

# Análise de uma série temporal de precipitação para Erechim (RS) e um possível método de previsão climática

## *Analysis of a series of precipitation for Erechim (RS) and a method of possible climate prediction*

Leonardo Chechi<sup>1</sup>  
Fabio de Oliveira Sanches<sup>(\*)2</sup>

### Resumo

Uma série temporal consiste em um conjunto de dados de qualquer fenômeno observados ordenadamente. Análise de séries temporais aplicadas a dados meteorológicos tem atraído especial interesse nos últimos anos devido à influência exercida pelo clima, sobretudo na agricultura. O presente trabalho realizou um estudo em uma série temporal de precipitação de Erechim (RS) no período de 2003 a 2011 buscando encontrar um modelo mais adequado de previsão. A inclusão de covariáveis (temperatura máxima e mínima e a Normal Climatológica de precipitação) no modelo estatístico do tipo SARIMAX (0, 0, 0) (2, 2, 1) mostrou-se mais ajustado ao conjunto de dados. Testes de correlação entre as séries (real e sintética) demonstraram um alto coeficiente de correlação e de determinação. É possível que o fenômeno ENOS tenha sido o responsável pelas diferenças encontradas entre ambas as séries.

**Palavras-chave:** Chuvas; Alto Uruguai; modelos estatísticos; SARIMAX.

### Abstract

A temporal series consists on a group of data of some phenomenon observed in an ordered way. Time series analysis applied to meteorological data use to attract particular interest in recent years due to the influence of the climate, especially in agriculture. This study aimed at studying time series of precipitation at Erechim (RS) in the period from 2003 to 2011 trying to find a more appropriate model to describe it. The inclusion of covariates (maximum and minimum temperature and Normal Climatology of precipitation) in the statistical model SARIMAX (0, 0, 0) (2, 2, 1) proved to be better adjusted to the set of data. Correlation tests between sets (real and synthetic) showed a high correlation and determination coefficient. It is possible that the El

---

1 Graduando do curso de Agronomia na Universidade Federal da Fronteira Sul, UFFS; Endereço: Av. Dom João Hottmann, 313, CEP: 99700-000, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil E-mail: leonardochechi@gmail.com

2 MSc.; Graduação em Geografia; Doutorando em Geografia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS; Professor da Universidade Federal da Fronteira Sul, UFFS, Campus Erechim; Endereço: Av. Dom João Hottmann, 313, CEP: 99700-000, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil; E-mail: fsanches.73@gmail.com (\*) Autor para correspondência.

Niño South Oscillation (ENSO) phenomenon has been responsible for the differences found between both series.

**Key words:** Rainfall; Upper Uruguay; statistical models; SARIMAX.

## Introdução

A análise de séries temporais aplicada a dados climatológicos tem atraído um especial interesse nos últimos anos, pois o clima interfere diretamente em muitas atividades econômicas, determinando o sucesso ou fracasso de vários empreendimentos, sobretudo os ligados a produção agrícola. A partir da análise de séries temporais climatológicas é possível se construir modelos de previsão que necessitam basicamente de um vetor de valores observados ao longo do tempo.

Entre os modelos tradicionais de previsão existentes se destacam os modelos da classe ARIMA, modelos Box e Jenkins e os algoritmos de alisamento exponencial, os quais sempre foram largamente utilizados pelas ciências econômicas (MORETTIN; TOLOI, 1981). Entretanto, nos últimos anos os modelos Auto-Regressivo de Média Móvel (ARMA) têm sido muito empregados em previsões de séries temporais na área das ciências físicas, principalmente em se tratando de recursos hídricos (INDURSKY; LANNA, 1982; LANNA; INDURSKY, 1983; LEITE; PEIXOTO, 1996; SANCHES, 2002; TUCCI et al., 2002; ALMEIDA, et al., 2011; ANDRADE et al., 2011).

Por atenderem um amplo espectro de atividades, que vão desde empreendimentos agrícolas até abastecimento populacional, as precipitações exercem um papel crucial em

relação à disponibilidade hídrica. Sendo assim, conhecer os mecanismos responsáveis pela sua formação, o seu comportamento histórico e a sua previsão a curto, médio e longo prazo, assume um papel de importância quando se considera a questão do planejamento e do uso dos recursos hídricos.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho consiste em aplicar modelos de previsão aos totais mensais de precipitação de Erechim (RS) no período de 2003 a 2011 a fim de encontrar o modelo que melhor representa seu caráter preditivo.

## Revisão Bibliográfica

No trabalho de Indursky e Lanna (1982) encontra-se a comparação do desempenho de quatro modelos empíricos de predição para vazões de hidrelétricas. Um desses modelos é o ARMA, o qual, em se tratando de geração sintética para vazões hidrológicas mostrou-se pouco aceitável na função preditiva.

A busca por um modelo de geração de séries sintéticas de vazões fluviais mensais levou Lanna e Indursky (1983) a usarem modelos multivariados auto-regressivo (AR) e ARMA para detectar a capacidade do reservatório de Passo Real no rio Jacuí (RS), na busca da garantia de diferentes níveis de descarga. Verificou-se que em séries pequenas, como nesse caso de 16 anos, o conjunto de valores pode ser insuficiente para estimar estatísticas precisas de longo e até mesmo médio prazo. Contudo, como resultado, o modelo ARMA apresentou maiores valores de capacidade de vazão do reservatório que os resultados obtidos do modelo AR.

