

ANÁLISE E METODOLOGIA DE CORREÇÃO DE PREVISÃO CLIMÁTICA DO MODELO CFS PARA O ALTO SÃO FRANCISCO

Luana Ferreira Gomes de Paiva^{1}; Márcio Cataldi²; Suzana Maria Gico Lima Montenegro³; Reginaldo Ventura de Sá⁴*

Resumo – Os Modelos climáticos têm tido cada vez mais importância, tendo em vista que seus resultados podem ser usados para diversas finalidades, inclusive para melhorar previsão de vazões. Com isso, o presente trabalho analisa as previsões climáticas do modelo CFS para a área de drenagem do reservatório de Três Marias, na Bacia do Rio São Francisco. Observou-se que os valores previstos pelo modelo CFS tendem a superestimar a chuva prevista nos meses de pouca ou nenhuma chuva. Contudo, valores previstos com boa acurácia foram obtidos, tendo em vista que a metodologia utilizada para a correção da previsão de precipitação se mostrou adequada no trabalho apresentado.

Palavras-Chave – previsão climática; bacia do rio São Francisco; Três Marias.

ANALYSIS AND METHODOLOGY OF CLIMATE FORECAST CORRECTION OF THE CFS MODEL FOR THE UPPER SÃO FRANCISCO

Abstract – Climate models have been increasingly important, since their results can be used for a variety of purposes, including to improve prediction of flows. Therefore, the present work analyzes the climate predictions of the CFS model for the drainage area of the Três Marias reservoir, in the São Francisco River Basin. It was observed that the values predicted by the CFS model tend to overestimate the rain forecast in the months of little or no rainfall. However, predicted values with good accuracy were obtained, considering that the methodology used to correct the precipitation forecast was adequate in the work presented.

Keywords – climate forecast, São Francisco river basin, Três Marias.

INTRODUÇÃO

Mesmo com a crise hídrica que o Subsistema NE vem passando desde o ano de 2013, cerca de 76% do total de geração de energia do país no ano de 2016 foi advinda de energia hidrelétrica. Devido a essa característica peculiar, o planejamento e a geração eletroenergética do SIN – Sistema Interligado Nacional apresentam uma estreita correlação com os estoques de água existentes nos reservatórios das usinas hidrelétricas e com as afluições a esses reservatórios. Com isso, destaca-se também o papel da previsão de precipitação, tendo em vista que elas são de fundamental importância para a elaboração das previsões de vazões dessas usinas hidrelétricas. Com a evolução da modelagem atmosférica, do conhecimento sobre os fenômenos meteorológicos e climáticos e da ampliação da rede de observações no planeta, a inclusão de informações climáticas pode aperfeiçoar, de maneira significativa, a representação das condições hidrológicas futuras (GODDARD *et al.*, 2010) e, conseqüentemente, melhorar o planejamento da operação do SIN.

¹ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - PPGEC, UFPE, luanafcg@yahoo.com.br. * Autor Correspondente

² Professor Adjunto da UFF, márcio.cataldi@gmail.com.

³ Professora Titular do Dept. de Engenharia Civil - DECIV, UFPE, suzana.ufpe@gmail.com.

⁴ Doutorando pela COPPE/UFRJ regis@lamma.ufrj.br.

Assim, o presente estudo tem o objetivo de avaliar a interferência das previsões climáticas do Modelo CFS (SAHA *et al.*, 2010), na área a montante do reservatório de Três Marias, localizado no trecho Alto da Bacia do rio São Francisco. Essas previsões são importantes tendo em vista que podem interferir na previsão de vazões e suas consequências para o planejamento e operação do Sistema Interligado Nacional.

Destaca-se que a usina hidrelétrica de Três Marias, de propriedade da Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG, tem uma potência instalada de 396 MW, está localizada em -180 12' 50" e -450 15' 30" e teve o início de suas obras em maio de 1957, sendo concluída em janeiro de 1961. Sua construção teve como principais objetivos: regularização do curso das águas do rio São Francisco nas cheias periódicas, melhoria da navegabilidade, utilização do potencial hidrelétrico, e fomento da indústria e irrigação. O reservatório tem uma área máxima de 1010 km² e mínima de 316 km², correspondendo a volumes de 19.528 e 4.250 hm³, respectivamente. A área de drenagem é de 50.732 km² e a vazão média de longo termo (MLT) de 689 m³/s.

