

## Estudos e aplicação de métodos estatísticos de previsão

## Studies and application of statistical forecasting methods

### RESUMO

**Fabiana Pereira Ianse**  
[ianse@alunos.utfpr.edu.br](mailto:ianse@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná, Medianeira, Paraná,  
Brasil

**Samuel Bellido Rodrigues**  
[samuelb@utfpr.edu.br](mailto:samuelb@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná, Medianeira, Paraná,  
Brasil

Este trabalho apresenta previsões obtidas, via implementação na linguagem R, da análise de deformações presentes em barragens de contrafortes medidas pelo instrumento denominado pêndulo, bem como das séries temporais obtidas dos termômetros instalados na estrutura. Foram aplicadas análises estatísticas e o método de suavização exponencial de holt-winters. As séries TEMPORAIS são compostas por medidas de deslocamento e temperatura coletadas mensal e diariamente, nessa ordem. São apresentadas também as comparações entre os dados obtidos pela previsão e os reais, bem como o erro relativo percentual entre eles. O modelo previu com considerável precisão as séries trabalhadas visto que apresentou erros abaixo de 10% para ambos instrumentos. Sobretudo, ressalta-se que esta previsão pode ser otimizada se aplicados métodos mais complexos, como os arima.

**PALAVRAS-CHAVE:** Previsão. Série temporal. Holt-Winters.

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



### ABSTRACT

This work presents forecasts obtained by implementation in the R language of deformation analysis of counterfort dams, measured by pendulum instrument, as well as the time series obtained from thermometers installed in the framework. Were applied statistical analysis and the holt – winters exponential smoothing method. The time series are composed by displacement and temperature measures that are collected monthly and daily, in that order. It also presents the basic statistics measures of these series and the comparisons between the forecast data in the real ones, as well as the percentual relative error between them. The model previewed with accuracy the worked series whereas it has small errors – bellow 10% for both instruments. However, it is emphasized that this forecast can be optimized if more complex methods are applied, like the ARIMA.

**KEYWORDS:** Prediction. Time series. Holt-Winters.

## INTRODUÇÃO

As previsões se tornaram parte do cotidiano conforme a matemática evoluiu, assim como a preocupação em prevenir acidentes com barragens, visto os acontecimentos dos últimos anos. Considerando que, de acordo com Matos (2002), um dos principais motivos para monitoramento e instrumentação de barragens é diagnosticar com antecedência eventos adversos que possam acontecer a fim de preveni-los, objetivou-se a construção de um script na linguagem R, que é um software livre, com a funcionalidade de realizar previsões que agreguem informações na análise destas deformações que um bloco de contraforte pertencente a uma barragem hidrelétrica em atividade pode sofrer.

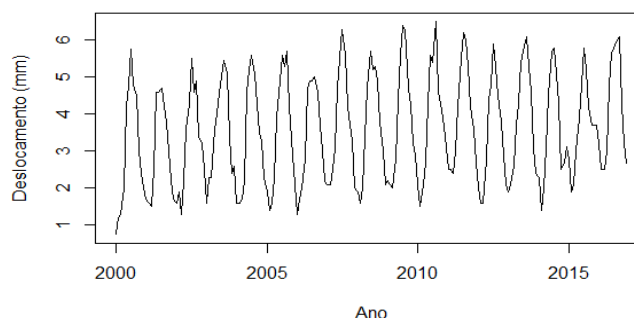
Para tal, foi necessário criar uma base em áreas como: instrumentação de barragens – dando ênfase em pêndulos e termômetros, pois, ainda parafraseando Matos (2002), estes instrumentos são responsáveis por mensurar duas das principais deformações: temperatura e deslocamento –, manipulação de dados e conceitos básicos sobre séries temporais e métodos de previsão. Dentre esses métodos, foi aplicado o modelo de Holt-Winters – que, como relatam Morettin e Tolo (2006), baseia-se na suavização exponencial das séries, relacionando-as em parâmetros, para realizar a previsão – sobre dois instrumentos, um pêndulo e um termômetro e verificado qual o erro relativo entre a medida real e a previsão concebida.

## METODOLOGIA

Para obter as previsões foi utilizado o software *Rstudio*, as bibliotecas *xlsx* e *readxl* e *forecast* – criada por Rob Hyndman, como pode ser visto em Hyndman R., et al., 2019. Onde foi desenvolvido um código para o método de Holt-Winters. O método, de acordo com Morettin e Tolo (2006), consiste na suavização exponencial das séries temporais através de parâmetros relacionados ao nível, tendência e sazonalidade e possui duas vertentes: multiplicativa e aditiva. Na multiplicativa, supõe-se que a amplitude da sazonalidade varie ao longo do tempo, enquanto a tendência ainda possuiria comportamento linear, conforme Silva e Costa (2010). Enquanto na aditiva, parafraseando Albuquerque e Serra (2006), a amplitude da sazonalidade é constante.