Por sua vez, Leite e Peixoto, (1996) destacam que o modelo ARMA vem recebendo atenção especial na utilização no campo das geociências.

Nos últimos dez anos, os estudos relacionados a climatologia em escalas global, regional e, mesmo em escala local (microclima), tem se utilizado de diversos modelos estatísticos de previsão para se analisar o comportamento de dados envolvendo os principais elementos climáticos, principalmente os mais expressivos como a temperatura e precipitação ao longo de séries temporais.

No trabalho de Leite e Peixoto, (1996) o modelo ARMA foi aplicado em uma longa série temporal considerando dados de temperatura e precipitação em Portugal de 1856 a 1994 num total de 138 anos. Também se utilizou o teste de Mann-Whitney e modelos de autocorrelação de dados para se verificar a significância dos dados gerados na nova série sintética. Os resultados obtidos na utilização do modelo ARMA em longas séries temporais, nesses casos as séries de temperatura e precipitação, mostraram-se extremamente eficientes com resultados muito próximos dos dados reais demonstrando boa confiabilidade no modelo.

Na literatura referente à aplicação do modelo ARMA em análises microclimatológica de lagos e represas no mundo tropical encontra-se o trabalho de Sanches (2002). Nessa obra o autor procurou gerar uma série sintética de dados a partir da formação do lago da UHE de Tucuruí (PA) com base nas precipitações diárias anteriores a sua formação para compará-los com dados reais obtidos após seu enchimento no ano de 1984. Ao se compararem os dados da série real (pós-enchimento) com os da série gerada pelo modelo ARMA, os resultados apontaram para um alto coeficiente de correlação ( $R=0,89$ ). No entanto, comparando-se o início e o final do período chuvoso entre ambas as séries (original e a sintetizada pelo modelo ARMA)

nos cinco primeiros anos após a formação do lago, o modelo ARMA propôs o atraso de um mês no retorno das chuvas nos quatro anos seguintes a formação do lago da hidrelétrica.

Já no trabalho de Tucci et al. (2002) os autores procuraram analisar metodologias de previsão de vazão de curto, médio e longo prazo visando identificar o potencial de aproveitamento hidrelétrico. Foram analisados modelos estatísticos de longo prazo, modelos estocásticos, modelos empíricos e modelos climático-hidrológico tendo a bacia do rio Uruguai como objeto de análise. Comparando as previsões obtidas por meio do modelo ARMA com as vazões médias históricas verificou-se que as previsões do modelo ARMA se comportaram melhor do que as médias históricas. No entanto, à medida que se aumentava o tempo (intervalo de tempo muito grande) as previsões do modelo ARMA se aproximavam cada vez mais das médias históricas para a região.

Almeida et al. (2011) realizaram um estudo na bacia do rio Itapemirim (ES) em uma série temporal de precipitações mensais de 1940 a 2006 comparando os modelos obtidos por métodos geoestatísticos (técnica de Kriging - Krigagem) com modelos de séries temporais de Box e Jenkins (modelo SARIMA) para realizarem previsões em pequenas escalas de tempo. No entanto, mesmo o modelo geoestatístico apresentando os melhores valores de estimação em relação ao modelo SARIMA, estatisticamente, os resultados não podem ser considerados diferentes.

Por fim, Andrade et al. (2011) procuraram analisar o comportamento das séries temporais de temperatura na cidade de Nossa Senhora da Glória (SE) e utilizando-se do modelo ARIMA os autores verificaram que a variação da temperatura não é regular ao longo do ano, demonstrando que o

trimestre janeiro, fevereiro e março possuem maior variação. Os resultados mostraram ainda que as temperaturas no mês de março apresentaram os maiores índices de variação.

## Material e Métodos

Para este trabalho, foram utilizados dados totais mensais de precipitação da cidade de Erechim (RS), disponibilizados pela FEPAGRO/INMET de janeiro de 2003 a março de 2011, totalizando 99 observações.

A cidade de Erechim se localiza na porção norte do Rio Grande do Sul, na região do Alto Uruguai com uma área territorial de 409,06 km<sup>2</sup>. Segundo a classificação de Köppen, a região possui o tipo climático Cfa subtropical úmido com chuvas distribuídas o ano todo e verão quente (PIRAN, 1982).

Inicialmente, realizou-se uma análise estatística descritiva dos dados da série onde além das descrições foram apresentados os gráficos da série temporal (mensal e trimestral), da decomposição da série temporal, totais trimestrais (ano civil) e também do boxplot mensal da série. Esses métodos se mostraram importantes para a caracterização da série identificando sazonalidades, tendências e valores atípicos.

Para a identificação dos modelos, foram utilizados correlogramas e peridogramas representando a frequência da série e que, após a seleção do melhor modelo foi elaborado o diagnóstico e a comparação entre os valores previstos e os valores reais.

