

Análise de Séries Temporais

1.2 - Aula Prática

Prof. Dr. Eder Angelo Milani

21/06/2025

Exemplo de série temporal interrompida

Aplicação retirada do artigo: Schaffer, A. L., Dobbins, T. A., Pearson, S. A. (2021). Interrupted time series analysis using autoregressive integrated moving average (ARIMA) models: a guide for evaluating large-scale health interventions. BMC medical research methodology, 21, 1-12.

Observação: A dispensação é o ato farmacêutico de distribuir um ou mais medicamentos a um paciente, geralmente como resposta à apresentação de uma prescrição elaborada por um profissional autorizado.

Na Austrália, antes de 1º de janeiro de 2014, novas prescrições para a menor dosagem de comprimido de quetiapina (25 mg) - a quetiapina serve para tratar distúrbios psíquicos, promovendo a estabilização do humor - podiam incluir até 5 recargas (ou reabastecimentos), o que significava que os pacientes poderiam ter suas prescrições reabastecidas até 5 vezes antes de retornar ao médico para uma nova receita. No entanto, devido às crescentes preocupações sobre a prescrição inadequada, após 1º de janeiro de 2014, novas prescrições para esta dosagem de comprimido não puderam mais incluir recargas.

Nosso desfecho principal foi o número de dispensações mensais de 25 mg de quetiapina, das quais tínhamos 48 meses de observações (janeiro de 2011 a dezembro de 2014).

Além disso, na Austrália, as reivindicações de dispensação de medicamentos apresentam uma sazonalidade anual significativa. Os medicamentos são subsidiados para cidadãos e residentes elegíveis através do Esquema de Benefícios Farmacêuticos (PBS), com as pessoas pagando uma coparticipação pelo custo de seus medicamentos, enquanto o restante é subsidiado. Se o total de custos de coparticipação de uma pessoa (ou família) atingir o “limiar da Rede de Segurança” para o ano civil, ela se torna elegível para uma coparticipação reduzida pelo restante daquele ano. Assim, há um incentivo para que as pessoas atinjam sua “Rede de Segurança” e consequentemente recarreguem seus medicamentos com mais frequência no final do ano. Logo, observamos um aumento nas prescrições no final do ano, seguido por uma diminuição em janeiro.

```
library(forecast)
```

```
## Warning: pacote 'forecast' foi compilado no R versão 4.4.3
```

```
## Registered S3 method overwritten by 'quantmod':
```

```
##   method          from
```

```
##   as.zoo.data.frame zoo
```

```
library(zoo)
```

```
## Warning: pacote 'zoo' foi compilado no R versão 4.4.3
```

```
##
```

```
## Anexando pacote: 'zoo'
```

```
## Os seguintes objetos são mascarados por 'package:base':
```

```
##
```

