

# 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\\Códigos")
dados <- read.csv(file = 'dados_artigo.csv')
head(dados)

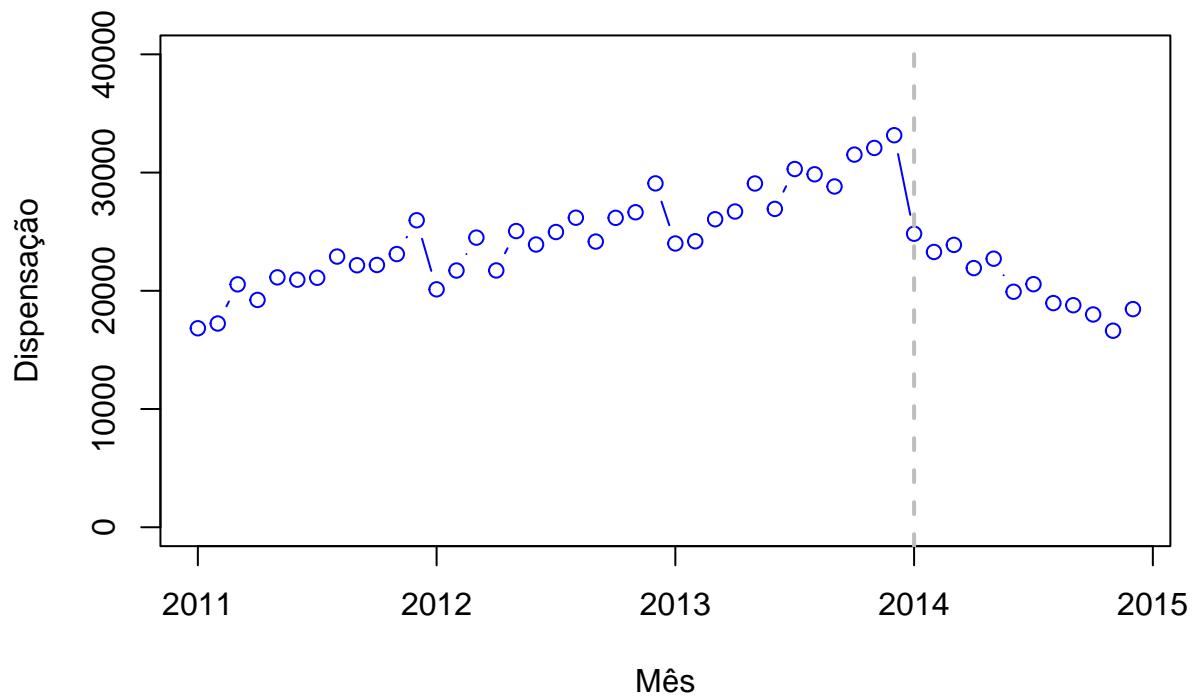
##      month dispensings
## 1 1-Jan-11      16831
## 2 1-Feb-11      17234
## 3 1-Mar-11      20546
## 4 1-Apr-11      19226
## 5 1-May-11      