Os critérios de seleção utilizados foram o AIC (*Akaike Information Criterion*) proposto por Akaike (1974), o AICc (*Akaike*



Fonte: Adaptado de <https://maps.google.com.br>

**Figura 1.** Localização do município de Erechim

*Information Criterion corrected*) proposto por Hurvich e Tsai (1989) e o BIC (*Bayesian Information Criterion*) desenvolvido por Akaike (1978). Com base nesses critérios de seleção foi possível estimar os dados nos vários modelos concorrentes, selecionando-se o com menor valor para o critério de informação.

Para análise de diagnóstico do modelo, utilizou-se o teste de Ljung-Box (LJUNG, 1978), no qual é possível avaliar a existência de correlação dos erros por meio da autocorrelação residual. Nesse teste estatístico a hipótese nula é de que os resíduos são ruídos brancos. Portanto, ao se aceitar a hipótese nula, ou seja, quando o p-valor decorrente do teste estatístico for maior do que o nível de significância  $\alpha$ , se aceita que o modelo está adequadamente ajustado.

Para os dados de precipitação, foi utilizada a extensão SARIMAX, da classe dos modelos ARIMA, devido esta série apresentar pouca correlação. Em um modelo SARIMAX podem-se incluir variáveis explicativas por meio de estruturas e regressão.

Os cálculos e ajustes necessários para a realização deste trabalho foram realizados no *Software Livre R* (2009) e Excel (Microsoft® Co.). Entre outros pacotes foram utilizados os pacotes *forecast* e *stats*, que são módulos do R com funções específicas para a análise de séries temporais.

## Resultados e Discussão

### Análise Descritiva

A tabela 1 apresenta a análise descritiva da série utilizada onde é possível observar que os dados possuem uma alta dispersão indicada pelo coeficiente de variação superior a 50%, implicando em uma média pouco representativa. O elevado coeficiente de

**Tabela 1.** Medidas descritivas da série de precipitação da cidade de Erechim

Medidas	Precipitação
Média	137,6
Mediana	129,2
Desvio padrão	76,3
Máximo	375,2
Mínimo	12,5
Coeficiente de variação	53,26%

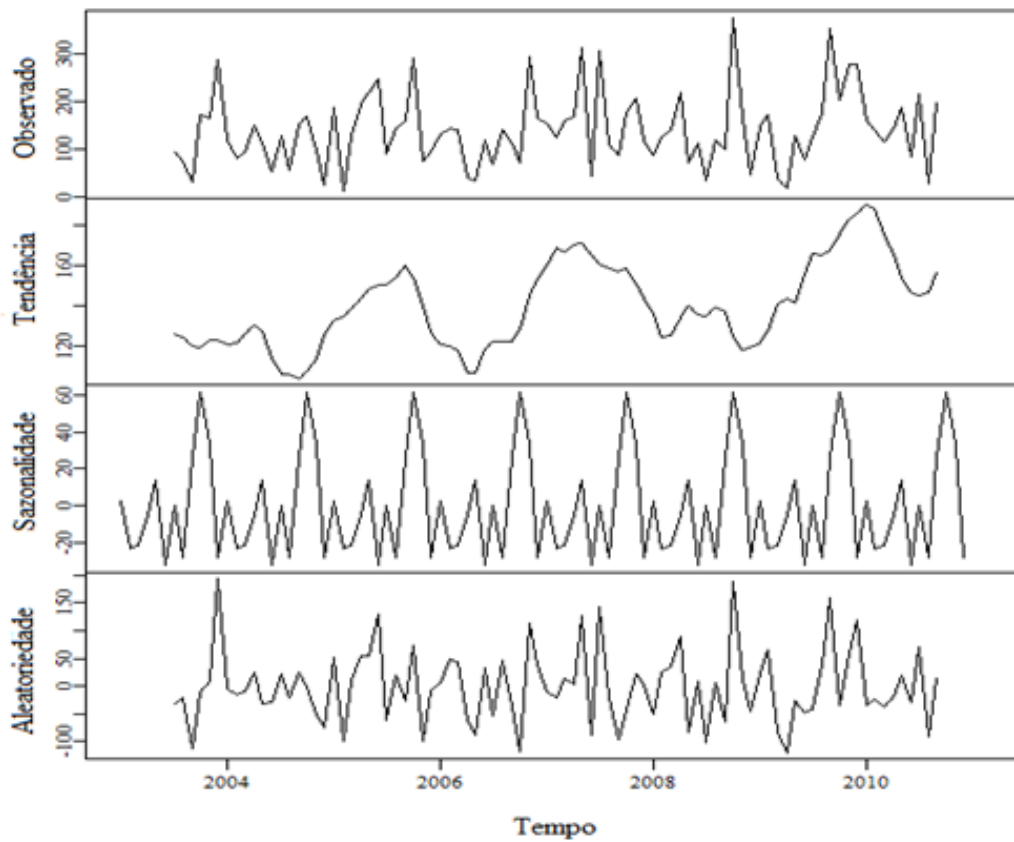
variação confronta-se com o conceito proposto por Köppen em relação a boa distribuição das chuvas no decorrer do ano.

A análise do gráfico na figura 2 (série observada) permite verificar que os totais mensais de precipitação não apresentam sazonalidade e periodicidade definidas, fato que também pode ser constatado analisando-se a decomposição da série por meio de sua tendência e de sua aleatoriedade.