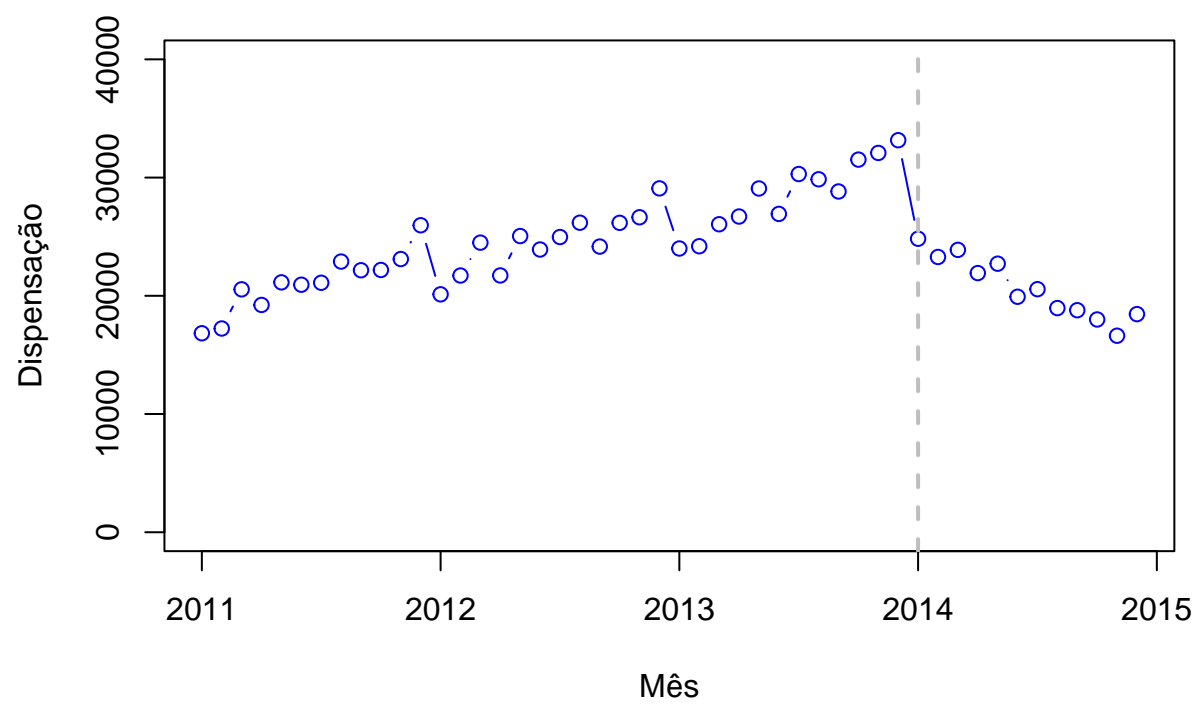
```
##      as.Date, as.Date.numeric
# lendo o conjunto de dados
setwd("G:\\Meu Drive\\UFG\\Especializacao\\Aulas de series temporais\\Codigos")
dados <- read.csv(file = 'dados_artigo.csv')
head(dados)

##      month dispensings
## 1 1-Jan-11      16831
## 2 1-Feb-11      17234
## 3 1-Mar-11      20546
## 4 1-Apr-11      19226
## 5 1-May-11      21136
## 6 1-Jun-11      20939

# criando objeto ts
dados.ts <- ts(dados[,2], frequency=12, start=c(2011,1))
dados.ts

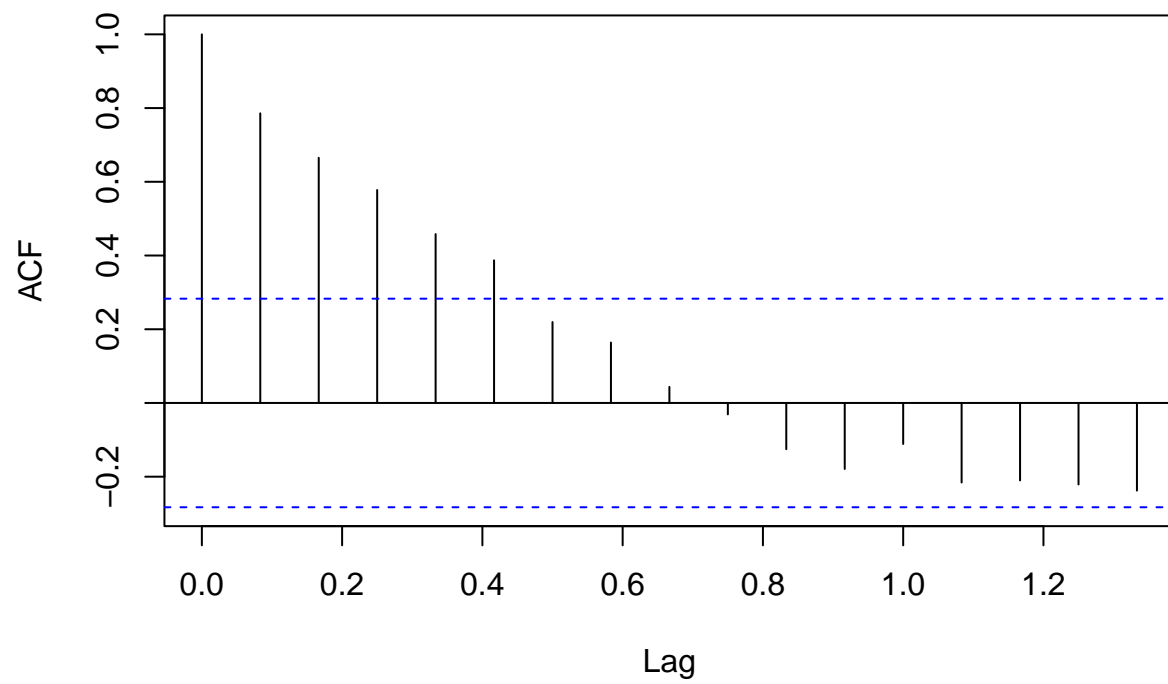
##      Jan   Feb   Mar   Apr   May   Jun   Jul   Aug   Sep   Oct   Nov   Dec
## 2011 16831 17234 20546 19226 21136 20939 21103 22897 22162 22184 23108 25967
## 2012 20123 21715 24497 21720 25053 23915 24972 26183 24163 26172 26642 29086
## 2013 24002 24190 26052 26707 29077 26927 30300 29854 28824 31519 32084 33160
## 2014 24827 23285 23884 21921 22715 19919 20560 18961 18780 17998 16624 18450

# grafico da serie temporal
plot(dados.ts, ylim=c(0,40000), type='b', col="blue", xlab="Mês", ylab="Dispensação")
# linha vertical indicando a data da intervencao (January 1, 2014)
abline(v=2014, col="gray", lty="dashed", lwd=2)
```