21136
## 6 1-Jun-11      20939

# 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

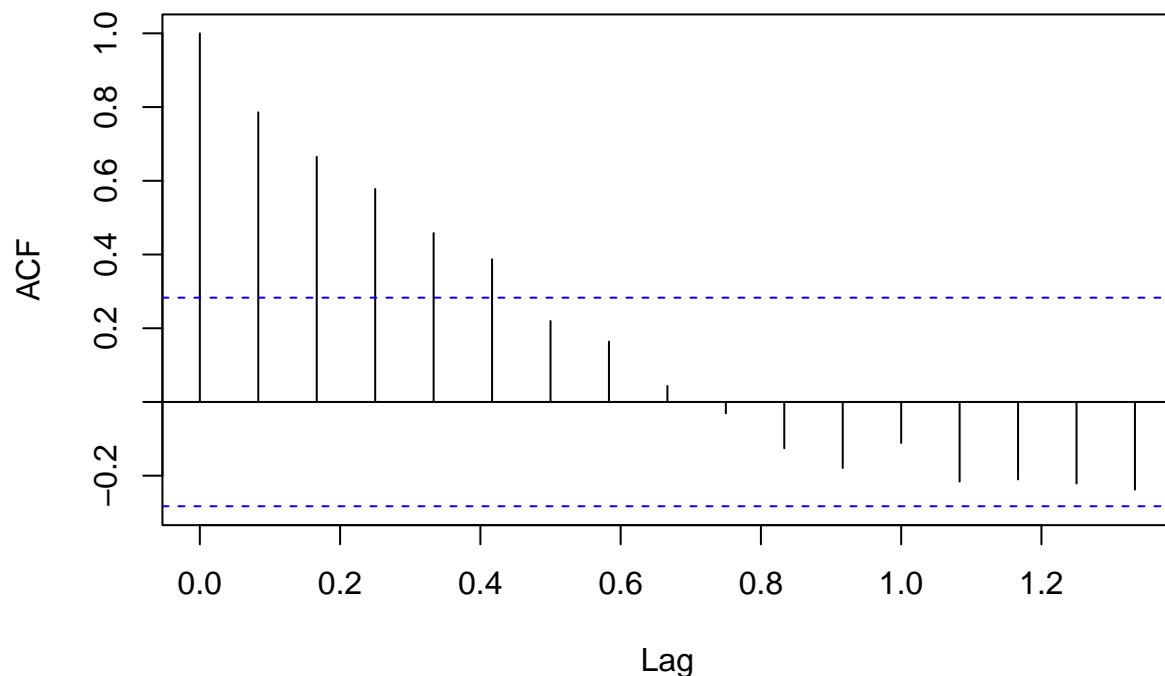
# grafico da serie temporal
plot(dados.ts, ylim=c(0,40000), type='b', col="blue", xlab="Mês", ylab="Dispensação")
# linha vertical indicando a data da intervenção (January 1, 