de precipitação MERGE e na segunda coluna com as previsões do Eta-BESM.

FIGURA 3 - Diferença de precipitação acumulada (mm/mês) no meses de setembro (lado esquerdo) e outubro (lado direito) para anos consecutivos, 2015-2014 (linha 1) e 2016-2015 (linha 2), para o produto MERGE (coluna 1) e para a previsão do modelo Eta-BESM (coluna 2).



De modo geral, para o mês de setembro, o modelo não representa corretamente o sinal de variabilidade interanual no período analisado, apresentando nas duas diferenças sinais contrários aos encontrados a partir do produto MERGE.

Analisando o mês de outubro na Figura 3, nota-se que em geral, o modelo representa corretamente do sinal de variabilidade interanual no período analisado, apresentando nas duas diferenças sinais com o mesmo padrão dos encontrados a partir do produto MERGE. Além disso, as magnitudes das diferenças encontradas pelo dado observado e a previsão dentro do contorno da BHSF são semelhantes, variando de -5 a -60 mm/mês na diferença entre 2015 e 2016 e entre 5 e 60 mm/mês na diferença entre 2016 e 2015.

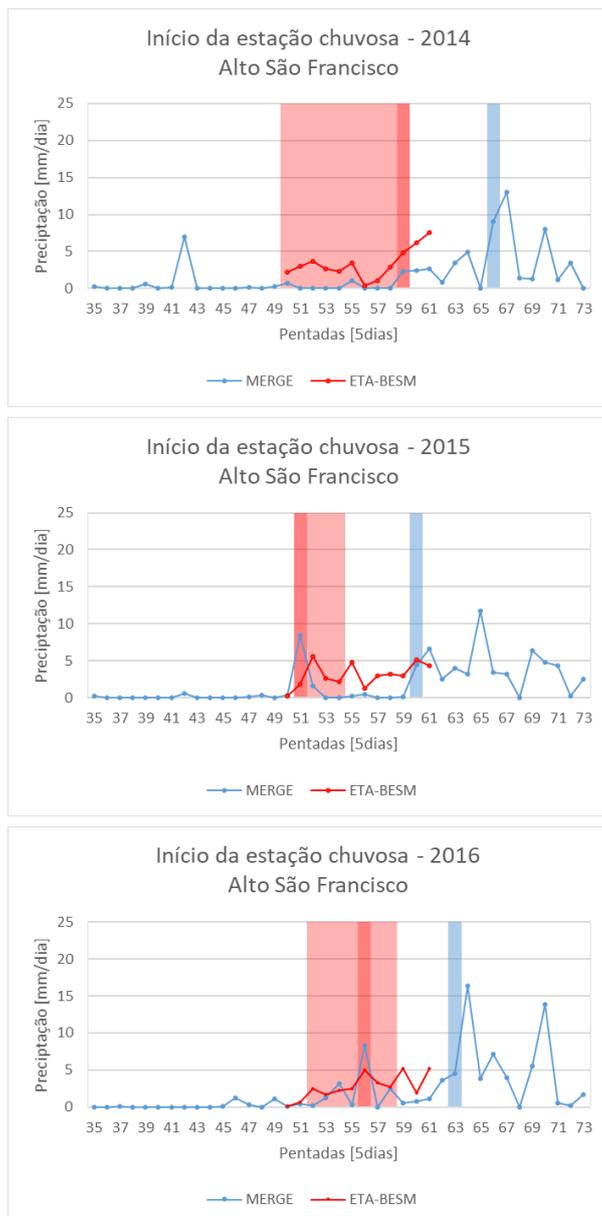
6.2) Detecção da pentada de início da estação chuvosa

Nesta seção são apresentados os resultados das pentadas que marcam o início da estação chuvosa nos períodos de 2014 a 2016 (Eta-BESM).

A Figura 4 a seguir indica a média de precipitação nas pentadas (gráfico de linhas) dos anos de 2014 a 2016 e as pentadas do início da estação chuvosa (gráfico de barras) para o MERGE (azul) e o Eta-BESM (vermelho) na sub-bacia do Alto São Francisco. A barra vertical vermelha de tom mais

escuro indica a média dos dez membros do modelo e as barras de tom vermelho mais claro indicam a variação do resultados dos membros.

FIGURA 4 - Definição do início da estação chuvosa para o Alto São Francisco usando métodos de pentadas (5 dias) baseados na precipitação para os anos 2014 a 2016. Linhas azul e vermelhas representam médias de cinco dias precipitação (mm dia-1), para o MERGE e Eta-BESM.