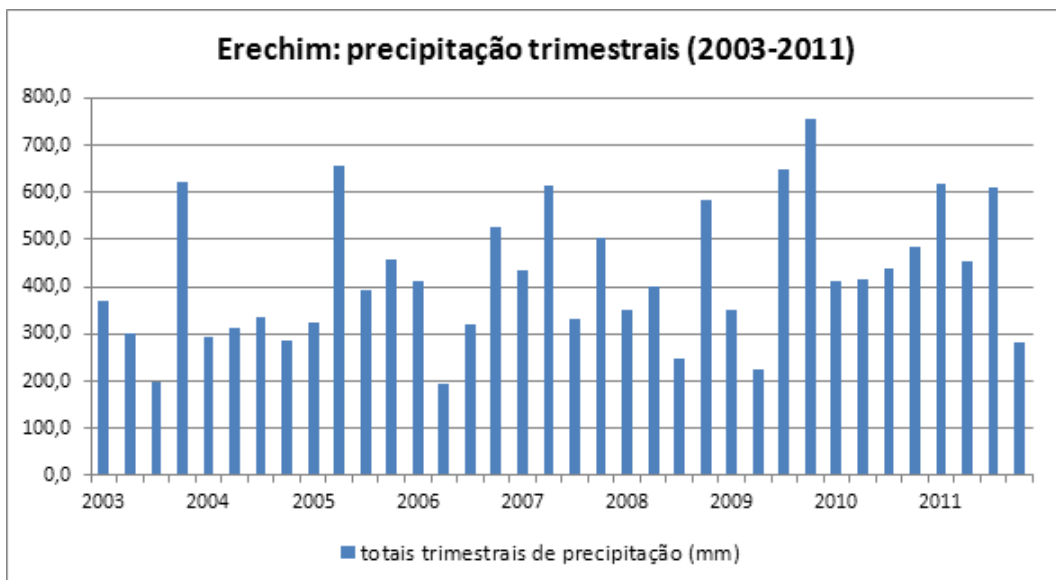
Ao se analisar os totais trimestrais da série (Figura 3) verifica-se, também, que a série não apresenta sazonalidade nem periodicidade definidas.

No gráfico da figura 3, verifica-se que não é possível caracterizar padrões de trimestres secos ou chuvosos na série analisada. Novamente observa-se uma ausência de periodicidade e sazonalidade nos totais trimestrais.

Outra ferramenta importante para entender as séries estudadas é a construção e análise dos boxplot das séries. Este gráfico (Figura 4) apresenta valores estatísticos como a mediana, representada pela linha interior da caixa, o 1° e 3° quartil, representados pelas linhas inferiores e superiores da caixa e os valores máximos e mínimos representados pelos “bigodes” de fora da caixa. Observar-se também a existência de pontos atípicos (outliers).

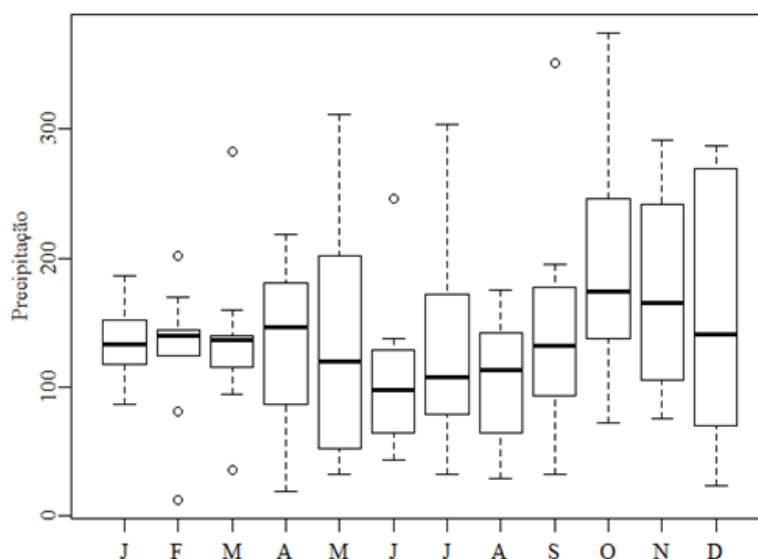


**Figura 2.** Gráfico de decomposição da série de precipitação de Erechim (RS)



**Figura 3.** Gráfico com os totais trimestrais de precipitação de Erechim (RS)





**Figura 4.** Boxplot da série de precipitação de Erechim (RS)

Assim, na figura 4 o boxplot da série permite se observar também que os dados da série de precipitação não são uniformes, apresentando uma grande amplitude e com muitos valores atípicos. No entanto fica claro que nos meses de verão (Janeiro, Fevereiro e Março), os dados contém uma menor dispersão em relação aos outros meses.

### Modelos Sarimax para Precipitação

Uma vez que a série de precipitação analisada apresentou pouca correlação nos seus dados dificultando o ajuste dos modelos SARIMA e Holt-Winters, optou-se por utilizar um modelo do tipo SARIMAX o qual possibilita a inclusão de variáveis explicativas na forma de uma estrutura de regressão. Para este caso, foram utilizadas três variáveis regressoras: as Normais de Precipitação (1961-1990) para Erechim (NP), a Temperatura Máxima de Erechim (Tmax) e a Temperatura Mínima de Erechim (Tmin).