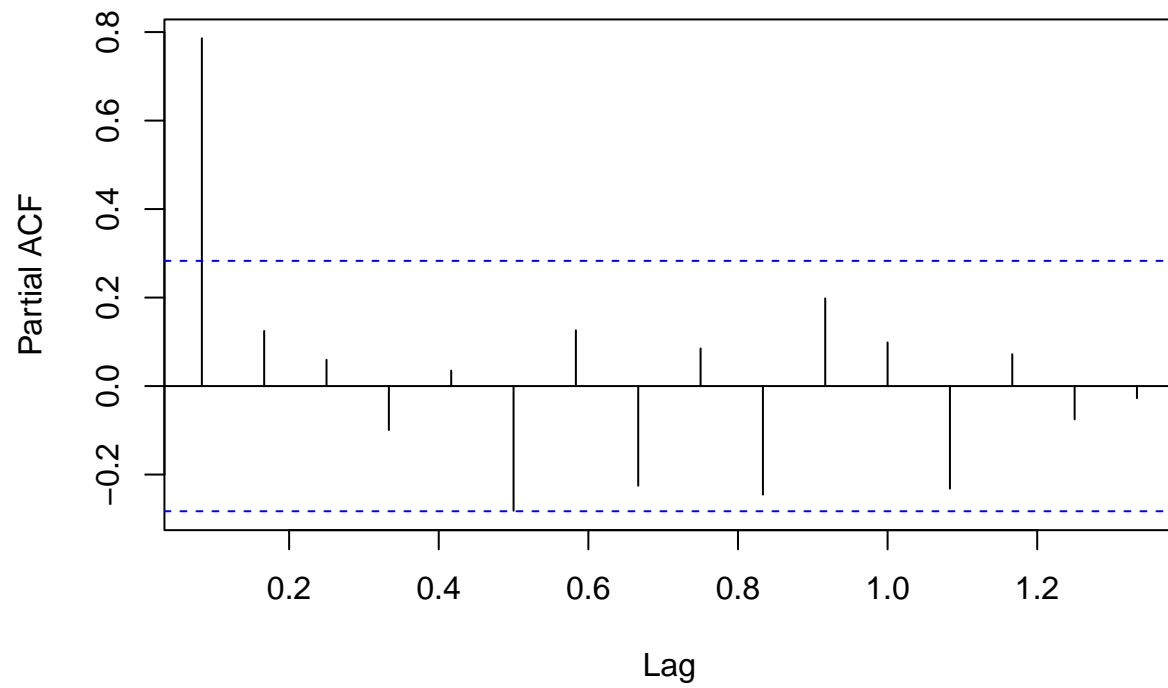
```
# ACF e PACF  
acf(dados.ts)
```

Series dados.ts



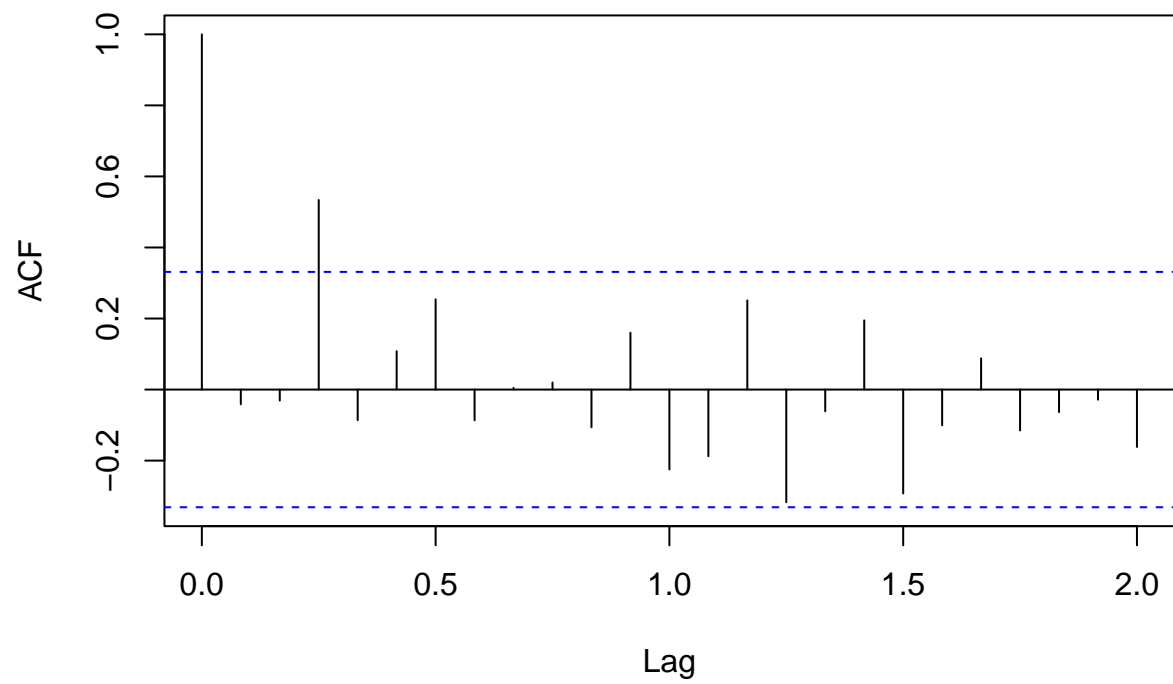
```
pacf(dados.ts)
```

