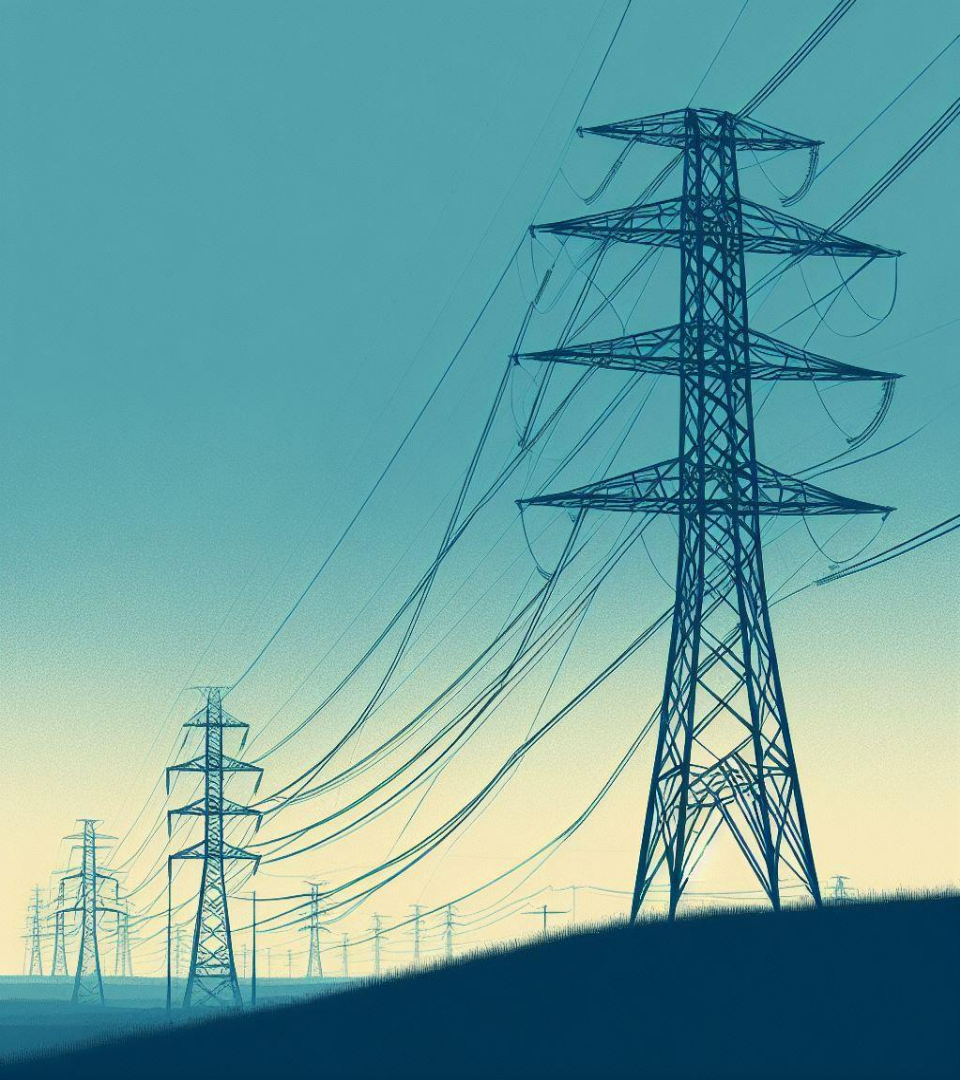


Análise e Modelagem do Consumo de Energia Elétrica no Brasil

Gustavo Almeida Silva; Pedro Henrique Corrêa de Almeida

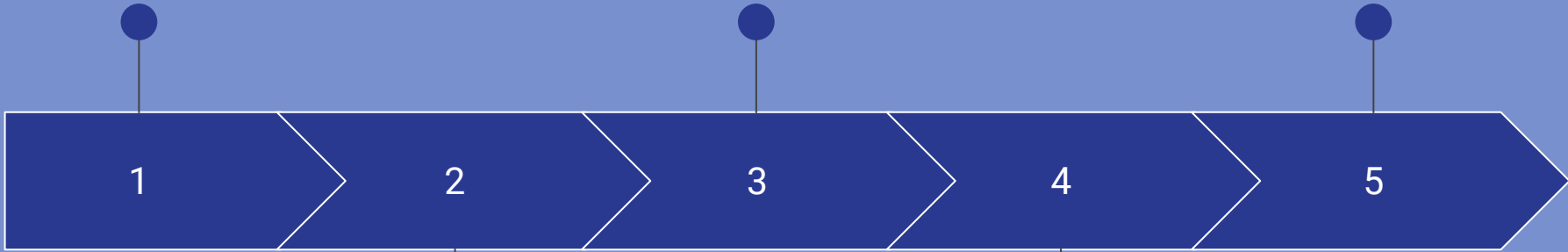


- Maior Consumidor de Latam
 - Sétimo maior do mundo
 - Maior gerador de energia renovável de Latam
-