A figura 5 demonstra os correlogramas da série de precipitação. A série sem nenhuma

diferença não apresenta autocorrelação significativamente diferente de zero, assim como a série diferenciada de ordem um. Analisando os outros correlogramas podemos identificar a utilização de um modelo sazonal, possivelmente com uma diferença de ordem 12 e com parâmetros negativos.

A figura 6 apresenta o periodograma da série de precipitação, no qual se pode observar que não há uma única frequência em destaque. O resultado do periodograma vai ao encontro das análises feitas nos correlogramas, demonstrando a pouca autocorrelação serial nos dados de precipitação e ausência de periodicidades. Com isso, para melhorar a qualidade das previsões ajustou-se os modelos do tipo SARIMAX, apresentados na tabela 2.

Conforme os critérios de seleção usados, o modelo que melhor se ajustou a série foi o SARIMAX (0,0,0) (2,2,1). Este modelo inclui duas covariáveis regressoras (a temperatura mínima e a temperatura máxima) que apresentam boa relação com os dados de precipitação. Sendo assim, na figura 7, é possível verificar os diagnósticos deste modelo.

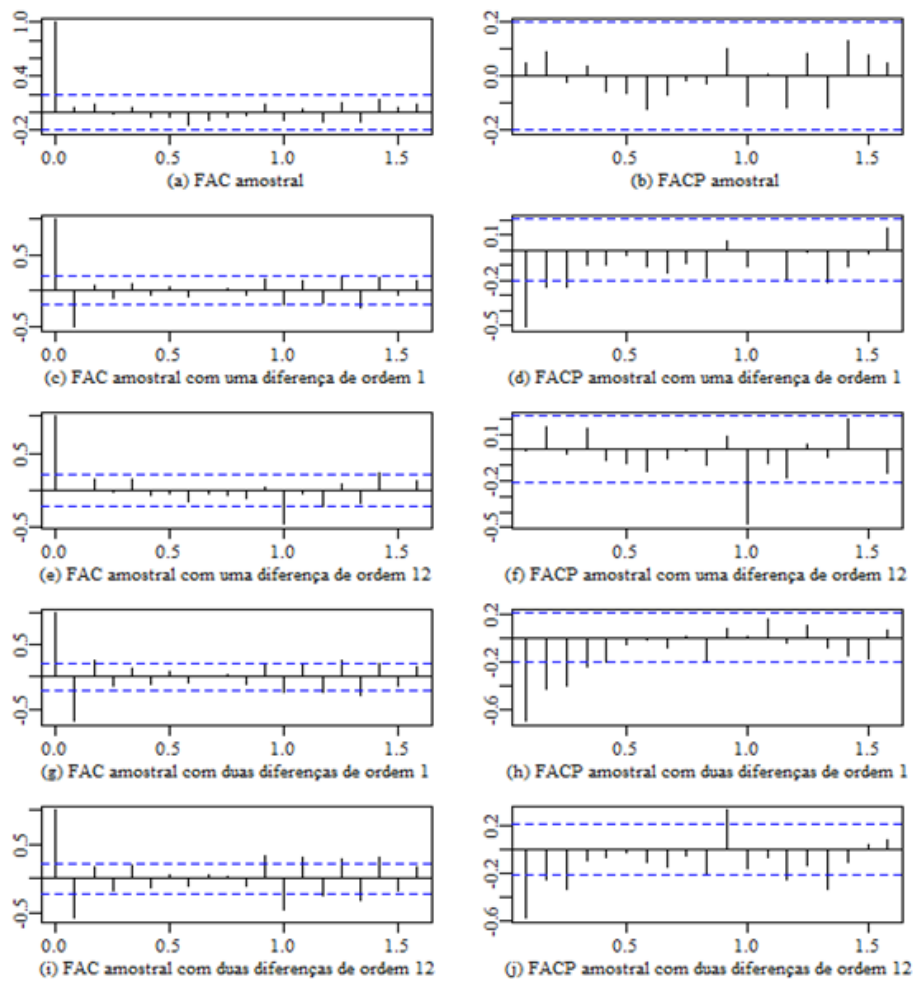


Figura 5. Correlogramas da série de precipitação de Erechim (RS)

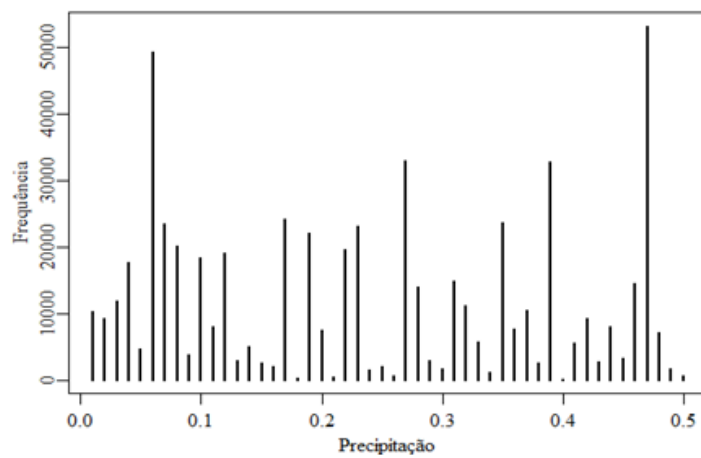


Figura 6. Periodograma da série de precipitação de Erechim (RS)