Series dados.ts



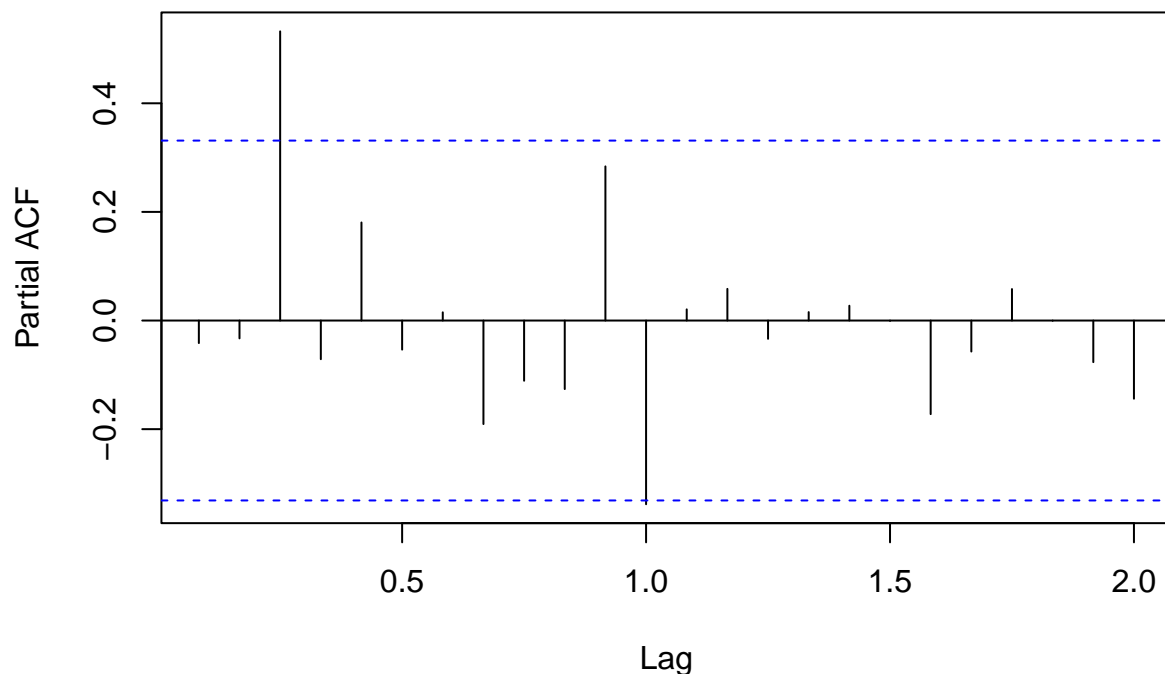
```
# ACF e PACF da serie diferenciada e com uma diferenca sazonal  
acf(diff(diff(dados.ts,12)), lag.max=24)
```