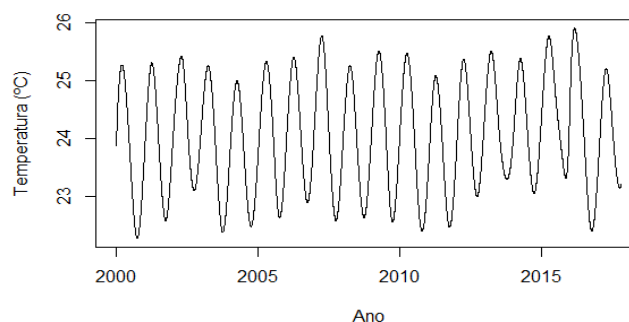
Este código possibilitou prever as séries temporais de cada instrumento para o ano seguinte. Os instrumentos utilizados foram um termômetro e um pêndulo de um bloco de contraforte. Nas simulações, foram utilizados os dados tratados de 2000 a 2016 de modo que a previsão realizada seja para o ano de 2017, sendo, assim, possível fazer comparação entre os dados reais e os previstos. As séries temporais utilizadas no processo são representadas nas figuras 1 e 2.

Figura 1 – Série temporal do pêndulo correspondente aos anos de 2000 a 2016 utilizada para a previsão



Fonte: Produção autoral (2019).

Figura 2 – Série temporal do termômetro correspondente aos anos de 2000 a 2016 utilizada para a previsão



Fonte: Produção autoral (2019).

No pêndulo, foi aplicado Holt-Winters aditivo, já que pode possuir valores negativos em sua série temporal. Enquanto no termômetro, cujo pacote de dados é diário, foi utilizado o método multiplicativo, pois ele permite mais exatidão em previsões com séries mais longas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados tratados foram simulados no software RStudio, que gerou os valores previstos. Estes eram salvos em planilhas do Excel, onde foram plotados junto às séries originais dos aparelhos. Nas simulações representadas pelas tabelas 1 e 2 e figuras 3 e 4, foram apresentados apenas dois instrumentos – mesmo que haja treze analisados até o momento – um pêndulo e um termômetro.

Para o termômetro, foram obtidos resultados para cada um dos dias de 2017, porém não é viável apresentar uma tabela comparativa com todos os 365 dados. Dessa forma, é apresentado na tabela 2 uma comparação entre as primeiras duas semanas obtidas, a fim de ilustrar a comparação.

As tabelas 1 e 2 apresentam a comparação entre os valores previstos obtidos em software e os reais, bem como o erro relativo percentual entre eles.

Tabela 1 – Cálculo do erro percentual entre a série prevista para o pêndulo e a original

Deslocamento original (mm)	Deslocamento previsto (mm)	Erro relativo percentual (%)
2.35000	2.522518	7.341191489
2.14120	1.973063	7.852585448
2.20000	2.194936	0.230181818
2.84850	3.05861	7.376162893
4.40000	4.453373	1.213022727
5.41170	5.435779	0.444943363
5.50523	5.905188	7.264990282
5.02960	5.755031	14.42331047
4.53015	5.070794	11.93435096
4.27060	3.932322	7.921088372
3.67900	3.317814	9.817504757
3.27318	2.892027	11.6447055
Média dos erros:		7.28866984

Fonte: Produção autoral (2019)

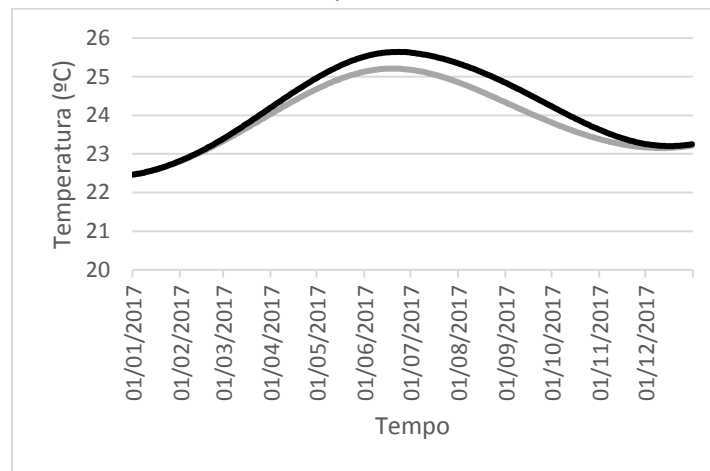
Tabela 2 – Cálculo do erro percentual entre série prevista para o termômetro e a original.