Em Geral, para os três anos analisados os maiores valores de média de precipitação em mm/dia se encontram nas últimas pentadas do ano, o que indica a atuação da estação chuvosa. Já o período

aproximado da estação seca começa visivelmente antes da pentada 35 e pouco antes da pentada 50, assim, desvalorizando a escolha do período da estação seca como o período de inverno do hemisfério sul. Entretanto, analisando visualmente cada um dos grupos de dados o método é capaz de representar corretamente o fim da estação seca e início da chuvosa,

No ano de 2014, o modelo adianta em 6 pentadas o início da estação chuvosa e mostra uma variação de 9 pentadas de seus membros. Já em 2015, o modelo adianta em 10 pentadas e seus membros variam em 3 pentadas. Em 2016, a média dos membros do modelo adianta em 7 pentadas e seus membros variam no mesmo valor. Assim, apesar de adiantarem a pentada característica do início da estação chuvosa, conclui-se que o modelo erra entre 6 e 10 pentadas, dado que pode ser usado como base para correções em futuras rodadas com quadros atmosféricos semelhantes. Portanto, devido ao pequeno período analisado, outras previsões deverão ser avaliadas para melhores conclusões.

Ademais, não ficou claro nessa análise se é mais vantajoso utilizar a média dos membros das previsões ou os membros separadamente. Essa questão pode ser atribuída às condições iniciais da previsão, que são fundamentais para o desempenho futuro da rodada, ou ao fato de serem só 10 membros, o que não torna o resultado robusto.

5 CONCLUSÕES.

Neste relatório elabora-se uma avaliação das previsões de precipitação do modelo Eta-BESM no horizonte subsazonal para a região da BHSF para os meses de setembro e outubro nos anos de 2014 a 2016 (anos caracterizados por um forte El Niño). A análise se baseou na comparação da média de 10 membros iniciados nos dez últimos dias de agosto, para análise do mês de setembro, e na média de 10 membros iniciados nos dez últimos dias de setembro, para análise do mês de outubro. Tais previsões foram confrontadas com os dados observados do produto de precipitação MERGE.

A previsão de precipitação do modelo Eta-BESM na BHSF é capaz de representar bem o padrão de precipitação na bacia, com maiores acumulados mensais no Alto e Médio São Francisco e menores acumulados no Submédio e Baixo São Francisco. Contudo, mostra superestimativa de precipitação nos meses de setembro e outubro, principalmente no litoral desde o Estado de São Paulo até o norte da Bahia, fora dos limites da BHSF.

Os melhores resultados foram obtidos para o mês de outubro, com menores magnitudes de erro, maior coeficiente de correlação espacial, especialmente em outubro de 2016 (0,63) e com boa

representação da variabilidade interanual entre os anos de 2014-2015 e 2015-2016.

Na avaliação da previsão do modelo na detecção do início da estação chuvosa pelo método estatístico, observa-se que o modelo adianta o período chuvoso e que é necessário melhorar a estimativa do período da estação seca. Entretanto, o método representa corretamente o fim da estação seca e início da chuvosa quando analisando os dados independentemente.

Os resultados obtidos neste relatório representam uma avaliação preliminar do modelo Eta-BESM no horizonte subsazonal durante os meses de início da estação chuvosa na região da BHSF e da sub-bacia do Alto São Francisco. Nas próximas etapas deste trabalho a avaliação será estendida a um período maior de anos e utilizando outras técnicas, visando melhorar a previsão nessa escala de tempo na região da BHSF.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHOU S. C.; RESENDE, N.; ROCHA M.L.; DEREZYNSKI, C. P.; GOMES, J. L.; SUEIRO, G. **From subseasonal to seasonal forecasts over South America using the Eta Model.** Conference on Numerical Weather And Climate Modeling: Beginnings, Now, and Vision of the Future, p. 7-11. Belgrado, Sérvia. 2018.

CHOU, S. C.; BUSTAMANTE, J.; 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.; MARENGO, J. A.; SILVA, A. J.; LYRA, A. A.; TAVARES, P.; DE GOUVEIA SOUZA, C. R.; ... ARAGÃO, L. E. **Projections of Climate Change in the Coastal Area of Santos.** In Climate Change in Santos Brazil: Projections, Impacts and Adaptation Options, p. 59-73. Springer, Cham. 2019.