METODOLOGIA

Climate Forecast System (CFS)

O modelo climático CFS (*Climate Forecast System*) foi desenvolvido pelo *National Center for Environmental Prediction* (NCEP), com o objetivo de simular a condição do domínio acoplado do sistema oceano-atmosfera-terra e gelo da superfície do mar, com alta resolução para o período de 1979 a janeiro de 2010. O modelo atmosférico global possui resolução de aproximadamente 38 km com 64 níveis na vertical. O modelo oceânico possui espaçamento latitudinal de 0.25° próximo ao equador até 0.5° a partir dos trópicos, com 40 níveis até uma profundidade de 4737 metros. A primeira versão do CFS, chamado retroativamente de CFSv1, foi colocado em operações no NCEP em Agosto de 2004 e foi o primeiro modelo global usado no NCEP para predição sazonal (SAHA *et al.*, 2006), totalmente acoplado atmosfera-oceano-terra.

Como descrito em Saha *et al.* (2014), a segunda versão do CFS (CFSv2) foi operacionalizada no NCEP em março de 2011. Esta versão tem melhorias para quase todos os aspectos dos componentes de assimilação de dados e previsão do modelo do sistema. Uma reanálise acoplado foi feito durante um período de 32 anos (1979-2010), que forneceu as condições iniciais para realizar previsões retrospectivas para o período de 1982 a 2010. Isto foi feito para obter calibrações consistentes e estáveis, bem como estimativas operacionais para o subsazonal e previsões sazonais no NCEP com CFSv2. A implementação operacional do sistema completo garante a continuidade do registro do clima e fornece um conjunto de dados valiosos atualizados para estudar muitos aspectos da previsibilidade nas escalas sazonais e subsazonal.

Metodologia para correção da previsão de precipitação

As saídas dos modelos climáticos não devem ser utilizadas de forma direta para a estimativa de disponibilidade hídrica no futuro (GRAHAM, 2000). É importante estabelecer métodos de correção destes dados, com a finalidade de remover as diferenças entre o que foi simulado e o observado. Neste trabalho foi usada a metodologia descrita em Wood *et al.* (2002) para a correção da previsão de precipitação, onde para cada mês do ano e para cada ponto de grade de previsão do modelo climático são desenvolvidas duas curvas de distribuição de probabilidade, para os dados observados e previstos. A correção é feita tomando como base a igualdade da frequência das curvas.

Visando avaliar a qualidade das previsões de precipitação do modelo CFS, comparou-se os resultados previstos por esse modelo no período de 2011 a 2016 com os dados de chuva média do reservatório de Três Marias. A Figura 1 mostra a disposição dos postos pluviométricos utilizados para o cálculo dessa chuva média verificada. Destaca-se que função da boa quantidade de postos com informações na área, a chuva média verificada foi calculada como a média aritmética.

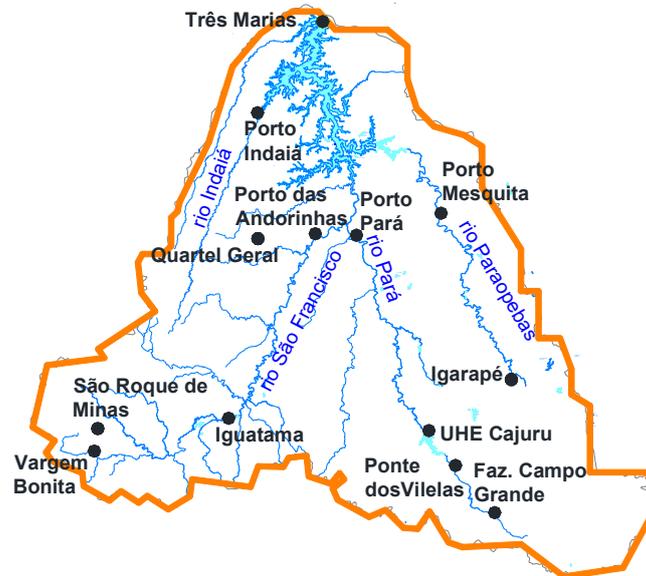


Figura 1 - Localização dos postos pluviométricos para cálculo da chuva média na área de drenagem do reservatório de Três Marias.

Como citado anteriormente, as previsões do CFS foram obtidas em no site do NCEP e têm resolução espacial de 1 km. A Figura 2 mostra os pontos de grade dentro do reservatório de Três Marias, utilizados para cálculo da chuva média na área.