Análise Exploratória

Modelos Sazonais

Conclusão



1

2

3

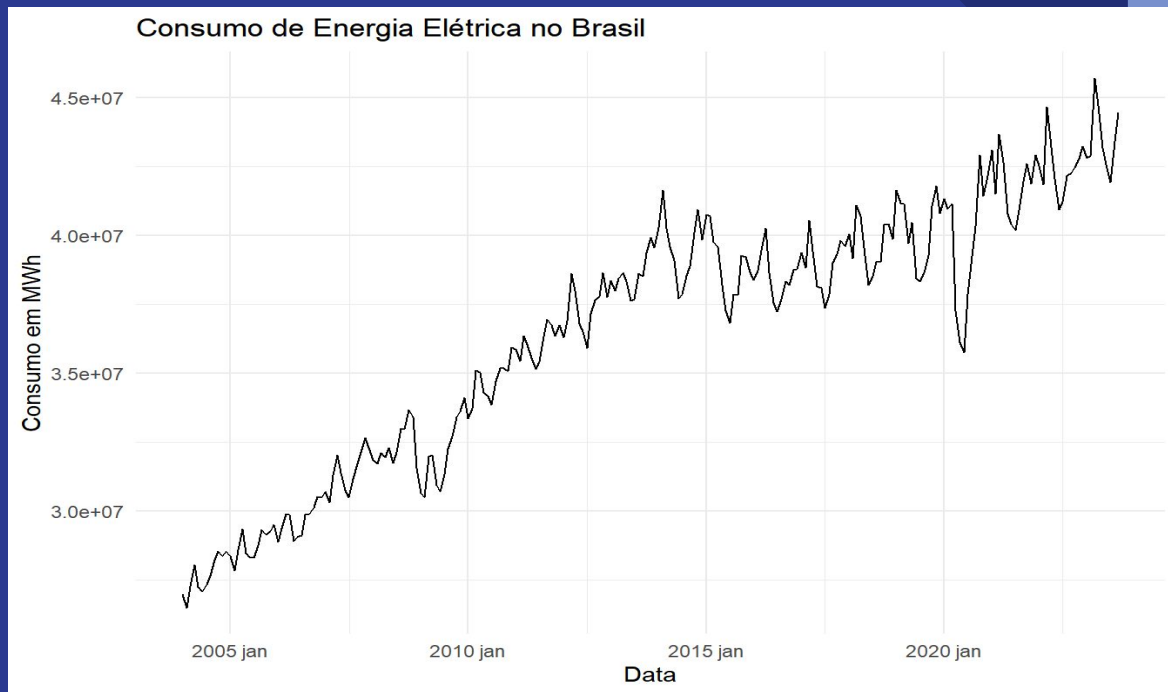
4

5

Modelos Não Sazonais