Temperatura original (°C)	Temperatura prevista (°C)	Erro relativo percentual (%)
22.465474	22.465490	0.000070
22.471924	22.471950	0.000114
22.478736	22.478790	0.000242
22.485904	22.486000	0.000425
22.493427	22.493580	0.000681
22.501299	22.501520	0.000981
22.509518	22.509820	0.001343
22.518079	22.518480	0.001782
22.526978	22.527500	0.002317
22.536212	22.536880	0.002963
22.545778	22.546610	0.003692
22.555670	22.556680	0.004478
22.565886	22.567110	0.005425
22.576421	22.577880	0.006460
Média dos erros percentuais:		0.221239

Fonte: Produção autoral (2019).

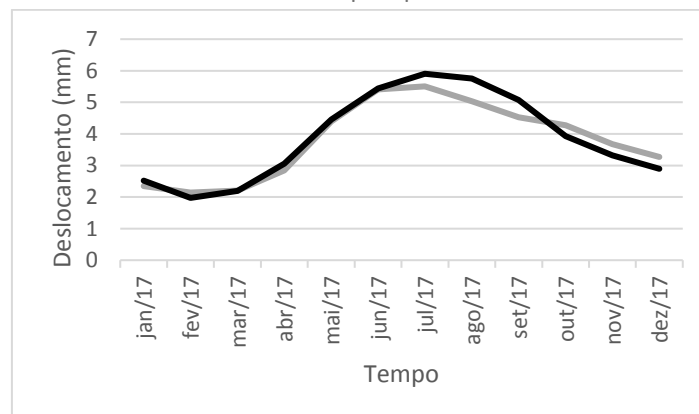
Comparando graficamente as séries previstas e originais, obteve-se as figuras 3 e 4. A série original se apresenta em cinza e a prevista, em preto.

Figura 3 – Comparação entre os valores previstos e a série real de temperatura mensurada pelo termômetro.



Fonte: Produção autoral (2019)

Figura 4 – Comparação entre os valores previstos e a série real de deslocamento mensurada pelo pêndulo.



Fonte: Produção autoral (2019)

Tanto a série do pêndulo quanto a do termômetro apresentaram boas previsões. Ainda não são exatas, possuem uma margem de erro que, apesar de pequena, pode ser diminuída em métodos mais complexos. Porém, estes foram os únicos instrumentos a apresentarem uma boa previsão utilizando o método de Holt-Winters. Para obter uma boa previsão aos restantes, é necessário a aplicação de modelos mais detalhistas como os ARIMA.

## CONCLUSÃO

O código construído foi eficaz e simples, de forma que pode ser alterado e otimizado facilmente, sem exigir muito do operador e da máquina. O método escolhido para o estudo é um dos mais comuns e aplicados no ramo de previsões, porém demonstrou-se simplista demais para este estudo. Apesar do método trabalhado ser eficiente em dois instrumentos, nos demais não é indicado utilizado – as curvas de previsão e dados originais não se assemelham. Portanto, é

necessário prosseguir com os estudos testando outros modelos preditivos mais preciso, como os ARIMA.

### REFERÊNCIAS

HYNDMAN, R. J. forecast: Forecasting Functions for Time Series and Linear Models, 2019. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/forecast/forecast.pdf>

MATOS, Silvia Frazão. **Avaliação de instrumentos para auscultação de barragem de concreto**: Estudo de caso: deformímetros e tensômetros para concreto na barragem de Itaipu. Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Carlos Aurélio Nadal. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. 2. ed. rev. e aum. São Paulo - SP: Edgard Blücher, 2006. 564 p.

ALBUQUERQUE, J. C. S.; SERRA, C. M. V. **Utilização de modelos de holt-winters para a previsão de séries temporais de consumo de refrigerantes no Brasil**. XXVI ENEGEP, Fortaleza - CE, out. 2006. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006\\_TR460317\\_7576.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR460317_7576.pdf). Acesso em: 18 ago. 2019.

SILVA, D. A.; COSTA, D. F. **A utilização do modelo Holt Winters na elaboração de um orçamento de resultado de uma cooperativa de crédito rural**. XVII Congresso Brasileiro de Custos, Belo Horizonte - MG, nov. 2010. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/download/774/774>. Acesso em: 18 ago. 2019.