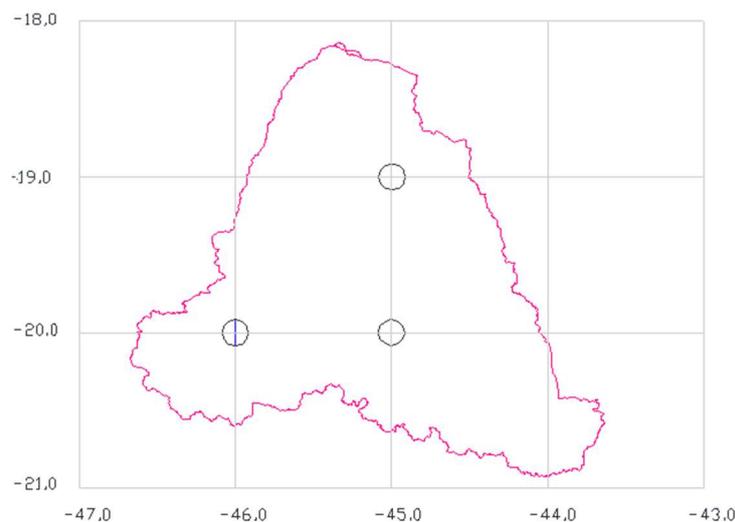


Figura 2 - Localização dos pontos de grade utilizados pelo modelo CFS para cálculo da chuva média na área de drenagem do reservatório de Três Marias.

A Figura 3 mostra uma comparação da chuva média prevista pelo CFS com 1 mês de antecedência, comparada com a chuva média verificada.

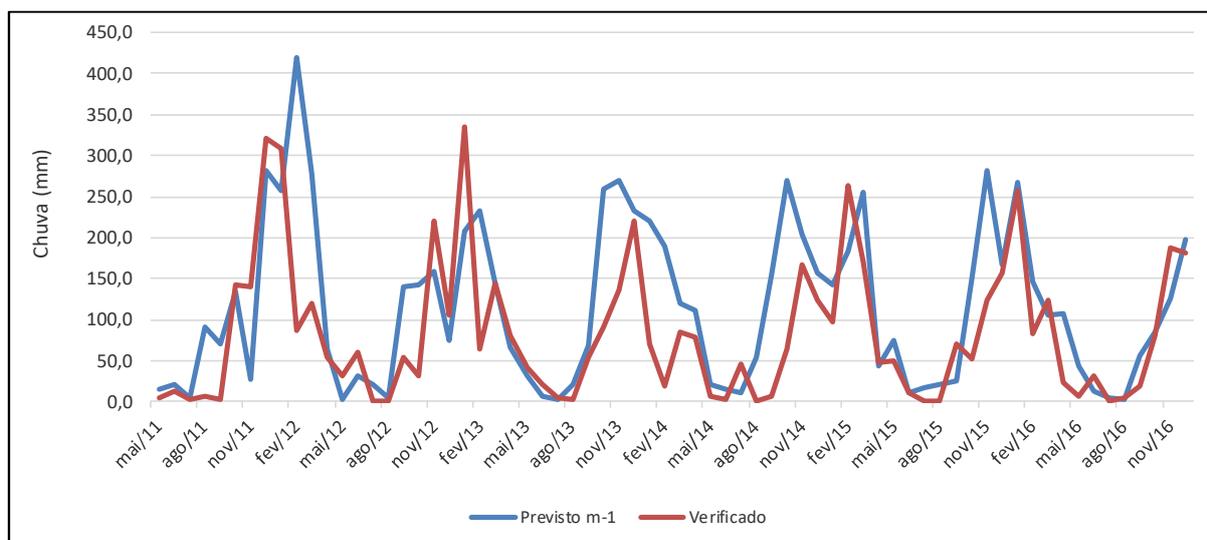


Figura 3 - Comparação da chuva prevista pelo modelo CFS com 1 mês de antecedência, comparada com a chuva média verificada na área de drenagem do reservatório de Três Marias.

Analisando a Figura 3 observa-se que o Modelo CFS tem bom ajuste para a área em estudo, conseguindo captar eventos de chuva. A Tabela 1 mostra exemplos dos resultados para previsões com horizontes de até 3 meses. Contudo, observa-se que o modelo tende a superestimar as previsões nos períodos de pouca ou nenhuma chuva, conforme exemplos apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 - Exemplos de comparação da chuva prevista pelo modelo CFS com 1, 2 e 3 meses, comparada com a chuva média verificada na área de drenagem do reservatório de Três Marias.

	Previsto			Verificado
	mês-1	mês-2	mês-3	
jan/16	268,2	280,3	321,4	256,2
jan/12	257,6	242,3	306,5	309,3
nov/16	126,8	154,6	242,4	187,6
dez/16	198,7	297,7	190,7	180,9

Tabela 2 - Exemplos de comparação da chuva prevista pelo modelo CFS com 1, 2 e 3 meses, comparada com a chuva média verificada na área de drenagem do reservatório de Três Marias.

	Previsto			Verificado
	mês-1	mês-2	mês-3	
ago/11	90,2	3,6	42,3	7,2
set/11	71,0	51,7	47,1	2,6
jul/15	16,7	13,5	172,1	0,8
ago/15	20,7	7,9	45,9	0,8

Função dessa superestimativa que ocorre principalmente nos meses de pouca ou nenhuma chuva, foi necessário fazer correção na previsão de precipitação do modelo CFS. Conforme estabelecido na metodologia, foram elaboradas as curvas de frequência e efetuada a correção da precipitação, através da substituição desses valores pelo valor verificado, ambos na mesma frequência. A Figura 5 mostra os resultados obtidos para os meses de janeiro a dezembro.