2014)
abline(v=2014, col="gray", lty="dashed", lwd=2)

```



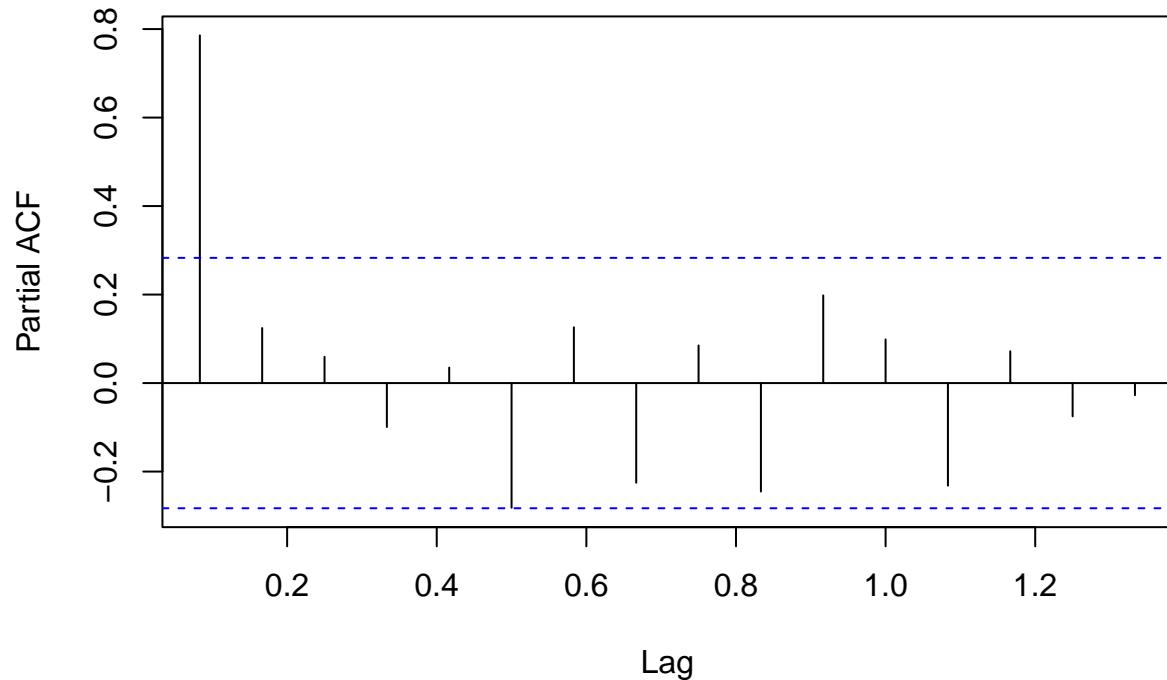
```
# ACF e PACF  
acf(dados.ts)
```

### Series dados.ts



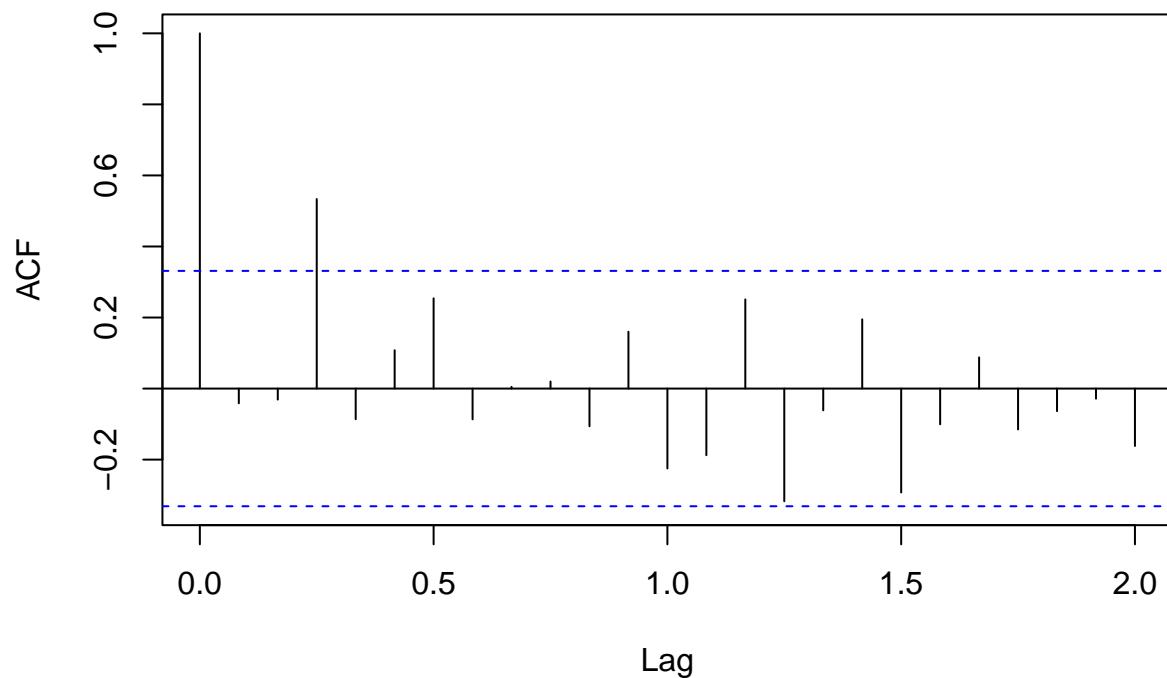
```
pacf(dados.ts)
```

## Series dados.ts

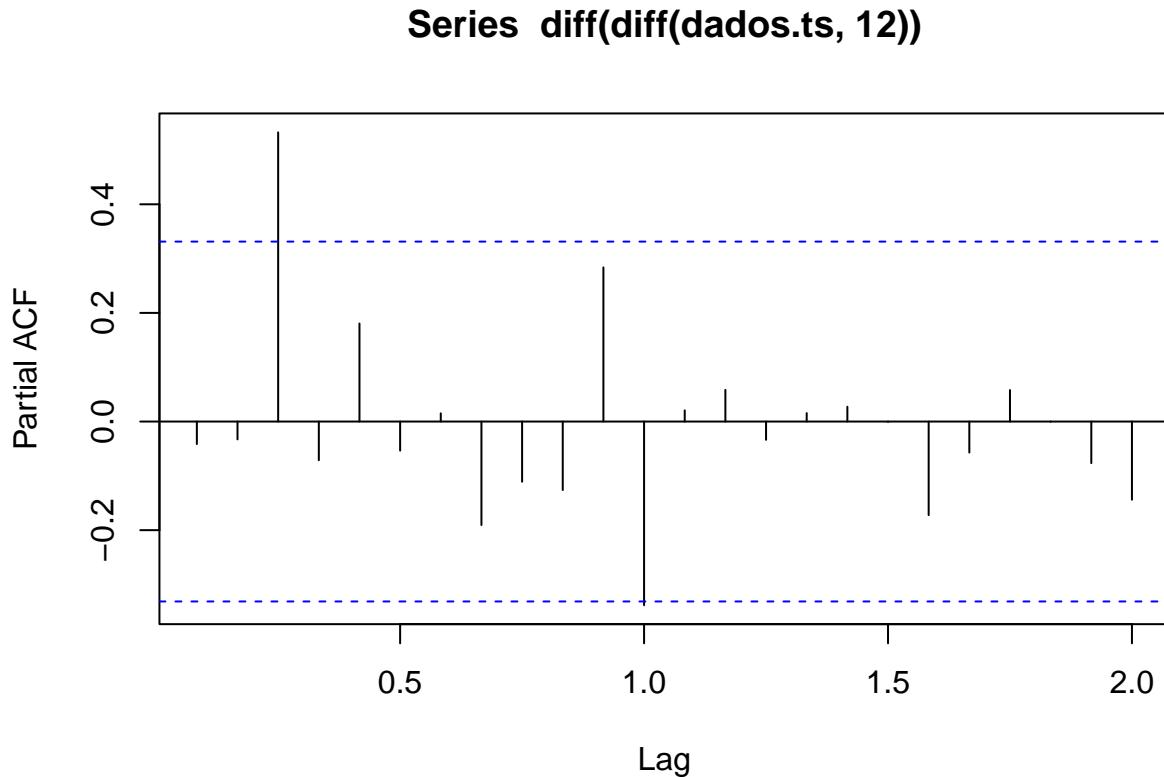


```
