

## ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO EM SÉRIES TEMPORAIS

ROBERTO MATTES HORN<sup>1</sup>; FRANCISCO MAZZAROLO SEGER<sup>2</sup>; GEAN NASCIMENTO ROCHA<sup>3</sup>; ROGÉRIO COSTA CAMPOS<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Discente UFPel/Agronomia – robertomhorn@gmail.com

<sup>2</sup>Discente UFPel/Agronomia – franciscoseger@hotmail.com

<sup>3</sup>Discente UFPel/ Engenharia Agrícola – gean.r91@gmail.com

<sup>4</sup>Docente UFPel/Departamento de Matemática e Estatística – rogerio.c.campos@hotmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

A distribuição de observações faltantes em séries temporais de índices de vegetação influencia o desempenho de métodos para reconstrução da série. Métodos de filtragem de séries temporais são sensíveis à distribuição da informação útil remanescente na série observada. Simulações empíricas constituem uma importante ferramenta para prever o efeito da distribuição de dados faltantes nos resultados da filtragem. Para a realização de simulações é necessário adotar uma distribuição de disponibilidade de dados que represente o padrão de perturbação da série e uma hipótese para tratar o ruído remanescente. A introdução empírica do ruído pode então ser realizada com base em uma distribuição teórica, cujos parâmetros podem ser permutados para avaliar a qualidade das séries reconstruídas sob diferentes modelos teóricos de distribuições. Uma limitação dessa abordagem é a falta de informação sobre a real distribuição do ruído. Na aquisição de série de índices de vegetação, a atmosfera, o sensor e o alvo interagem de forma complexa e dificulta a separação da componente do ruído embebida na série. Na ausência de estudos que proponham soluções para determinação da distribuição de ruído na aquisição da série reais, simulações empíricas pouco baseadas na real característica da série, têm sido utilizadas. Uma metodologia proposta foi o modelo de distribuição binomial de perturbação de séries de 16 dias de IV para avaliar o impacto da filtragem para diferentes proporções de perda de informação útil (HIRD; MCDERMID, 2009). Uma série temporal de IV pode ser perturbada por um ruído dado por uma distribuição binomial com parâmetros  $N$  para uma sequência de  $N_t$  ( $t = 1, 2, 3, \dots, N$ ) eventos independentes e  $p$  para a probabilidade de não disponibilidade da observação  $N_t$  da série. A distribuição binomial do ruído parece ser adequada para avaliar o efeito da proporção de informação disponível na série, porém, a pressuposição de que os eventos são independentes pode ser violada pelas determinantes do ruído nas séries de índices de vegetação. A ausência de estacionariedade (EST) da série pode tornar o parâmetro  $p$  variante conforme a escala da análise. Consequentemente o efeito sobre os resultados nas estimativas a partir de séries perturbadas se torna imprevisível no que se refere à sensibilidade dos métodos no domínio dos parâmetros das séries de IV. Portanto, a verificação do efeito da filtragem demanda encontrar uma estratégia para verificar a estabilidade do parâmetro da distribuição em diferentes escalas.

O objetivo desse estudo foi verificar a estacionariedade de uma série diária de quatro anos de probabilidades de disponibilidade de IV do produto MODIS.

### 2. METODOLOGIA

A série temporal da probabilidade de dados faltantes foi obtida do produto diário MOD09GA, reflectância da banda 3 (banda azul no intervalo 459-479nm) do

sensor MODIS a bordo do satélite Terra, com 500m de resolução espacial. O valor de  $p$  foi obtido da média espacial do imageamento de uma área de 3200km<sup>2</sup> na região Norte do Rio Grande do Sul. A série compreende o período de 4 safras agrícolas com grande variabilidade climática com início em 15/08/2010 e término em 15/05/2016. Apenas os subperíodos de 15 de agosto a 15 de maio de cada ano foram analisados.

A reflectância diária da área de estudo foi comparada com a reflectância máxima de todo o tile imageado (tile). Quando a reflectância de um pixel superou 10% da máxima do tile, o pixel foi descartado e assumido como dado faltante. A disponibilidade de dados na série foi obtida com base na média espacial da área para um dado dia. Os valores de disponibilidade variaram portanto entre 0 e 1 para representar a fração de dados disponíveis em cada dia da série na área selecionada.