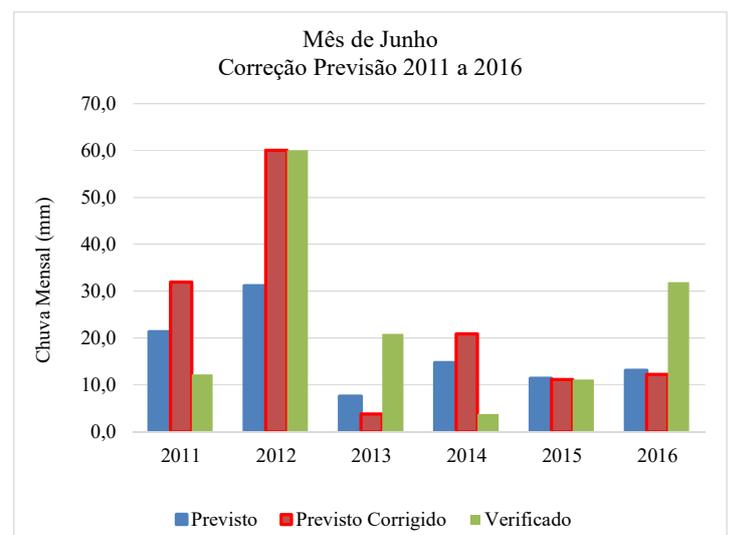
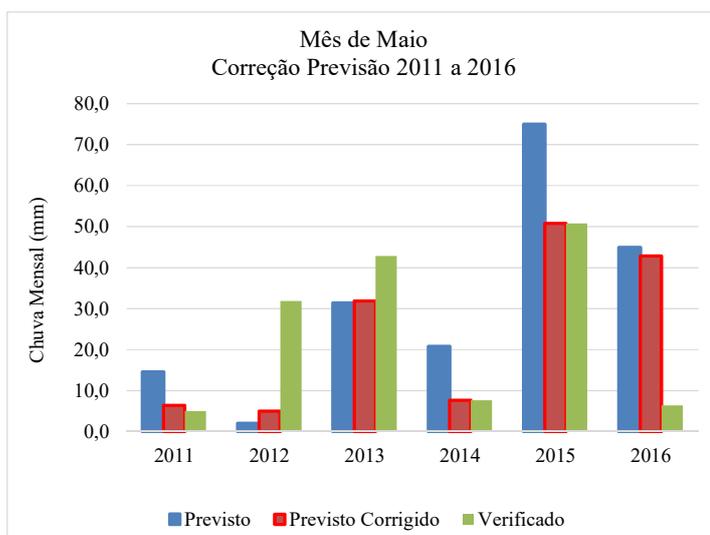
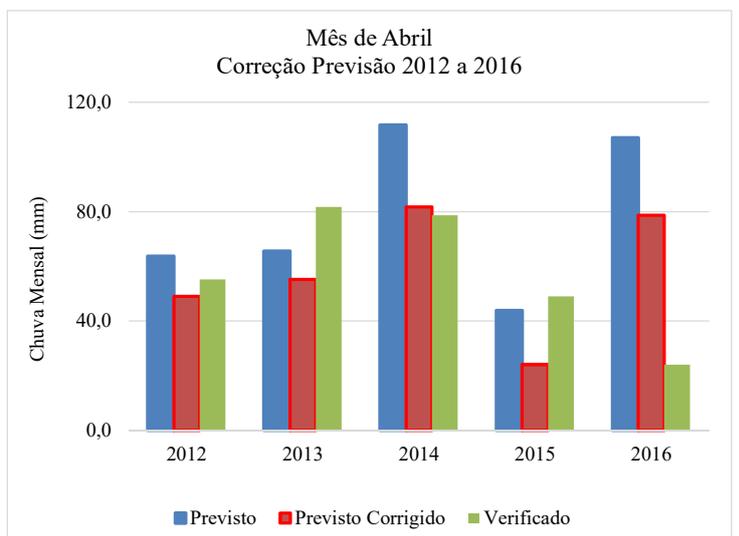
