



10418 - Intervalo de Confiança Bootstrap para Tendências Hidrometeorológicas

Saulo Aires de Souza

Helton Saulo Bezerra dos Santos e Dirceu S. Reis Jr

Agência Nacional de Águas e PTRAH/UnB

INTRODUÇÃO

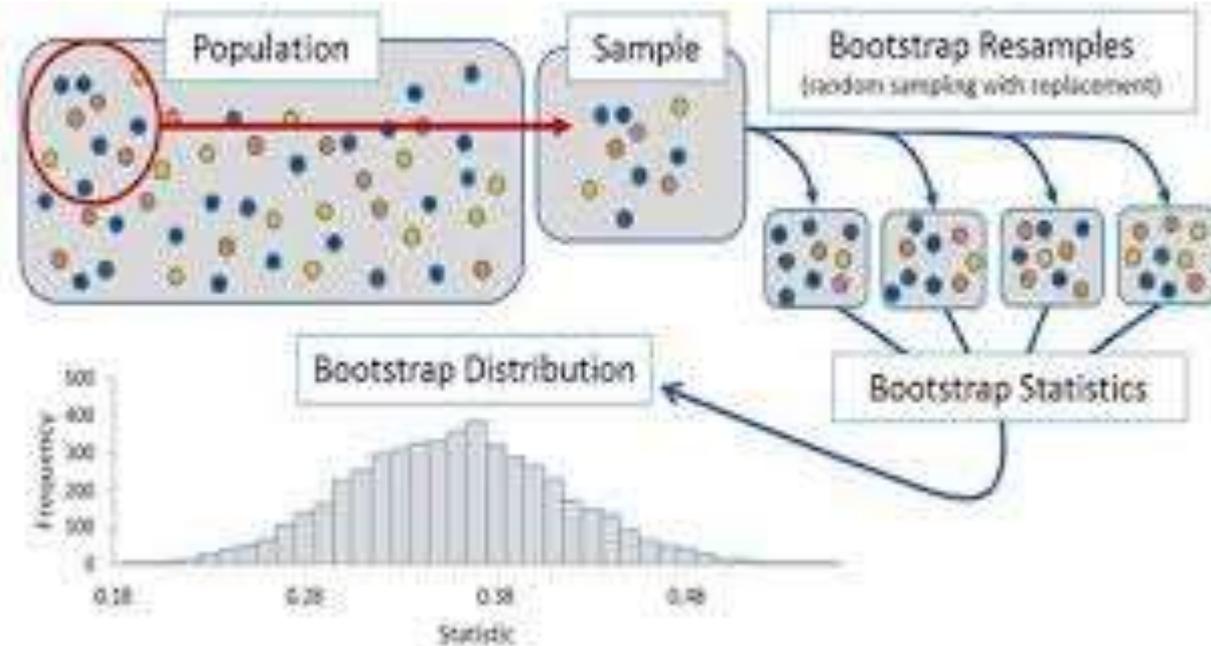
- Detectar **tendências** nas variáveis hidrometeorológicas é uma parte fundamental para o **planejamento de recursos hídricos**;
- A detecção de mudança significativa podem ser avaliadas a partir de **testes de hipótese estatísticos**;
- Teste não paramétrico de **Mann-Kendall (MK)** e o **estimador bsen (magnitude)**;
- Uma forma de informar essa incerteza é construir um **intervalo de confiança (IC)** para o verdadeiro valor da quantidade de interesse.

OBJETIVO

- O objetivo do estudo é avaliar técnicas de reamostragem **Bootstrap** na estimativa do **intervalo de confiança** (IC) do parâmetro de tendência ***bsen***.
- Além da construção dos ICs baseados nas técnicas Bootstrap, foi utilizado métodos baseados na ***distribuição assintótica*** dos estimadores, incluindo a estimativa do IC sugerida por Sen (1968) para o parâmetro ***bsen***.
- Os intervalos foram comparados através do **percentual de cobertura** dos mesmos. Foram também considerados na análise a **largura média do IC** e o **poder do teste**.