A série foi filtrada com filtros de média móvel (MM) com 3 tamanhos de janela (15, 50 e 100 dias) para capturar diferentes escalas de variação no dado. O valor de  $p$  foi dado pelo resultado da filtragem com MM de 15 dias.

Testes de Kolmogorov-Smirnov (K-S) e Shapiro-Wilk (S-W) foram realizados no dado filtrado com a janela de 15 dias. Os testes foram aplicados no dado original e no dado transformado conforme a Equação 1:

$$Y_i = \ln(x_i) - \ln(x_{i-1}) \quad (01)$$

A assimetria do dado transformado foi calculada e comparada em um teste não paramétrico com distribuição de assimetrias de cem mil simulações de distribuições normais com a mesma média e variância do dado transformado.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diferentes escalas de variação foram observadas na série temporal (Figura 1). Os dois primeiros anos analisados possuem maior disponibilidade de dados que os posteriores e apresentaram menor variância em todas as escalas de agregação.

É possível observar Figura 01, que conforme a escala de agregação dos dados aumenta (filtro de 50 e 100 dias), identifica-se uma tendência de diminuição de disponibilidade de dados que sugere a não estacionariedade (N-EST) do dado.

A N-EST é evidenciada ao observarmos os histogramas (Figura 2). A distribuição do dado transformado apresentou assimetria de 0,19, valor maior do que 99,5% das simulações com distribuição normal de média e variância iguais.

Testes K-S (Tabela 1) e S-W (Tabela 2) foram realizados nos dados originais e transformados com nível de significância ( $\alpha$ ) de 1%.

Todos os testes exceto o K-S para dado não transformado rejeitam a hipótese de normalidade da distribuição. O teste K-S para o dado não transformado possivelmente foi influenciado por um viés pois o dado possui vários valores que repetem-se, situação em que o teste S-W é mais robusto.

Métodos de filtragem de séries temporais que não incorporam o efeito da N-EST podem provocar um artefato na informação processada. Este artefato tem consequências imprevisíveis em produtos que utilizem séries temporais derivadas de produtos MODIS.

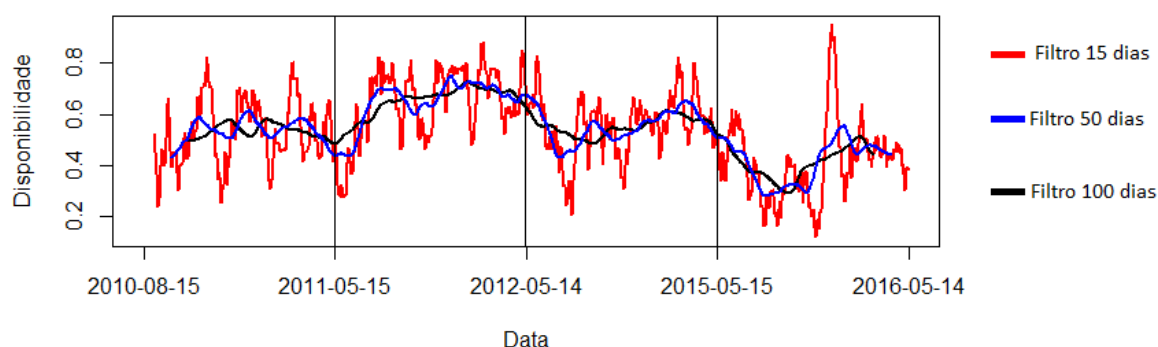


Figura 01 – Série temporal com diferentes filtros aplicados. Linhas verticais separam os diferentes anos.