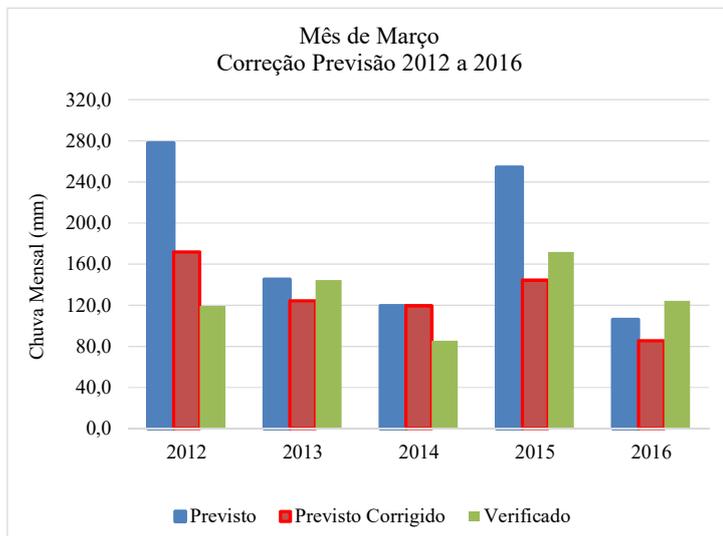
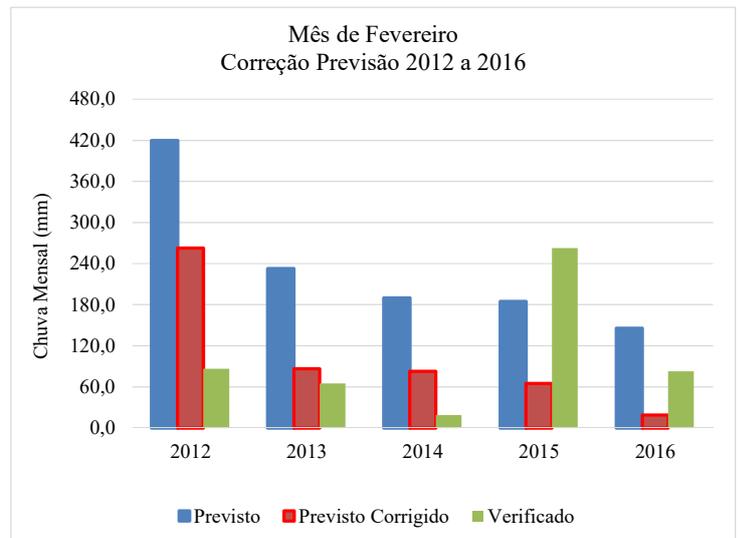
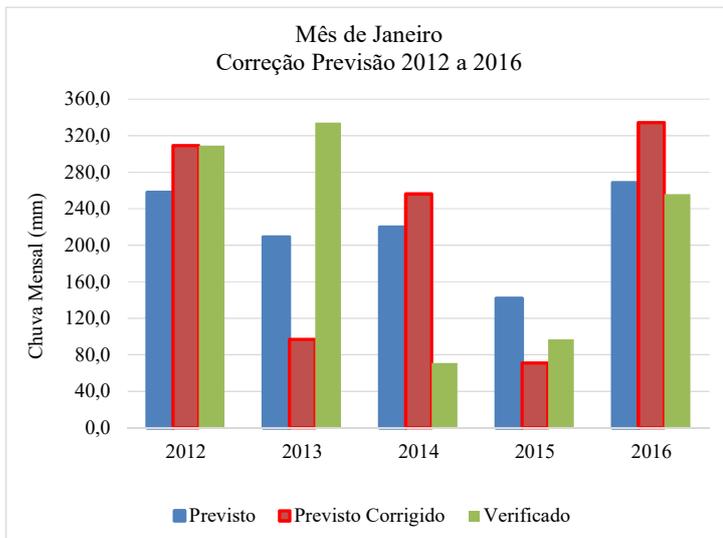


