

# ANÁLISE DA TENDÊNCIA DO NÍVEL DO MAR NA COSTA DO BRASIL

Tábata Saturnina Trindade de Moraes<sup>1</sup>, Thelma Sáfiadi<sup>2</sup>,  
Juscélia Dias Mendonça<sup>1</sup>

**Resumo:** *Neste estudo, foi usada uma abordagem não-paramétrica para determinar tendências no nível do mar. Investigou-se comportamentos de tendência na série de Cananéia e Ilha Fiscal usando o teste Mann-Kendall. Como resultado, a série de Cananéia apresentou tendência crescente e a de Ilha Fiscal, apresentou decrescimento na tendência.*

**Palavras-chave:** *Tendência, Séries Temporais, Nível do mar e Mann-Kendall.*

**Abstract:** *This study analyzes the trend of sea level in Cananéia and Fiscal Island, showing increasing and decreasing.*

**Keywords:** *Tendency, Time Series, Sea level and Mann-Kendall.*

## 1 Introdução

A análise da tendência em variáveis climáticas tem sido um elemento central de pesquisas em mudanças climáticas e variabilidade. Neste estudo, considerou-se alterações no nível do mar como um indicador que pode ser associado a possíveis mudanças climáticas. É evidente que o aumento do nível do mar recebe e merece mais atenção do que queda do nível do mar. Existem dois tipos básicos de mudança do nível do mar: primeiro, implicando mudança mundial no nível médio do mar, por causa da diminuição ou aumento do volume do oceano e, segundo, mudanças locais do nível médio do mar resultantes do movimento da crosta vertical.

Um comprimento de registro superior a 25 anos é desejável para determinar tendências em longo prazo e alterações do nível do mar (Zervas, 2001). A fim de identificar tendências, Reinhard et al. (2003) utilizaram o modelo de regressão por mínimos quadrados para explorar tendência de longo prazo nas estatísticas de dados de maré (ou seja, o mais alto de água, média alta water, significa baixa de água, etc.) O comprimento dos dados foi escolhido como pelo menos 20 anos em seu estudo. Comparando com os comprimentos das séries utilizados em estudos anteriores, os registros disponíveis ao longo da costa do Brasil contém apenas três estações que se adequam à quantidade de dados necessária. Dessa forma, o objetivo desse estudo é obter uma visão aproximada da variação da tendência do nível do mar usando métodos não paramétricos e paramétricos.

---

<sup>1</sup>DEST - UFMT. e-mail: [tabatamoraes@ufmt.br](mailto:tabatamoraes@ufmt.br)

<sup>2</sup>DEX - UFLA.

## 2 Material e métodos

Os dados de níveis médios do mar foram obtidos do The Global Sea Level Observing System (GLOSS) database - University of Hawaii Sea Level Center. Eles consistem em elevações médias mensais do nível do mar (mm) em Cananéia, (Brasil) pertencente ao oceano Atlântico, no período de jan./1955 a mar./2007, cuja estação costeira tem a localização (25°01'S47°56'W) e Ilha Fiscal (Brasil) pertencente ao oceano Atlântico, no período de jan./1965 a mar./2013, cuja estação costeira tem a localização (22°54'S43°10'W).

Existem muitos métodos paramétricos e não paramétricos que foram usados para a análise de tendência (Zhang et al., 2006). Testes de tendência paramétricos são mais poderosos do que os não-paramétrico, mas são necessários dados independentes e normalmente distribuídos. Portanto, os testes de tendência não paramétricos foram consideradas para este estudo para detectar as tendências do nível do mar. Performances de quatro métodos não paramétricos, T de Sen, rho de Spearman, Mann- Kendall e método sazonal de Kendall, foram testados por Kahya e Kalayci (2004), eles constataram que os quatro métodos apresentam resultados semelhantes na maioria dos casos, no entanto o método mais poderoso do que o método sazonal de Kendall. Portanto este teste que é um dos testes não paramétrico mais utilizados para a detecção de tendências em séries temporais, foi utilizado neste estudo para detectar a tendência em séries temporais de nível do mar.

Alguns pesquisadores têm sugerido que o *prewhitening* deve ser realizado em conjuntos de dados antes de se realizar o teste sazonal de Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975), para eliminar o efeito de autocorrelação dos dados, mas outros sugeriram não fazê-lo, a menos que as características do conjunto de dados atendam a certas condições (Bayazit e Onoz, 2007).

O teste sazonal de Kendall não terá resultados precisos se ocorrer alterações no sinal da tendência (ou seja, tendência de positiva para negativa). Portanto, antes de aplicar o teste é importante para verificar tal mudança de sinal e, em seguida, aplicar o teste para os dados a partir daquele ano. Isto foi realizado neste estudo utilizando a técnica das somas acumuladas (CUSUM, descrito em Chowdhury and Beecham (2010)). O estimador de declive de Sen (Sen, 1968) também foi usado para quantificar a magnitude da mudança de nível do mar ao longo do tempo para cada estação.

O teste CUSUM foi o primeiro realizado em cada uma das séries para verificar a existência de qualquer alteração estatisticamente significativa nas tendências. Posteriormente, os dados da série temporal de chuvas foram individualmente analisados para os critérios de *prewhitening* para verificar se o processo era necessário ou não. Foi então realizado, para detectar aumento / diminuição das tendências do nível do mar, o teste sazonal de Kendall. Finalmente, o estimador de declive Sen foi usado para quantificar a magnitude da mudança ao longo do tempo.