**Tabela 2.** Melhores modelos calculados para a série de precipitação

Modelos	Coefficientes	E.P	AIC	AICc	BIC
SARIMAX(0,0,0)(2,2,1) <sub>12</sub>	$\Phi_1$ : -0,7690	0,1177	849,22	850,58	862,63
	$\Phi_2$ : -0,5102	0,1079			
	$\Theta_1$ : -0,9998	0,4140			
	Tmax: -19,4987	5,2161			
	Tmin: 24,9437	6,4406			
SARIMAX(0,0,0)(2,2,2) <sub>12</sub>	$\Phi_1$ : -0,3991	0,1786	849,24	851,07	864,87
	$\Phi_2$ : -0,4492	0,1705			
	$\Theta_1$ : -1,3570	0,6786			
	$\Theta_2$ : 0,9990	0,9198			
	Tmax: -20,1987	5,0044			
	Tmin: 25,5817	6,1085			
SARIMAX(0,0,0)(0,2,2) <sub>12</sub>	$\Theta_1$ : -1,7453	0,3183	850,45	851,41	861,62
	$\Theta_2$ : 0,9995	0,3220			
	Tmax: -22,2986	5,1691			
	Tmin: 27,7374	6,3838			
SARIMAX(0,0,0)(2,2,1) <sub>12</sub>	$\Phi_1$ : -0,7691	0,1177	851,22	853,06	853,06
	$\Phi_2$ : -0,5102	0,1079			
	$\Theta_1$ : -1,0000	0,4146			
	Tmax: -19,5019	5,2167			
	Tmin: 24,9453	6,4409			
	NP: 1,5794	5421,0817			

Nota: EP: Erro Padrão; AIC: Akaike Information Criterion; AICc: Akaike Information Criterion corrected; BIC: Bayesian Information Criterion.

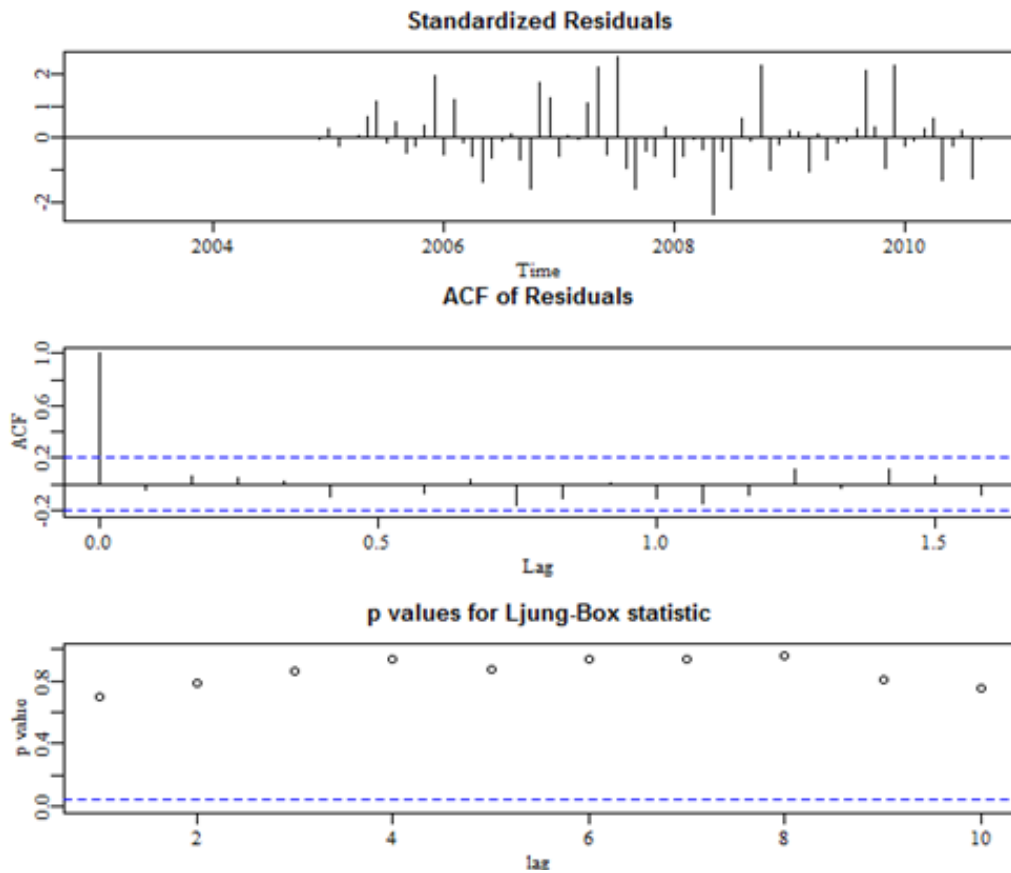
Na análise de diagnóstico, podemos observar que nenhuma autocorrelação apresentou-se significativamente diferente de zero com resíduos entre 2 e -2. No teste de Ljung-Box nenhum valor ficou abaixo da linha tracejada, indicando a não rejeição da hipótese nula de resíduos não autocorrelacionados. Desse modo, considerou-se este modelo como o mais adequado para fazer previsões.