Figura 5 - Correção da chuva prevista pelo modelo CFS com 1 mês de antecedência, para os meses de janeiro a dezembro (continua).

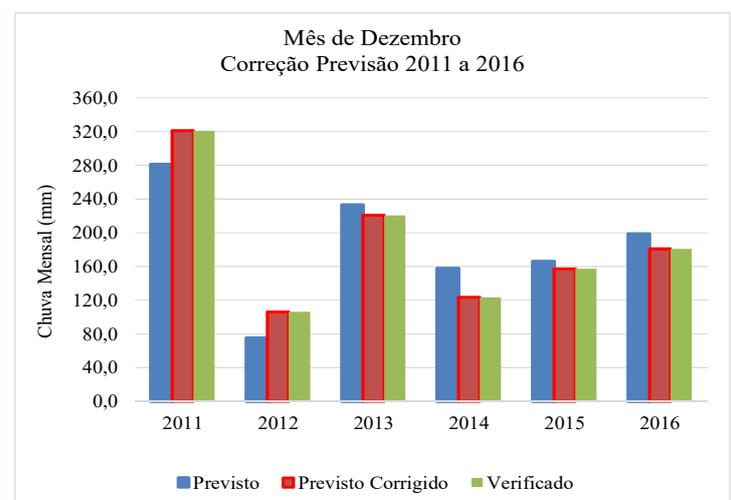
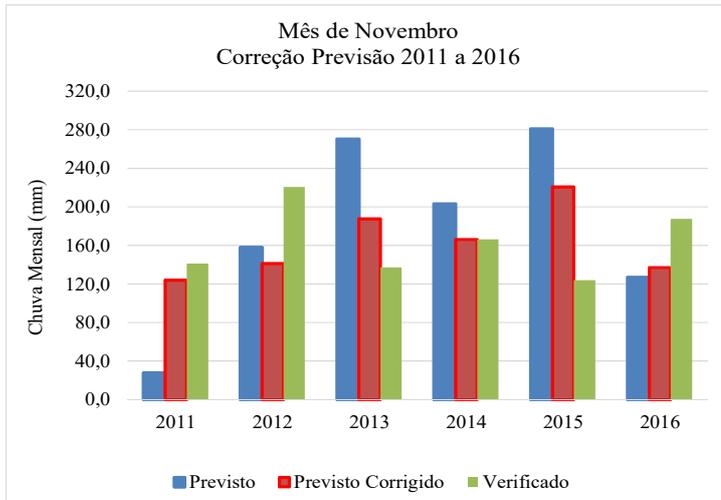
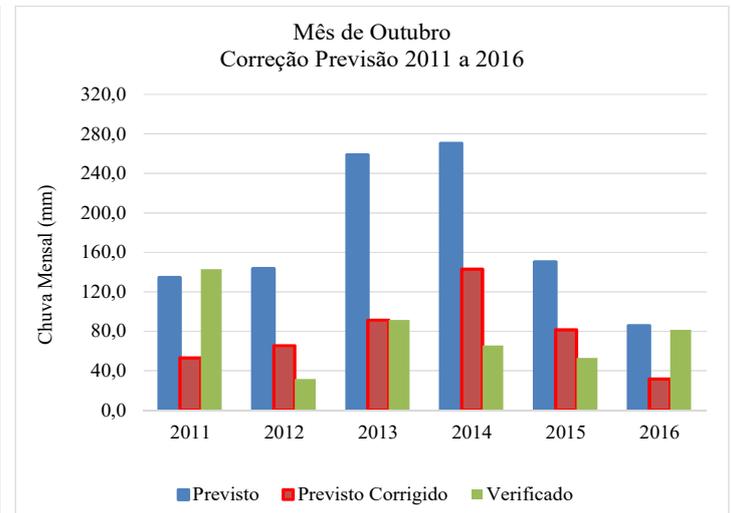
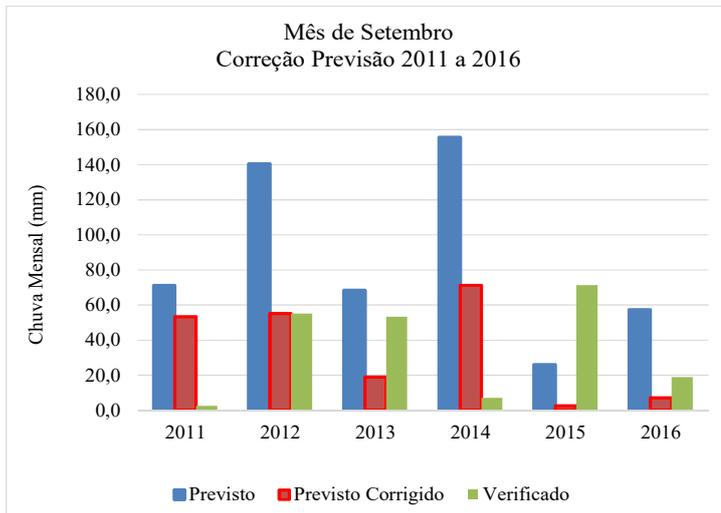
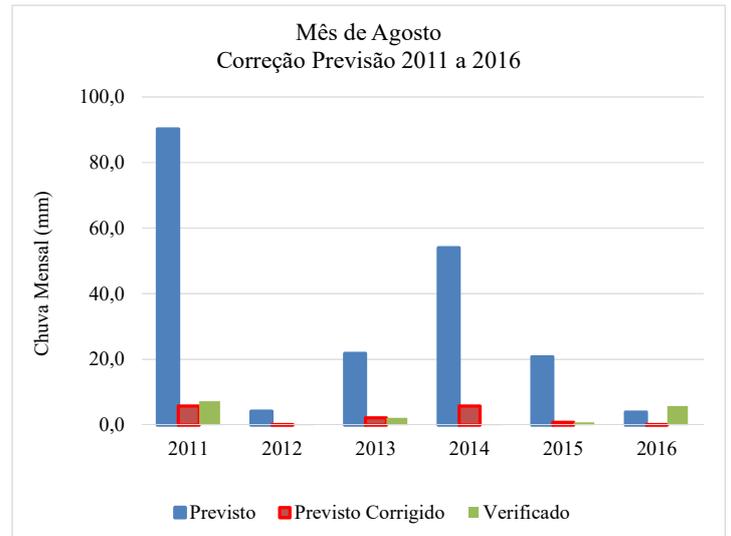
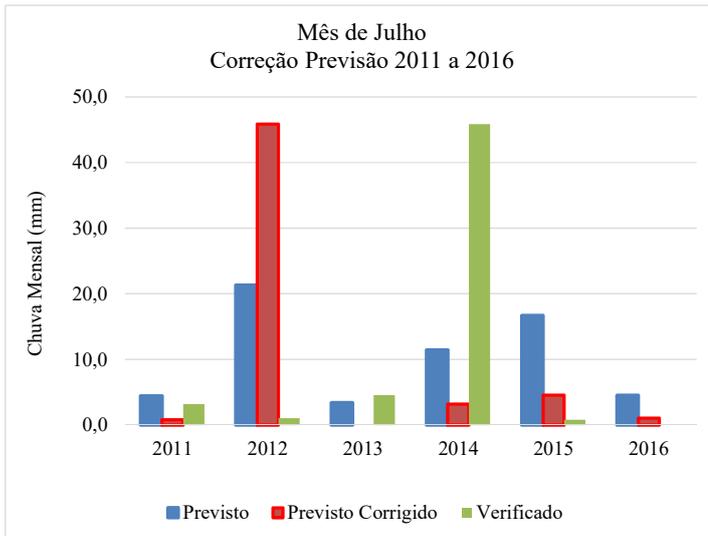