METODOLOGIA

Procedimento Bootstrap



METODOLOGIA

Técnica	Descrição	Bootstrap Regressão	Equação	Referências
icrl	Intervalo de Confiança da Regressão Linear	X	$b_{sen} - t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-2} s_b \leq \beta_{sen} \leq b_{sen} + t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-2} s_b$ (3)	(Kundzewicz e Robson, 2004)
icbsen	Intervalo de Confiança bsen	X	$\hat{G}^{-1}(M_1) \leq \beta_{sen} \leq \hat{G}^{-1}(M_2 + 1)$ (4)	(Gocic, e Trajkovic, 2013)
icbs_np_pr	Intervalo de Confiança Bootstrap Gaussiano	Pares	$\hat{\theta}^* - z_{\alpha} SE(\hat{\theta}) \leq \beta_{sen} \leq \hat{\theta}^* + z_{\alpha} SE(\hat{\theta})$ (5)	(Efron e Tibshirani, 1993)
icbs_ts_pr	Intervalo de Confiança Bootstrap t de Student	Pares	$\hat{\theta}^* - t_{\alpha} SE(\hat{\theta}) \leq \beta_{sen} \leq \hat{\theta}^* + t_{\alpha} SE(\hat{\theta})$ (6)	(Efron e Tibshirani, 1993)
icbs_pc_pr	Intervalo de Confiança Bootstrap Percentil	Pares	$\hat{G}^{-1}(\alpha) \leq \beta_{sen} \leq \hat{G}^{-1}(1 - \alpha)$ (7)	(Efron e Tibshirani, 1993)
icbs_bc_pr	Intervalo de Confiança Bootstrap Percentil oAcelerad	Pares	$\hat{G}^{-1}(\alpha_1) \leq \beta_{sen} \leq \hat{G}^{-1}(\alpha_2)$ (8)	(Efron e Tibshirani, 1993)
icbs_np_re	Intervalo de Confiança Bootstrap Gaussiano	Resíduo	$\hat{\theta}^* - z_{\alpha} SE(\hat{\theta}) \leq \beta_{sen} \leq \hat{\theta}^* + z_{\alpha} SE(\hat{\theta})$ (9)	(Efron e Tibshirani, 1993)
icbs_ts_re	Intervalo de Confiança Bootstrap t de Student	Resíduo	$\hat{\theta}^* - t_{\alpha} SE(\hat{\theta}) \leq \beta_{sen} \leq \hat{\theta}^* + t_{\alpha} SE(\hat{\theta})$ (10)	(Efron e Tibshirani, 1993)
icbs_pc_re	Intervalo de Confiança Bootstrap Percentil	Resíduo	$\hat{G}^{-1}(\alpha) \leq \beta_{sen} \leq \hat{G}^{-1}(1 - \alpha)$ (11)	(Efron e Tibshirani, 1993)
icbs_bc_re	Intervalo de Confiança Bootstrap Percentil oAcelerad	Resíduo	$\hat{G}^{-1}(\alpha_1) \leq \beta_{sen} \leq \hat{G}^{-1}(\alpha_2)$ (12)	(Efron e Tibshirani, 1993)

METODOLOGIA

SIMULAÇÃO MONTE CARLO

ETAPA 1 - primeiro, gera-se uma amostra (Monte Carlo) de acordo com determinada característica da série desejada;

ETAPA 2 - depois é calculado a estimativa do **bsen** para a amostra original;

ETAPA 3 - o passo seguinte é a definição do intervalo de confiança para o nível de confiança de 95% utilizando as diferentes abordagens (teórica e Bootstrap);

ETAPA 4 - após a definição do intervalo de confiança é realizada a verificação se o verdadeiro valor do **bsen** está contido nos diferentes intervalos.