Assim, o gráfico da figura 8 demonstra os valores reais da série de precipitação na linha cheia e os valores calculados pelo modelo SARIMAX (0,0,0) (2,2,1) para esta série.

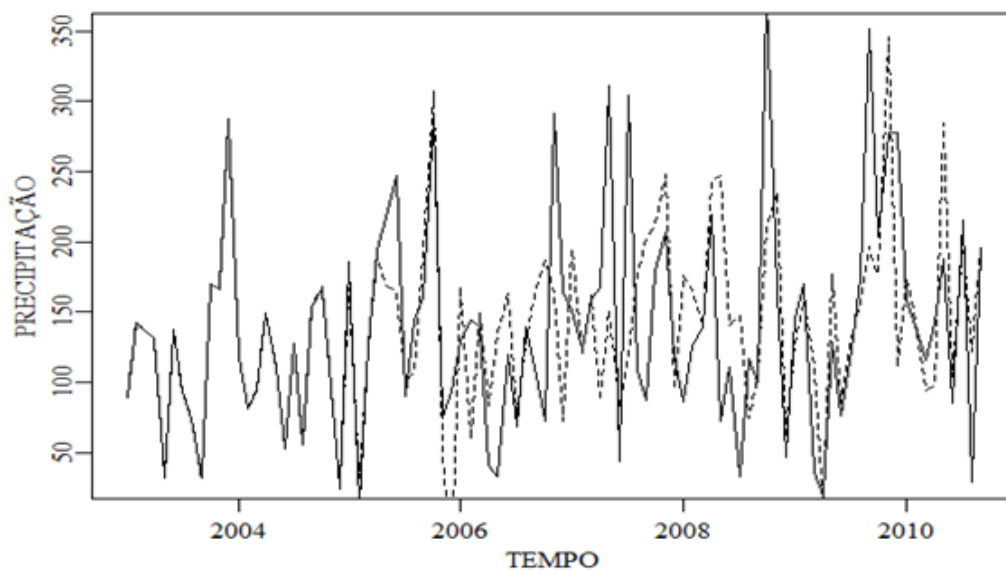
Neste gráfico (Figura 8), é possível observar que o modelo encontrado se mostrou eficiente para previsões mesmo apresentando discordância entre os valores extremos.

Ao se aplicar o teste de correlação, entre ambas as séries (real e sintética), verificam-se elevados coeficientes de determinação ( $R^2=0,97$ ) e de correlação ( $r=0,98$ ) (Figura 9) indicando uma ótima correlação.

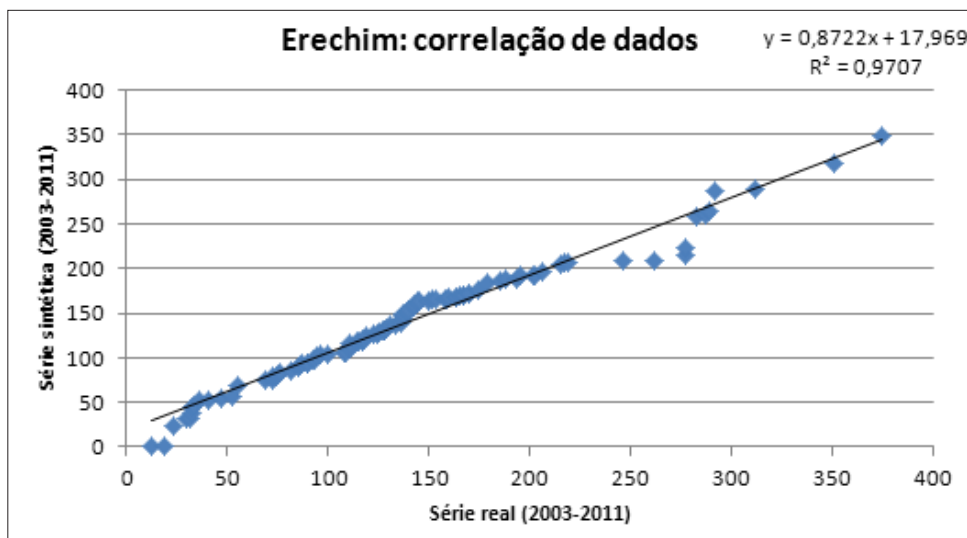
Acredita-se que as diferenças entre os valores extremos encontrados na comparação de ambas as séries estejam associados a participação de fenômenos de larga escala como o fenômeno El Niño Oscilação Sul



**Figura 7.** Análise de diagnóstico para o modelo SARIMAX (0,0,0)(2,2,1)



**Figura 8.** Valores reais (linha cheia) e valores previstos (linha tracejada) utilizando o modelo SARIMAX (0,0,0)(2,2,1) para a série de precipitação de Erechim (RS)



**Figura 9.** Correlação de dados entre a série real (2003-2011) e a série sintética (2003-2011).

(ENOS). No trabalho desenvolvido por Gregio et al. (2012) os autores verificaram que no período de 1999-2010 o comportamento das precipitações mensais em Erechim sofreu forte influência tanto da componente positiva do fenômeno ENOS (2002, 2005, 2007 e 2009), como da componente negativa (2007-2008) como aponta CPTEC (2012).