Figura 5 - Correção da chuva prevista pelo modelo CFS com 1 mês de antecedência, para os meses de janeiro a dezembro (conclusão).

A Figura 6 mostra uma comparação entre os resultados previsto, previsto corrigido pelo Modelo CFS, comparados com o verificado.

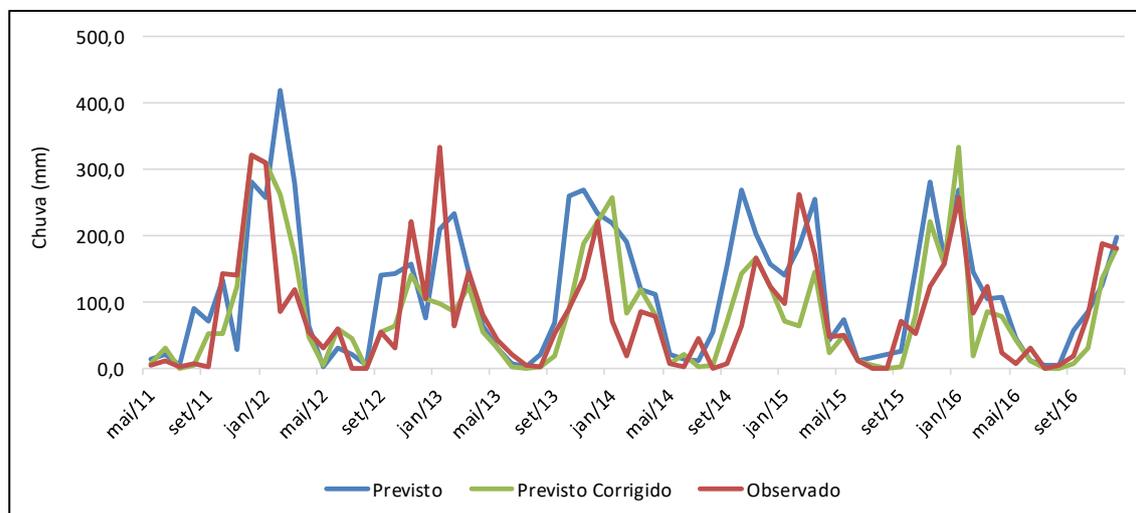


Figura 6 - Comparação da precipitação prevista, prevista corrigida e observada.

A Tabela 03 e a Figura 7 mostram um resumo da previsão do CFS e dessa mesma previsão corrigida para a média de todos os janeiros a dezembro, onde pode-se observar que a metodologia proposta proporcionou ganhos na qualidade da chuva prevista. Destaque para os meses de agosto e dezembro, onde a chuva prevista ficou igual a verificada e os desvios ficaram zerados. Contudo, deve-se também comentar o ocorrido em janeiro, onde a metodologia proposta piorou a qualidade de chuva do modelo CFS.