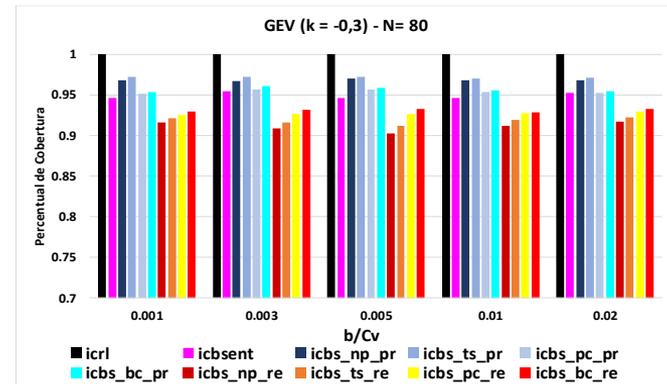
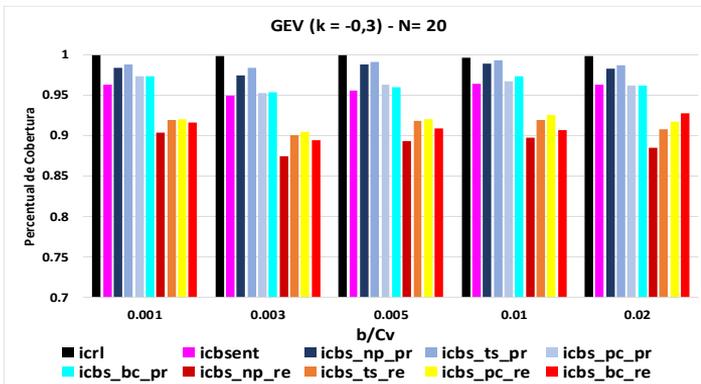
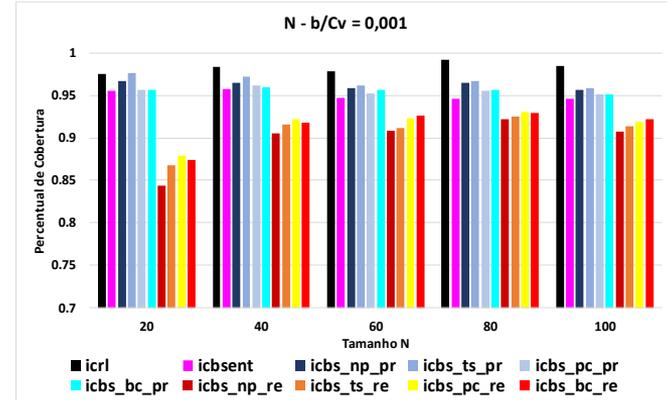
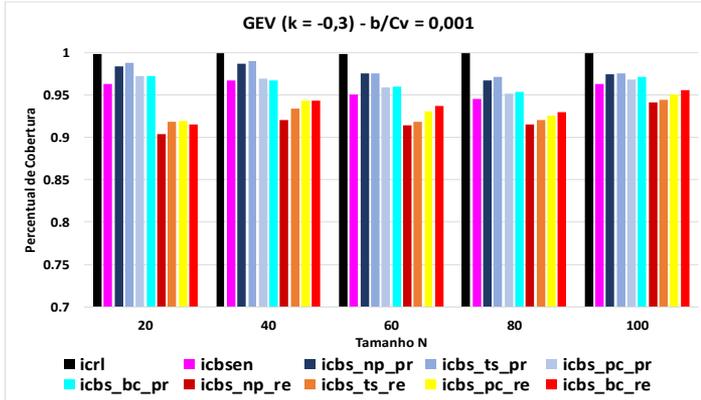
As etapas 1 a 4 são repetidos 1000 vezes e ao final é avaliado a **taxa de cobertura** ou o **percentual de vezes** que cada intervalo de confiança conteve o **valor verdadeiro** do **bsen**.

O grau de concordância entre essa taxa de cobertura e o nível de confiança pré-especificado fornece uma validação quantitativa da **acurácia** de cada uma das abordagens utilizadas na definição do intervalo de confiança