Series `diff(diff(dados.ts, 12))`



```
pacf(diff(diff(dados.ts, 12)), lag.max=24)
```

Series diff(diff(dados.ts, 12))



```
# criar a variavel step ou degrau
step <- as.numeric(as.yearmon(time(dados.ts)))>='Jan 2014')
step

## [1] 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1
## [39] 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

# criar a variavel ramp ou rampa
ramp <- c(rep(0,36), seq(1,12,1))
ramp

## [1] 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
## [26] 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

# vamos utilizar a funcao auto.arima para obter o "melhor" modelo
# adotando 1 diferenca e 1 diferenca sazonal
modelo <- auto.arima(dados.ts, seasonal=TRUE, xreg=cbind(step,ramp), max.d=1, max.D=1, stepwise=FALSE)
modelo

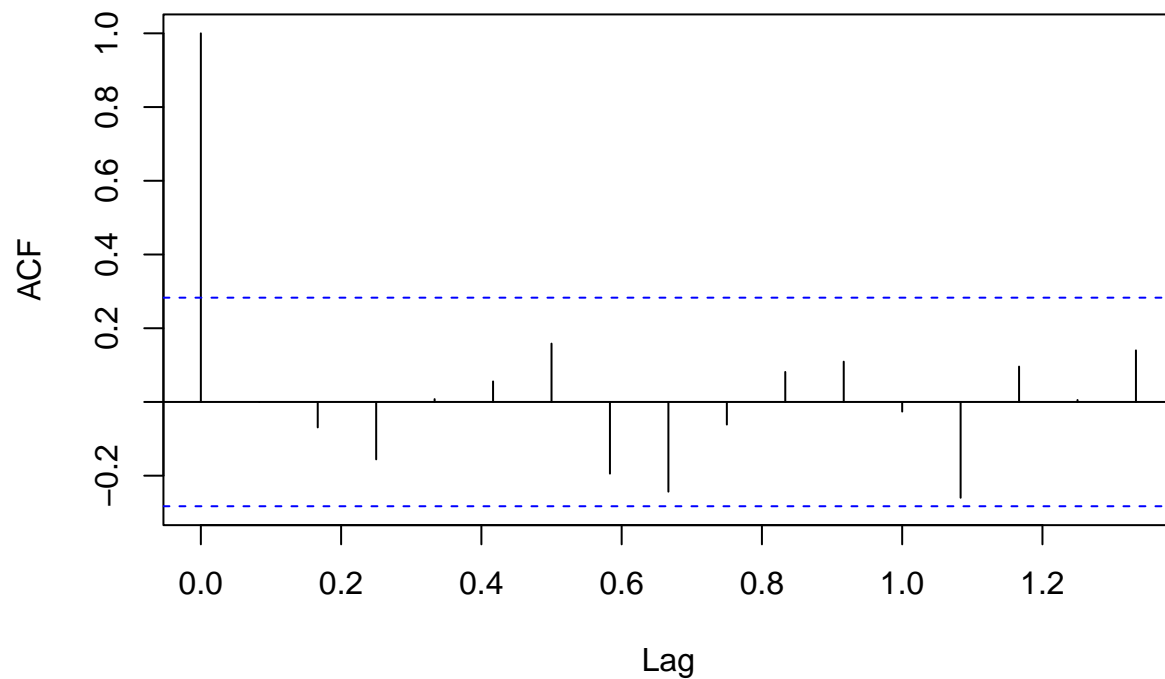
## Series: dados.ts
## Regression with ARIMA(2,1,0)(0,1,1)[12] errors
##
## Coefficients:
##          ar1      ar2      sma1      step      ramp
##       -0.873  -0.6731  -0.6069  -3284.7792 -1396.6523
## s.e.    0.124   0.1259   0.3872   602.3377   106.6332
##
## sigma^2 = 648828: log likelihood = -284.45
```

```
## AIC=580.89   AICc=583.89   BIC=590.23
```

```
# auto.arima(dados.ts, seasonal= TRUE, xreg=cbind(step,ramp))  
# Arima(dados.ts, order=c(0,1,2), seasonal= list(order=c(0,1,0), period=12), xreg=cbind(step,ramp))  
# o AIC do modelo do artigo apresentou menor AIC  
# Cuidado com IC de series temporais "pequenas"
```