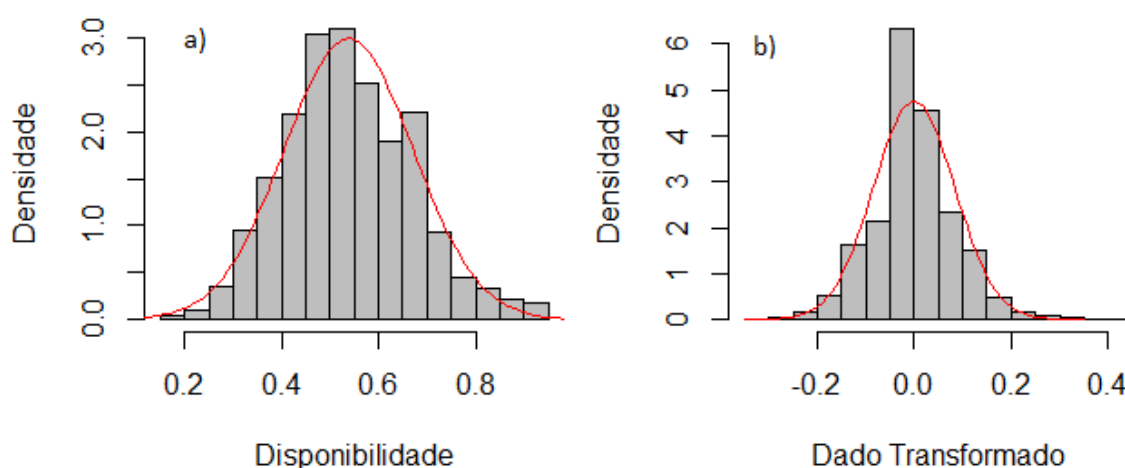


Figura 02 – a) Histograma do dado não transformado. b) Histograma do dado transformado. Linhas vermelhas indicam distribuição normal de mesmas média e variância do dado.

Tabela 1 – Teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov.

Dado	Kolmogorov-Smirnov			
	Estatística	df***	Significância	Conclusão
NT*	0,0339	1082	0,167	Não rejeita-se $H_0$
T**	0,103	1082	$2,2 \cdot 10^{-10}$	Rejeita-se $H_0$

\*NT Não transformado, \*\*T Transformado, \*\*\*df número de observações

Tabela 2 – Teste de normalidade de Shapiro-Wilks

Dado	Shapiro-Wilks			
	Estatística	df	Significância	Conclusão
NT	0,993	1082	$5,5 \cdot 10^{-5}$	Rejeita-se $H_0$
T	0,968	1082	$1,1 \cdot 10^{-14}$	Rejeita-se $H_0$

#### 4. CONCLUSÕES

Com os resultados dos testes foi possível provar a não estacionariedade da série temporal de dados MODIS. Mais estudos devem ser dedicados a identificar o efeito da não estacionariedade em métodos de filtragem de séries temporais.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HIRD, J. N.; MCDERMID, G. J. Noise reduction of NDVI time series: An empirical comparison of selected techniques. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, p. 248-258, 2012.

CHEN, J.; JÖNSSON, P.; TAMURA, M.; GU, Z.; MATSUSHITA, B.; EKLUNDH, L. A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky–Golay filter. **Remote Sensing of Environment**, v. 91, p. 332-334, 2004.

SAKAMOTO, T.; YOKOZAWA, M.; TORITANI, H.; SHIBAYAMA, M.; ISHITSUKA, N.; OHNO, H. A crop phenology detection method using time-series MODIS data. **Remote Sensing of Environment**, v. 96, p.366-374, 2005.

ZHAO, H.; YANG, Z.; DI, L.; LI, L.; ZHU, H. Crop phenology date estimation based on NDVI derived from the reconstructed MODIS daily surface reflectance data. **17th International Conference on Geoinformatics**, p. 1-6, 2009

THAYN, J. B.; PRICE, K. P. Julian dates and introduced temporal error in remote sensing vegetation phenology studies. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, p. 6045-6049, 2008.

VINA, A.; GITELSON, A. A.; RUNDQUIST, D. C.; KEYDAN, G.; LEAVITT, B.; SCHEPERS, J.; Monitoring maize (*Zea mays* L.) phenology with remote sensing, **Agronomy Journal**, v. 96, p. 1139-1147, 2004