# ACF e PACF da serie diferenciada e com uma diferenca sazonal  
acf(diff(diff(dados.ts,12)), lag.max=24)
```

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



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



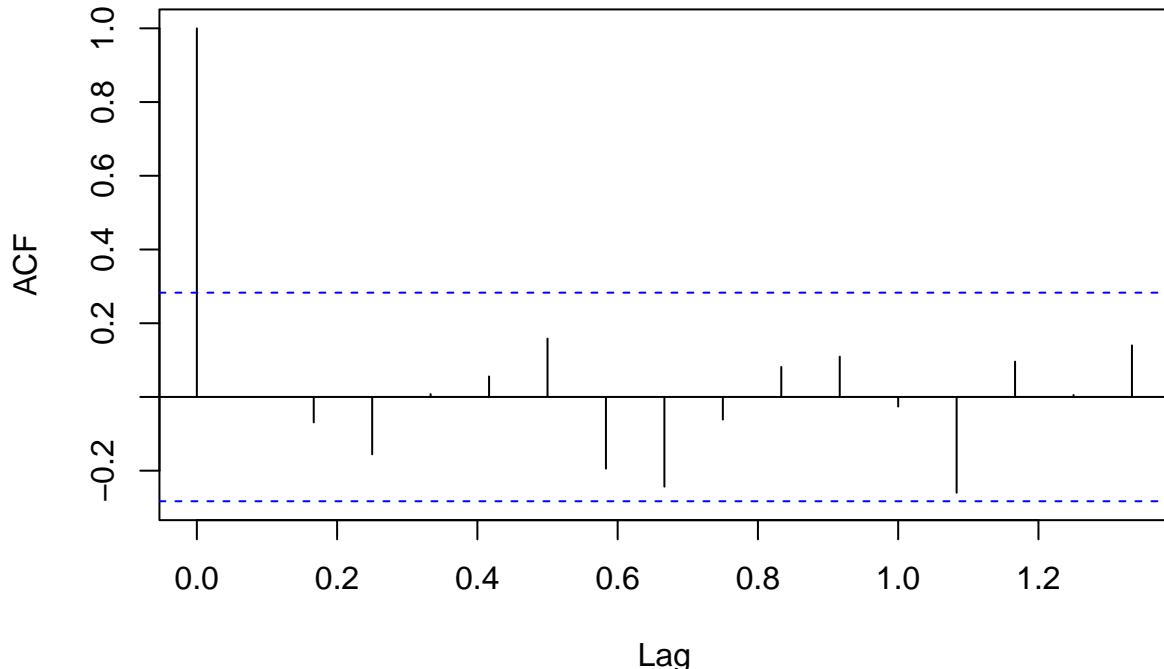
```

## 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