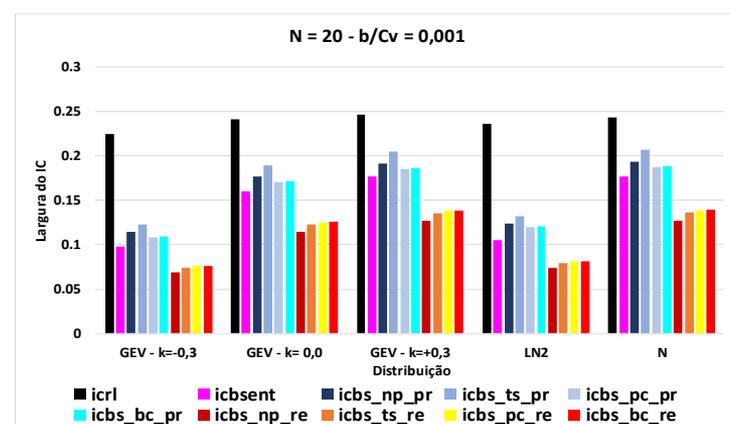
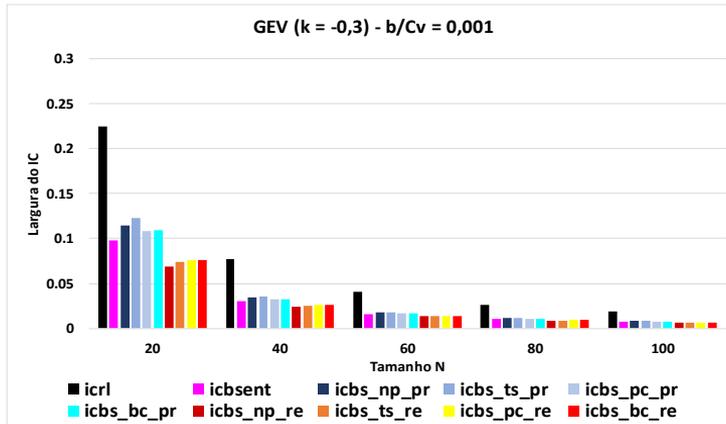
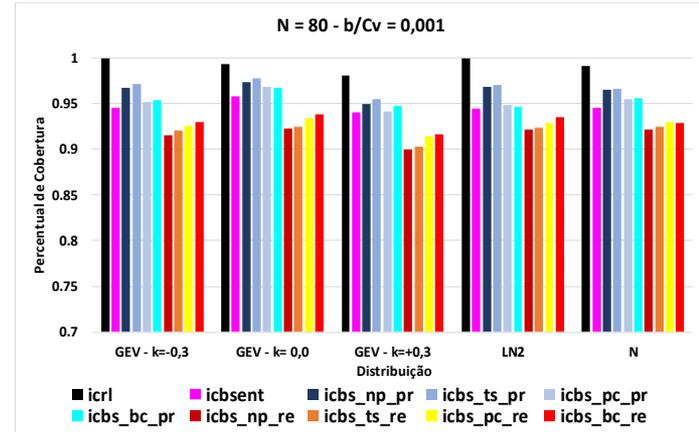
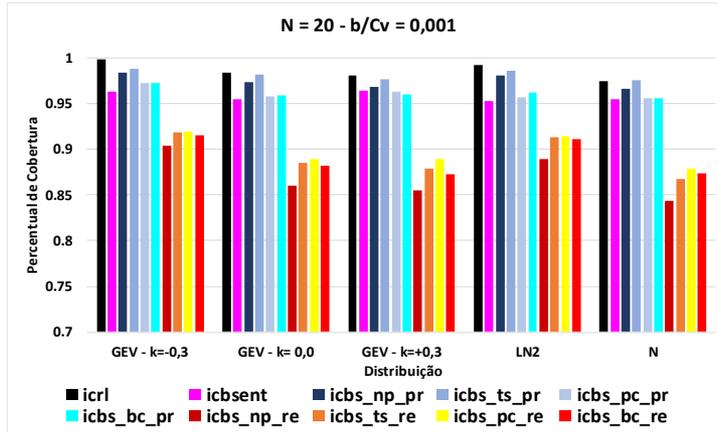
Foram também considerados na análise a **largura média do IC** e o **poder do teste**.