Tabela 3 - Resumo dos dados e dos desvios médios absolutos do modelo CFS com e sem correção, comparados com a chuva média observada na área.

Data	Dados			Desvios Abs (mm)	
	Observado	Previsto	Previsto Corrigido	Previsto	Previsto Corrigido
Janeiro	213,6	219,3	213,6	76,5	105,2
Fevereiro	103,0	234,4	103,0	162,7	104,6
Março	129,1	180,5	129,1	58,8	34,6
Abril	57,8	78,3	57,8	29,1	23,1
Mai	24,1	31,4	24,1	21,1	12,6
Junho	23,3	16,5	23,3	13,5	12,3
Julho	9,2	10,3	9,2	12,9	16,5
Agosto	2,7	32,4	2,5	30,4	2,1
Setembro	34,7	86,4	34,7	66,8	38,3
Outubro	77,7	173,8	77,7	99,0	46,7
Novembro	162,8	177,8	162,8	94,1	49,2
Dezembro	184,9	185,3	184,9	24,0	0,0
Média	85,3	118,9	85,2	57,4	37,1

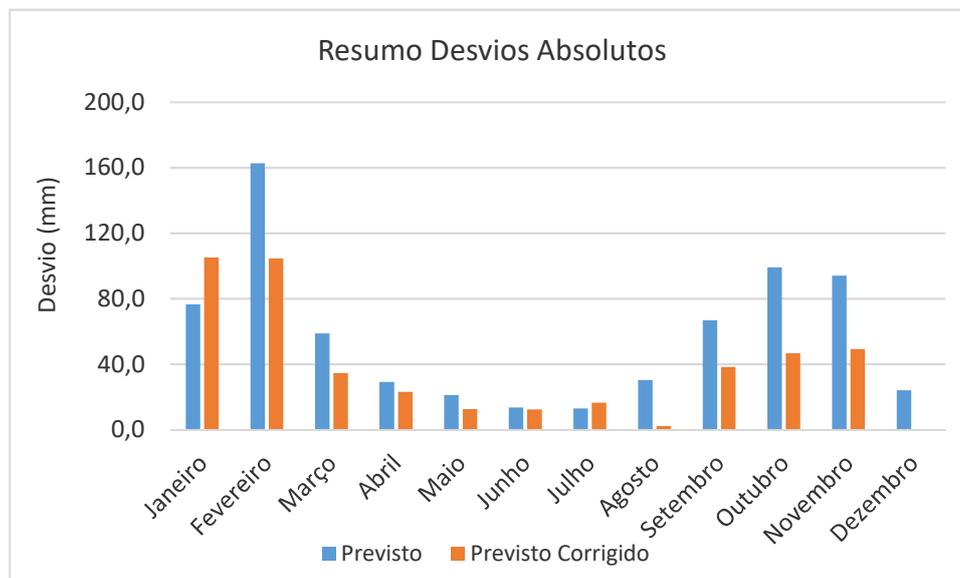


Figura 7 - Resumo dos desvios médios absolutos do modelo CFS com e sem correção, comparados com a chuva média observada na área.

CONCLUSÕES

Observou-se que os valores previstos pelo modelo CFS tendem a superestimar a chuva prevista nos meses de pouca ou nenhuma chuva.

A metodologia utilizada para a correção da previsão de precipitação se mostrou adequada no trabalho apresentado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA - Agência Nacional de Águas (2004). Plano de Recursos Hídricos da Bacia do São Francisco. Resumo Executivo.
- SAHA, S.; COAUTHORS (2010). The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. Submitted to the Bulletin of the American Meteorological Society. Revised: March 25, 2010.
- SAHA, S.; MOORTHY, S.; WU, X.; WANG, J.; *et al.* (2014). The NCEP climate forecast system, Version 2. **Journal of Climate**, v.27, n.6, p.2185-2208.
- SAHA, S.; NADIGA, S.; THIAW, C.; *et al.* (2006). The NCEP Climate Forecast System. **Journal of Climate**, v.19, n.15, p.3483-3517.
- GODDARD, L.; MASON, S.J.; ZEBIAK, S.E.; ROPELEWSKI, C.F.; BASHER, R.; CANE, M.A. (2001). Current approaches to seasonal-to-interannual climate predictions. **International Journal of Climatology**, v.21, p.1111-1152.
- GRAHAM, L.P. (2000). *Large-scale hydrological modeling in the Baltic basin*. Division of Hydraulic Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering, Royal Institute of Technology, Report TRITA-AMI PHD 1033, Stockholm.
- WOOD, A.W.; MAURER, E.P.; KUMAR, A.; LETTENMAIER, D.P. (2002). Long-range experimental hydrologic forecasting for the eastern United States. **Journal of Geophysical Research**, v.107, n.20, p.6 (1-15).