### Considerações Finais

Devido à baixa autocorrelação encontrada nos dados de precipitação analisados, optou-se por desenvolver os estudos de previsão utilizando modelos regressivos multivariados (variáveis explicativas) da classe ARIMA (SARIMAX).

A utilização das temperaturas mensais máximas e mínimas do período e das Normais

Climatológicas de precipitação de Erechim (1961-1990) como covariáveis permitiu que o modelo SARIMAX (0,0,0) (2,2,1) captasse bem o comportamento da série.

Diferenças significativas entre as séries (real e sintética) foram encontradas apenas em relação ao comportamento dos valores extremos (precipitações máximas e mínimas mensais). Testes de correlação linear entre as séries apontaram elevados coeficientes de determinação ( $R^2=0,97$ ) e de correlação ( $r=0,98$ ), indicando, estatisticamente, uma ótima correspondência entre as séries.

Acredita-se que as diferenças encontradas nos extremos estejam associadas à participação do fenômeno ENOS no período tanto sua fase positiva (El Niño) como na fase negativa (La Niña).

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal da Fronteira Sul (Edital nº 003/PROPEPG/2010) pela concessão de bolsa de Iniciação Científica ao primeiro autor sob orientação do segundo autor. Os autores agradecem também aos avaliadores pelas importantes contribuições sugeridas no processo de avaliação.

## Referências

ALMEIDA, A.Q. de; RIBEIRO, A.; PAIVA, Y. G.; RASCON, N.J.L.; LIMA, E.P.; Geoestatística no estudo de modelagem temporal da precipitação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.4, p.354-358, 2011.

AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, v.19, n.6, p.716-723, 1974.

AKAIKE, H. A Bayesian of the minimum AIC procedure. **Annals of the Institute of Statistical Mathematics**, v.30, n.1 p.9-14, 1978.

ANDRADE, N.S.; CARVALHO, P.S.; RUSSO, S. L. Análise das variações de temperatura na plataforma de Nossa Senhora da Glória via Box e Jenkins. **GEINTEC**, São Cristovão, v.1, n.1, 2011. Disponível em: <<http://www.revistageintec.net/portal/index.php/revista/article/view/6>>. Acesso em: 10 jan. 2012.

CPTEC. **Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais** (INPE) – CPTEC/INPE. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

FEPAGRO/INMET. Fundação Estadual de Pesquisas Agropecuárias/Instituto Nacional de Metodologia - **Boletim de Monitoramento do Clima** - jan. 2003 a mar. 2011. Disponível em: <<http://www.fepagro.rs.gov.br>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

GREGIO, J.V.; BERTOTTI, A.P.; SANCHES, F. O. Comparação das precipitações mensais em Erechim (1999-2010) com a Normal Climatológica (1961-1990). In: ENCONTRO ESTADUAL DE GEOGRAFIA, 31., 2012, Rio Grande. **Anais...** Rio Grande: UFFS, 2012.

HURVICH, C.M.; TSAI, C.L. Regression and time series model selection in small samples. **Biometrika**, London, v.76, p.297-307, 1989.

INDURSKY, A.B.; LANNA, A.E. Utilização de séries sintéticas geradas por modelos multivariados auto-regressivo – AR (1) e autoregressivo com média móvel – ARMA (1,1) no dimensionamento da capacidade de reservatório fluvial. **Revista Brasileira de Engenharia, Caderno de Recursos Hídricos**, Rio de Janeiro, v.1, n.1, p.23-40, 1982.

LANNA, A.E.; INDURSKY, A.B. Predição de vazões médias mensais com modelos empíricos. **Revista Brasileira de Engenharia, Caderno de Recursos Hídricos**, Rio de Janeiro, v.1, n.2, p.59-90, 1983.

LEITE, S.M.; PEIXOTO, J.P. The autoregressive model of climatological time series: An application to the longest time series in Portugal. **International Journal of Climatology**, v.16, p.1165-1173, 1996.

LJUNG, G.M.; BOX, G.E.P. On a measure of lack of fit in time series models. **Biometrika**, London, v.65, p.297-303, 1978.

MORETTIN, P.A.; TOLOI, C.M.C. **Modelos para previsão de séries temporais**. Rio de Janeiro: Instituto de Matemática Pura e Aplicada, 1981. 356p.

PIRAN, N.L. **Contribuições ao estudo do clima de Erechim – RS**. 1982. 150f. Dissertação (Mestrado em Geografia) -Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Rio Claro, 1982.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Viena: R Foundation for Statistical Computing©, 2009.

SANCHES, F.O. **As possíveis modificações microclimáticas devido à formação do lago da hidrelétrica de Tucuruí - PA**. 2002. [S.I.]. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Taubaté, UNITAU, Taubaté, 2002.

TUCCI, C.E.M.; CLARKE, R.T; DIAS, P.L.S.; COLLISCHONN, W. Previsão de médio prazo de afluência de reservatórios com base na previsão climática. **Relatório final**. ANEEL/MCT, 2002. Disponível em: <<http://www.iph.ufrgs.br/corpo docente/tucci/publicacoes/prevuruguai.pdf>>. Acesso em: 20 janeiro de 2010.