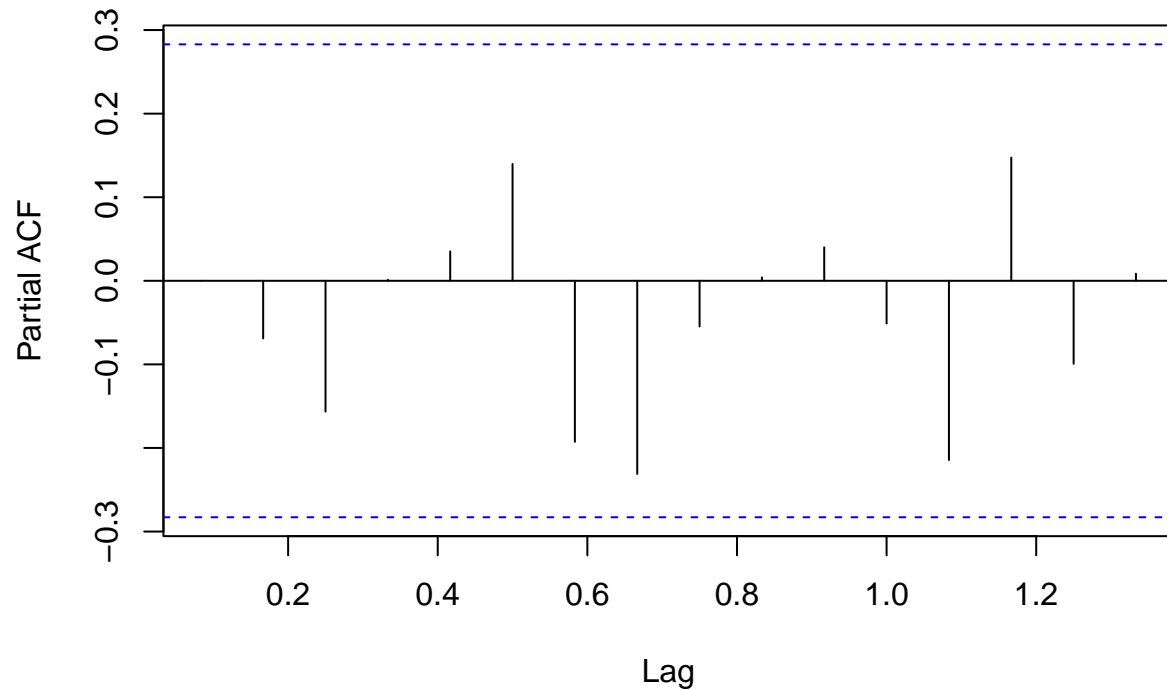
```
# diagnostico  
acf(modelo$residuals)
```