## 3 Resultados e discussões

Os resultados do teste CUSUM mostraram alterações estatisticamente significativas apenas na tendência da Ilha Fiscal, dessa forma foi considerada para análise com teste de Kendall, apenas a série a partir de março de 1978, para Cananéia não foram detectadas alterações.

Este estudo satisfaz os critérios propostos para que não seja necessária a aplicação do processo *prewhitening*. Assim foi aplicado o teste sazonal de Kendall para os dados de séries temporais de nível médio do mar sem que fosse necessário realizar o "branqueamento" da série.

Pode ser visto a partir da Tabela 1 que todos os meses apresentaram resultados significativos para tendência, bem como inclinação positiva. A análise anual da série de Cananéia também se mostrou significativa, como já era esperado, de acordo com a análise mensal.

Na tabela 2 podemos identificar inclinação decrescente para a série da Ilha Fiscal apenas nos meses fevereiro e março, os demais não apresentaram tendência significativa, inclusive a série anual não apresentou resultado significativo para a existência de tendência. Tal resultado contraria a maioria das projeções realizadas com relação ao crescimento do nível do mar.

Tabela 1: Estatística do teste Kendall sazonal, significância do teste e inclinação Sen para a série de Cananéia de janeiro de 1955 a março de 2007.

	Estatística Kendal	Significância	Inclinação Sen
jan.	5.5492	2.86e-08	2.0000
fev.	4.3648	1.27e-05	2.3333
mar.	5.0038	5.62e-07	1.7778
abr.	5.0437	4.56e-07	1.8292
mai.	5.1689	2.35e-07	1.5556
jun.	6.2029	5.54e-10	2.0769
jul.	5.9423	2.80e-09	2.0000
ago.	5.6740	1.39e-08	1.5428
set.	5.1377	2.78e-07	2.3846
out.	5.2247	1.74e-07	2.1052
nov.	5.1464	2.65e-07	2.2564
dez.	5.0745	3.88e-07	1.8484
Anual	5.8674	2.78e-07	1.9654

Tabela 2: Estatística do teste Kendall sazonal, significância do teste e inclinação Sen para a série da Ilha Fiscal de março de 1978 a março de 2013.

	Estatística Kendal	Significância	Inclinação Sen
jan.	-1.4913	0.1358	-1.7241
fev.	-1.9896	0.0466	-2.1667
mar.	-1.9222	0.0545	-2.7059
abr.	-0.2551	0.7986	-0.3043
mai.	-0.5103	0.6097	-0.5652
jun.	-0.2041	0.8382	-0.2105
jul.	0.5442	0.5862	1.5000
ago.	-1.1228	0.2615	-2.0714
set.	0.8163	0.4142	2.0000
out.	0.3401	0.7337	0.5238
nov.	-0.4254	0.6705	-1.1304
dez.	-0.6974	0.4855	-2.0000
Anual	0.7895	0.4855	-0.4156

## 4 Conclusões

Vários estudos têm sido realizados a nível global para analisar como se comporta o nível do mar. Alguns destes estudos sugerem que qualquer análise deve ser realizada a nível de escala local, isto porque embora a mudança do nível do mar é um fenômeno global, sua variação pode ser diferente de uma localização para a outra.

No presente estudo foram encontradas tendências em ambas as séries analisadas, porém, apesar de as duas séries serem localizadas no Brasil, elas apresentam comportamento diferente ao longo do tempo.

A série de Cananéia apresentou um comportamento, de certa forma, esperado de acordo com a maioria dos estudos que apontam o crescimento do nível do mar nos últimos anos.

Na Ilha Fiscal foi encontrada, em geral, tendência decrescente. Uma análise mais completa, possivelmente envolvendo outras variáveis, seria interessante para avaliar tal decrescimento.

O objetivo principal deste estudo foi a análise da tendência para as duas séries de nível do mar, não foram consideradas previsões para as tendências, porém é possível analisar os potenciais impactos da elevação global do nível do mar, o que causaria sérios problemas em todo o mundo.

## Referências

- [1] Bayazit M, Onoz B. 2007. To prewhiten or not to prewhiten in trend analysis. **Hydrological Sciences Journal**. 52(4): 611-624.
- [2] Chowdhury RK, Beecham S. 2010. Australian rainfall trends and their relation to the southern oscillation index. **Hydrological Processes**.24(4): 504-514.
- [3] GLOSS- **The Global Sea Level Observing System**. Disponível em <http://ilikai.soest.hawaii.edu/uhs/c/woce.html>. Acesso em dezembro de 2013.
- [4] Kahya E, Kalayci S. 2004. Trend analysis of streamflow in Turkey. **Journal of Hydrology**. 289(1-4): 128-144.
- [5] Kendall MG. 1975. **Rank correlation measures**. Charles Griffin: London, UK.
- [6] Mann HB. 1945. Nonparametric tests against trend. **Econometrica** 13(3): 245-259.
- [7] Reinhard, E. F., Murray, J. F., and Ewing, L. C., 2003: Trends in United States tidal datum statistics and tide range. **J. of Waterway, Port, Coastal and Ocean Eng.**, 129(4), 155-164.
- [8] Zervas, C., 2001: Sea level variations of the United States 1854-1999. **NOAA Technical Report**. NOS COOPS 36, Maryland, p 80.
- [9] Zhang X, Vincent, L. A., Hogg, W. D., and Niitsoo, A., 2000: Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century. **Atmosphere Ocean**, 38(1), 395-429.