CHOU, S. C.; SUEIRO, G.; ALVES, L. F.; RODRIGUEZ, D. A.; GOMES, J. L.; ROZANTE, J. R.; NOBRE, P. **Previsões de chuva no horizonte de 50 dias.** Congresso Brasileiro de Energia, 7. Rio de Janeiro, RJ. 2015.

CLIMATE PREDICTION CENTER – CPC. **El Niño / Southern Oscillation (ENSO) - Cold & Warm Episodes by Season.** 2020. Disponível em: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

COSTA NETO, P. L., 1977. **Estatística.** São Paulo, Ed. Edgard Blücher.

- DA SILVA, B. C. & CLARKE, R. T. **Análise estatística de chuvas intensas na bacia do Rio São Francisco**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas (UFRGS), 2004.
- FERREIRA, N. C. R.; CHOU, S. C. **Influência do tipo de textura e umidade inicial do solo sobre a simulação da precipitação**. Anuário do Instituto de Geociências, v. 41 (3), p. 680-689. Rio de Janeiro, RJ. 2019. DOI: 10.11137/2018_3_680_689
- MARTINS, E. S. P. R., MAGALHÃES, A. R., & FONTENELE, D. **A seca pluriannual de 2010-2017 no Nordeste e seus impactos**. Parcerias Estratégicas, v. 22(44), p. 17-40. 2017.
- MESINGER, F.; CHOU, S. C.; GOMES, J. L.; JOVIC, D.; BASTOS, P.; BUSTAMANTE, J. F.; LAZIC, L.; LYRA, A. A.; MORELLI, S.; RISTIC, I.; VELIOVIC, K. **An upgraded version of the Eta model**. Meteorol Atmos Phys, v. 116 (3-4), p. 63-79. 2012. DOI: 10.1007/s00703-012-0182-z
- NOBRE, P., SIQUEIRA, L. S., DE ALMEIDA, R. A., MALAGUTTI, M., GIAROLLA, E., CASTELÃO, G. P., ... & BAPTISTA JR, M. **Climate simulation and change in the Brazilian climate model**. Journal of Climate, v. 26, n. 17, p. 6716-6732. 2013.
- PILOTTO, I. D.; CHOU, S.C.; NOBRE, P. **Seasonal climate hindcasts with Eta model nested in CPTEC coupled ocean-atmosphere general circulation model**. Theoretical and Applied Climatology, v. 110, n. 3, p. 437-456. 2012. DOI:10.1007/s00704-012-0633-y.
- REBOUÇAS, A. C. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez**. Estudos Avançados, Vol. 11, pp. 127-154, 1997.
- 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. 64-79. ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica). 2015.
- ROZANTE, J. R.; MOREIRA, D. S.; GONÇALVES., L. G. G.; VILA, DANIEL A. **Combining TRMM and Surface Observations of Precipitation: Technique and Validation Over South America**. Weather and Forecasting, v. 25, p. 885-894. 2010. DOI: 10.1175/2010WAF2222325.1
- ROZANTE, J. R.; MOREIRA, D. S.; GONÇALVES., L. G. G.; VILA, DANIEL A. **Combining TRMM and Surface Observations of Precipitation: Technique and Validation Over South America**. Weather and Forecasting, v. 25, p. 885-894. 2010. DOI: 10.1175/2010WAF2222325.1
- SELUCHI, M. E.; CHOU, S.C.; GRAMANI, M. **A case study of winter heavy rainfall event over the Serra do Mar in Brazil**. Geofísica International, v. 50, n. 1, p. 41-56. 2011.

SELUCHI, M.E.; CHOU, S.C. **Synoptic patterns associated with landslide events in the Serra do Mar, Brazil.** Theoretical and Applied Climatology, v. 98, n. 1-2, p. 67-77. 2009. DOI 10.1007/s00704-008-0101-x

SIQUEIRA, V. A.; COLLISCHONN, W.; FAN, F. M.; CHOU, S. C. **Ensemble flood forecasting based on operational forecasts of the regional Eta EPS in the Taquari-Antas basin.** RBRH, v. 21 (3), p. 587-602. 2016. DOI: 10.1590/2318-0331.011616004

WHITE, C. J., CARLSEN, H., ROBERTSON, A. W., KLEIN, R. J., LAZO, J. K., KUMAR, A., ... & BHARWANI, S. **Potential applications of subseasonal-to-seasonal (S2S) predictions.** Meteorological applications, v. 24(3), p. 315-325. 2017.