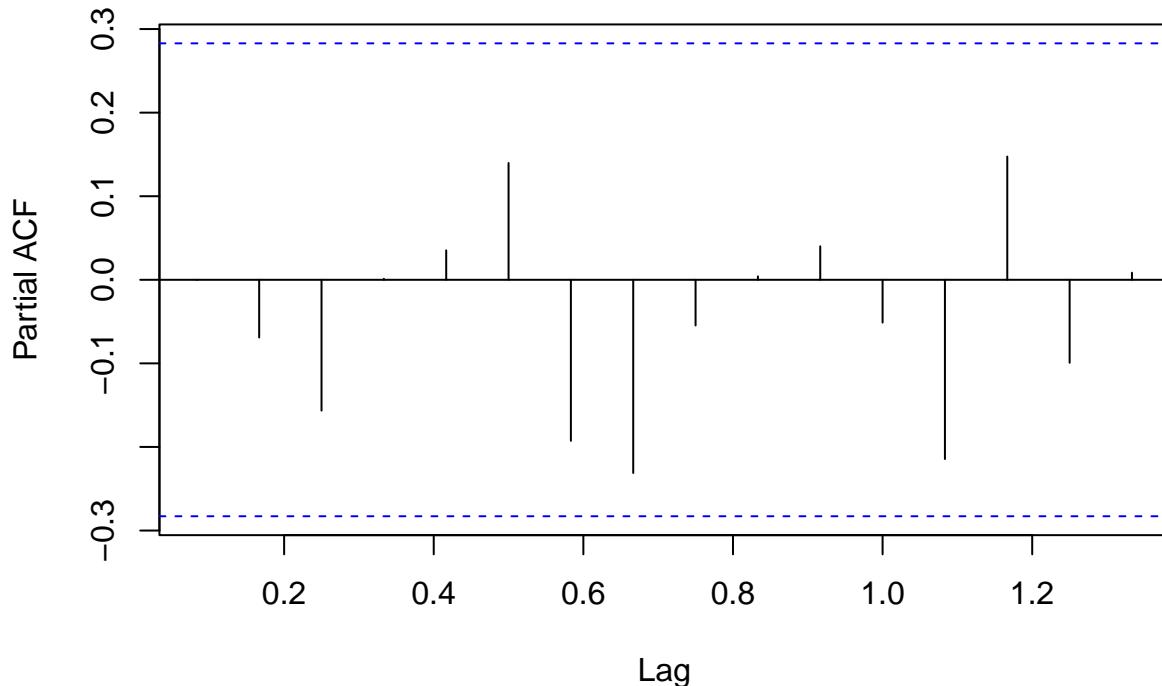


```

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 cenário hipotético,
# 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)

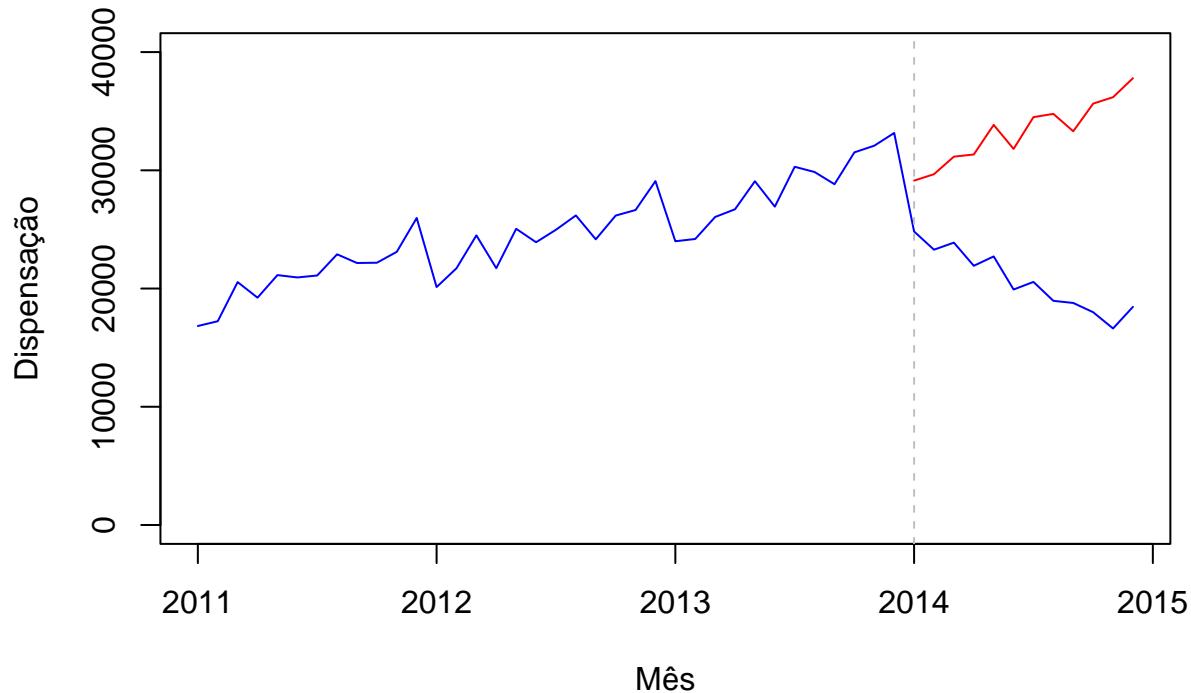
# juntar as series

```

```
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).