Series modelo\$residuals



```
pacf(modelo$residuals)
```


Series modelo\$residuals



```
Box.test(modelo$residuals, lag = 12)
```

```
##  
## Box-Pierce test  
##  
## data:  modelo$residuals  
## X-squared = 8.5122, df = 12, p-value = 0.7439
```

```
Box.test(modelo$residuals, lag = 24)
```

```
##  
## Box-Pierce test  
##  
## data:  modelo$residuals  
## X-squared = 16.691, df = 24, p-value = 0.8615
```

```
Box.test(modelo$residuals, lag = 12, type = "Ljung-Box")
```

```
##  
## Box-Ljung test  
##  
## data:  modelo$residuals  
## X-squared = 10.39, df = 12, p-value = 0.5818
```

```
Box.test(modelo$residuals, lag = 24, type = "Ljung-Box")
```

```
##  
## Box-Ljung test  
##
```

```

## data: modelo$residuals
## X-squared = 23.388, df = 24, p-value = 0.497
# estimativa intervalar
confint(modelo)

##           2.5 %           97.5 %
## ar1      -1.1159672    -0.6300564
## ar2      -0.9198338    -0.4264433
## sma1     -1.3658914     0.1520145
## step -4465.3393403 -2104.2190718
## ramp -1605.6493986 -1187.6551204

# observe que mesmo sma1 nao sendo significativo
# os autores deixaram o parametro no modelo

# outras observacoes

# A mudança de nível (step change / degrau) estimada foi de -3285 dispensações
# com IC 95\% de (-4465; -2104)
# enquanto a mudança estimada na inclinação (rampa)
# foi de -1397 dispensações por mês IC 95\% = (-1606; -1188).

####

# Agora vamos ajustar o modelo ate dez de 2013
# ou seja, antes da intervencao
# Vamos utilizar a mesma ordem encontrada anteriormente

# contrafactual
# o contrafactual e o que teria acontecido se a intervencao
# nunca tivesse ocorrido. E um cenario hipotetico,
# uma linha de base que voce precisa estimar para comparar
# com a realidade pos-intervencao

modelo2 <- Arima(window(dados.ts, end=c(2013,12)),
                  order=c(2,1,0), seasonal=list(order=c(0,1,1), period=12))

modelo2

## Series: window(dados.ts, end = c(2013, 12))
## ARIMA(2,1,0)(0,1,1)[12]
##
## Coefficients:
##          ar1          ar2          sma1
##      -0.8335   -0.6702   -0.4247
## s.e.    0.1564    0.1660    0.4270
##
## sigma^2 = 807653: log likelihood = -189.25
## AIC=386.5   AICc=388.72   BIC=391.04

# previsao para os 12 meses seguintes
previsao <- forecast(modelo2, h=12)
previsao.ts <- ts(as.numeric(previsao$mean), start=c(2014,1), frequency=12)

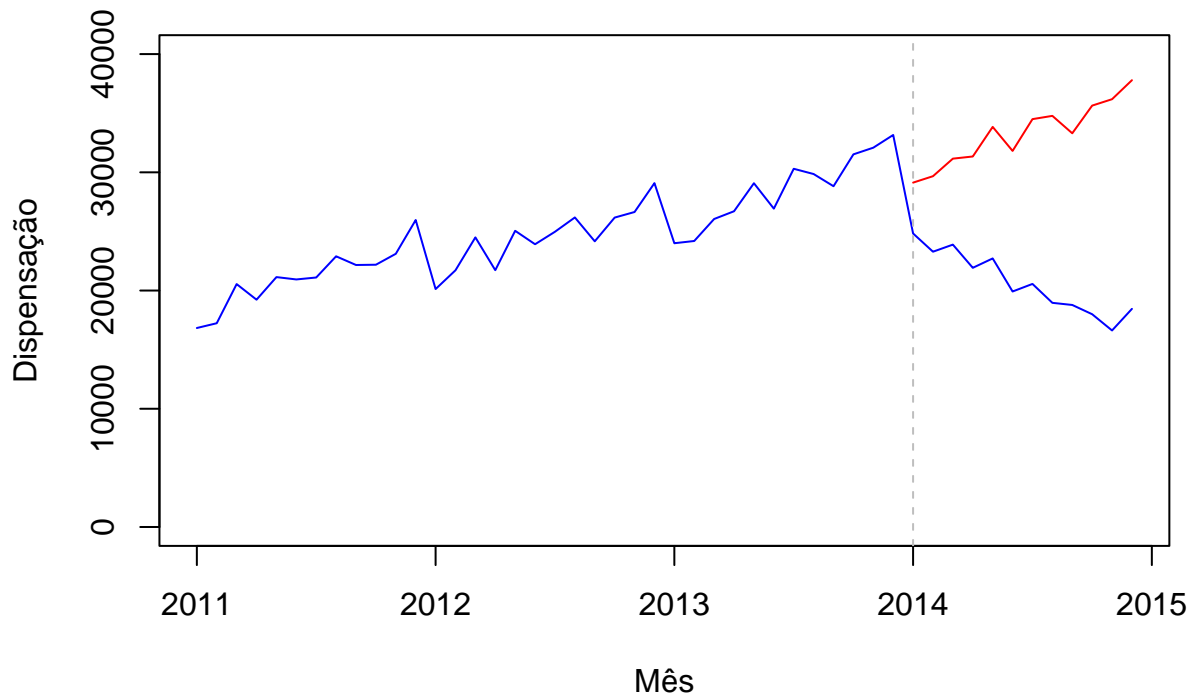
# juntar as series