Característica Estatística	Valores Analisados
Tipo de Distribuição	Normal (N), Log Normal (LN2), GEV ($k_0=-0,03$; -0,01;0,0;0,01 e 0,03)
Tamanho amostral (n)	10 (10) 100
Coefficiente de Variação (Cv)	0,1 (0,1) 1,0
Magnitude da Tendência (bsen)	0,001 (0,002) 0,01

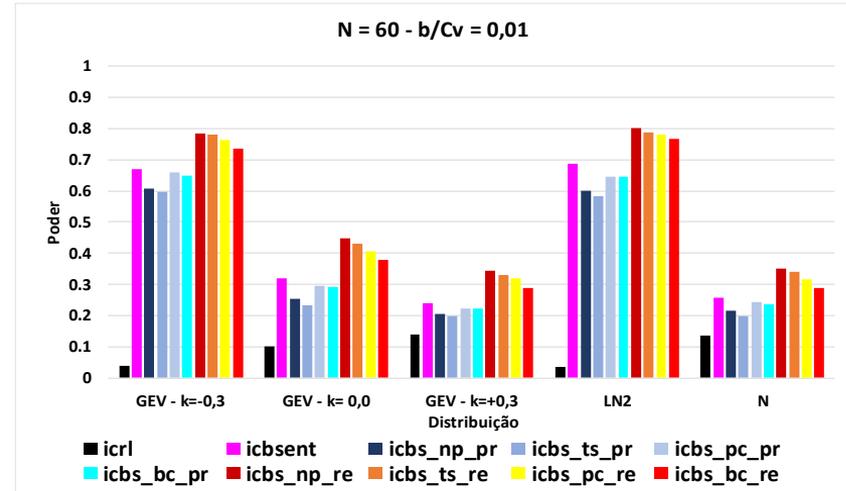
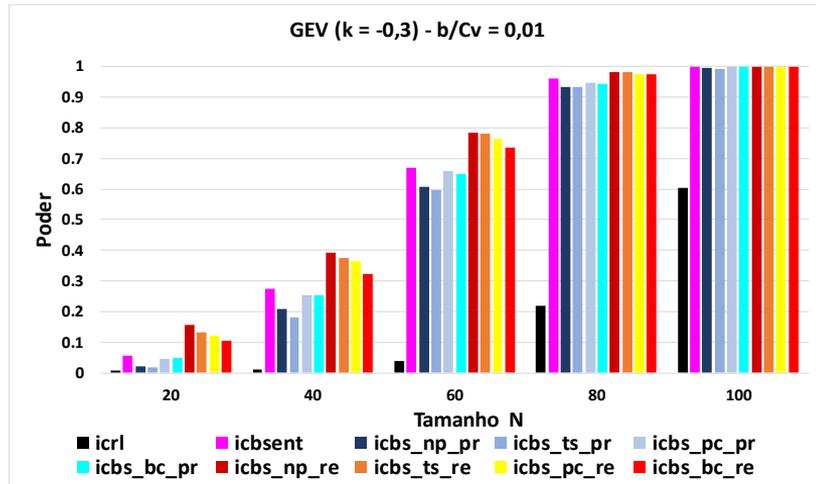
RESULTADOS



RESULTADOS



RESULTADOS



CONCLUSÕES

- Os resultados obtidos sinalizaram que o *icbsen* e as 4 técnicas *Bootstrap* por **pares** apresentaram **maior acurácia** no percentual de cobertura, com desempenho bastante similares;
- Já as estimativas dos ICs das 4 técnicas *Bootstrap* por **resíduos** embora *subestimem* os ICs, apresentam **maior precisão** (menores larguras) e por conseguinte maior **poder**;
- Observou-se que as diferentes *distribuições* utilizadas não impactaram de forma expressiva o **percentual de cobertura** do IC, no entanto afetam a **largura e o poder**;
- Por fim pode-se concluir que os ICs produzidos pelas técnicas Bootstrap tiveram uma **adequada cobertura** e podem ser utilizados como uma importante ferramenta para avaliar a **incerteza** de parâmetros associados a **magnitude** da tendência em séries hidrometeorológicas, como é o caso do *bsen*.

Agradecimentos

OBRIGADO!

saulo.souza@ana.gov.br

Este artigo é uma contribuição da Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais, convênio FINEP/ Rede CLIMA 01.13.0353-00. Os autores também gostariam de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Agência Nacional de Águas (ANA) pelo financiamento do projeto intitulado “Impacto das Mudanças Climáticas em Extremos Hidrológicos (secas e cheias)” por meio do Edital CAPES/ANA de Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos No. 19/2015.