```

```
dados.ts2 <- ts.union(dados.ts, previsao.ts)
dados.ts2
```

```
##      dados.ts previsao.ts
## Jan 2011    16831      NA
## Feb 2011    17234      NA
## Mar 2011    20546      NA
## Apr 2011    19226      NA
## May 2011    21136      NA
## Jun 2011    20939      NA
## Jul 2011    21103      NA
## Aug 2011    22897      NA
## Sep 2011    22162      NA
## Oct 2011    22184      NA
## Nov 2011    23108      NA
## Dec 2011    25967      NA
## Jan 2012    20123      NA
## Feb 2012    21715      NA
## Mar 2012    24497      NA
## Apr 2012    21720      NA
## May 2012    25053      NA
## Jun 2012    23915      NA
## Jul 2012    24972      NA
## Aug 2012    26183      NA
## Sep 2012    24163      NA
## Oct 2012    26172      NA
## Nov 2012    26642      NA
## Dec 2012    29086      NA
## Jan 2013    24002      NA
## Feb 2013    24190      NA
## Mar 2013    26052      NA
## Apr 2013    26707      NA
## May 2013    29077      NA
## Jun 2013    26927      NA
## Jul 2013    30300      NA
## Aug 2013    29854      NA
## Sep 2013    28824      NA
## Oct 2013    31519      NA
## Nov 2013    32084      NA
## Dec 2013    33160      NA
## Jan 2014    24827    29127.50
## Feb 2014    23285    29671.28
## Mar 2014    23884    31156.37
## Apr 2014    21921    31339.65
## May 2014    22715    33843.48
## Jun 2014    19919    31809.61
## Jul 2014    20560    34498.50
## Aug 2014    18961    34774.18
## Sep 2014    18780    33302.09
## Oct 2014    17998    35641.85
## Nov 2014    16624    36184.57
## Dec 2014    18450    37792.03
```

```
# Plot
plot(dados.ts2, type="l", plot.type="s", col=c('blue','red'), xlab="Mês", ylab="Dispensação", ylim=c(0,40000),
abline(v=2014, lty="dashed", col="gray"))
```



O último gráfico mostra os valores previstos pelo nosso modelo ARIMA na ausência da intervenção (contrafactual) comparados com os valores observados. Isso significa que a mudança no subsídio para 25 mg de quetiapina em janeiro de 2014 foi associada a uma diminuição imediata e sustentada de 3285 dispensações, com uma diminuição adicional de 1397 dispensações a cada mês. Em outras palavras, houve 4682 ($3285 + 1397$) dispensações a menos em janeiro de 2014 do que o previsto caso as mudanças no subsídio não tivessem sido implementadas. Em fevereiro de 2014, houve 6079 dispensações a menos ($3285 + 2 \times 1397$). Importante ressaltar que nossos achados devem ser considerados válidos apenas pela duração do período de estudo (ou seja, até dezembro de 2014).