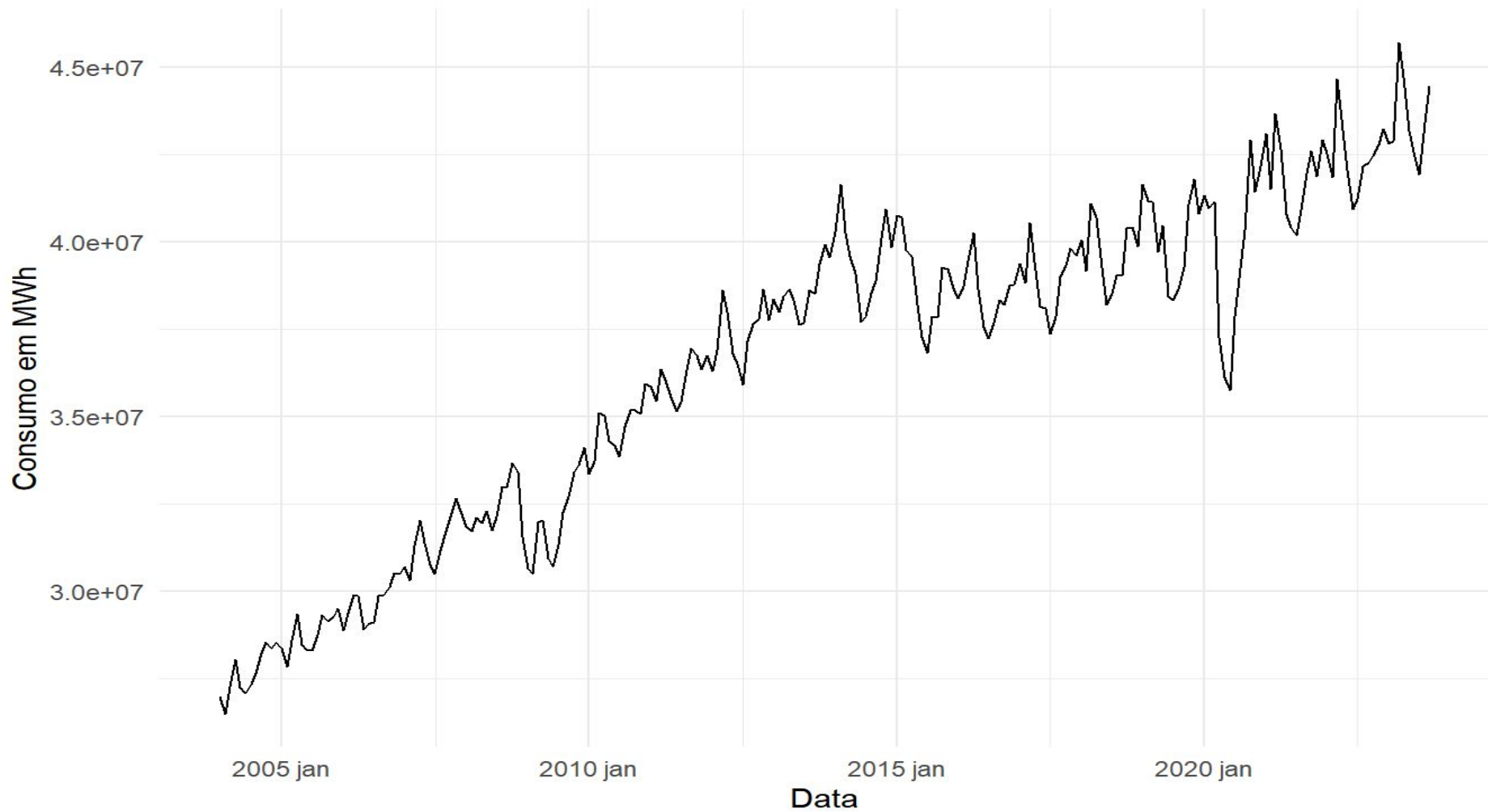
Interpretação e Previsão

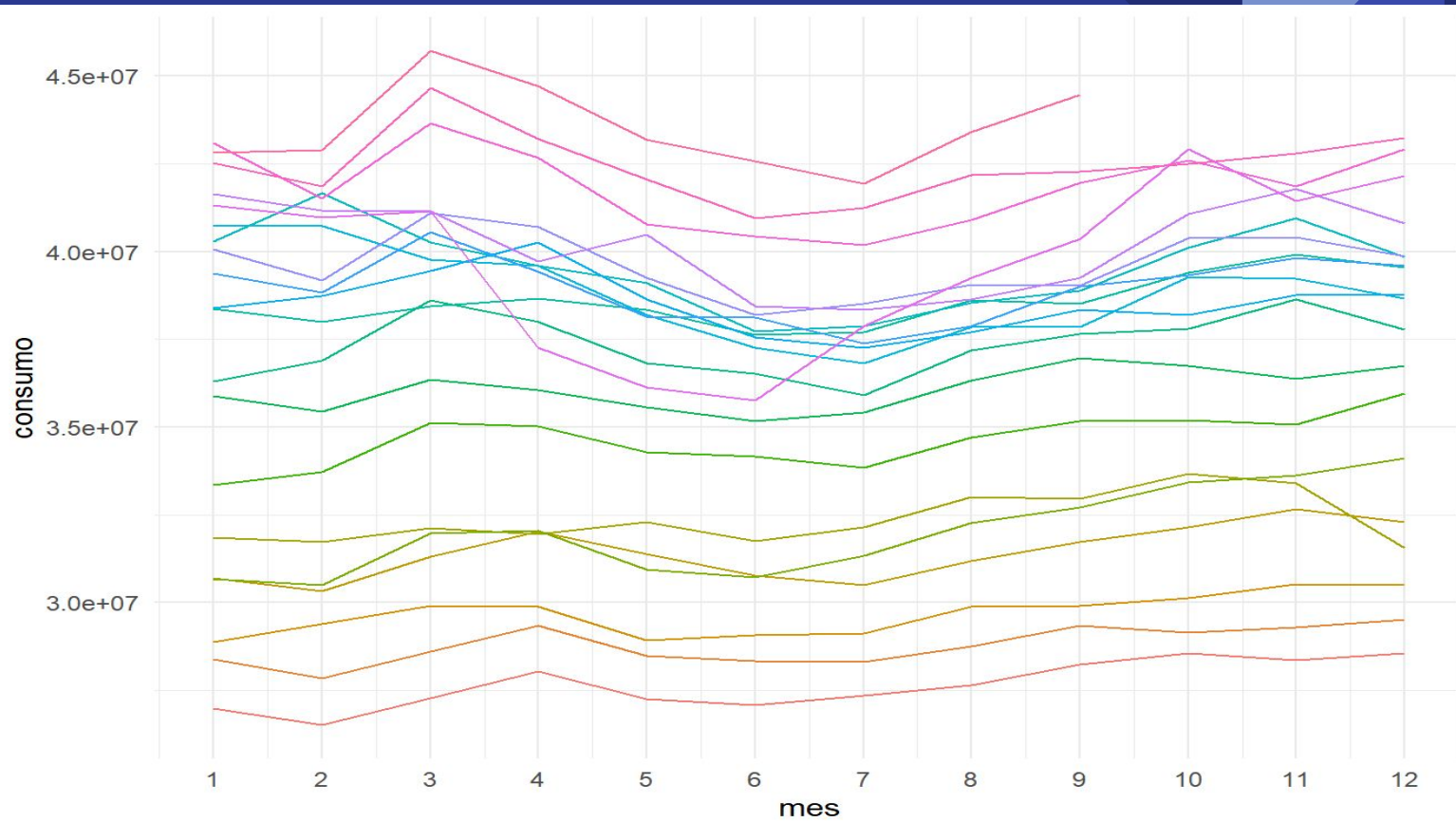
Análise Exploratória

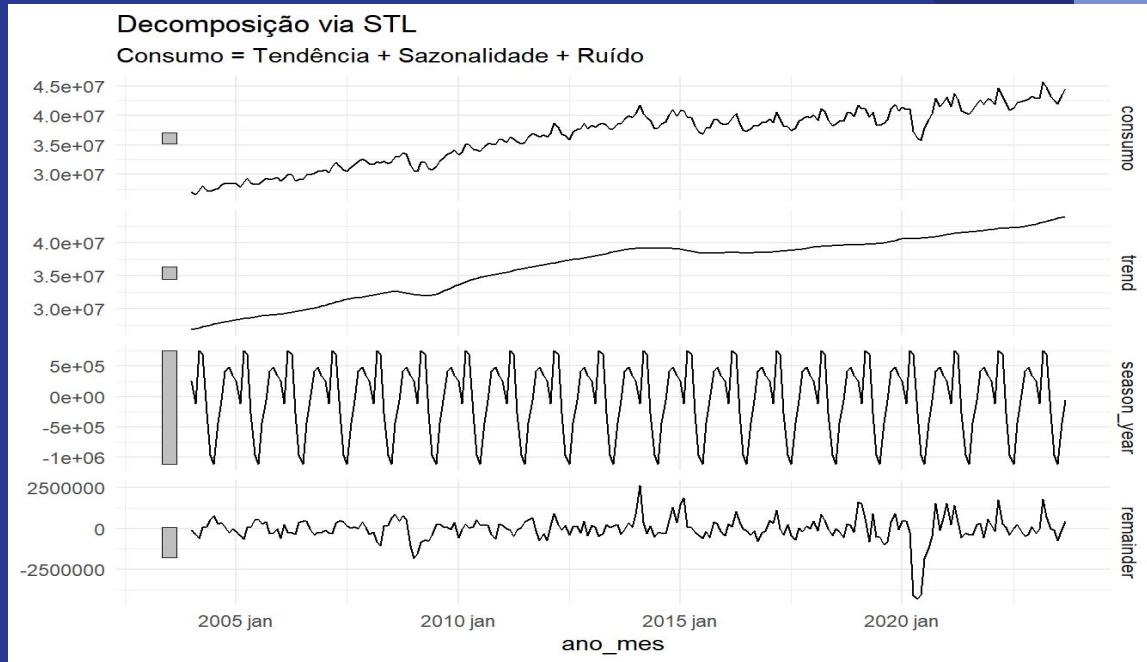


- Dados retirados da EPE
- Dados de: JAN 2004 - SET 2023
- Valores de consumo de Energia Elétrica em MWh

Consumo de Energia Elétrica no Brasil



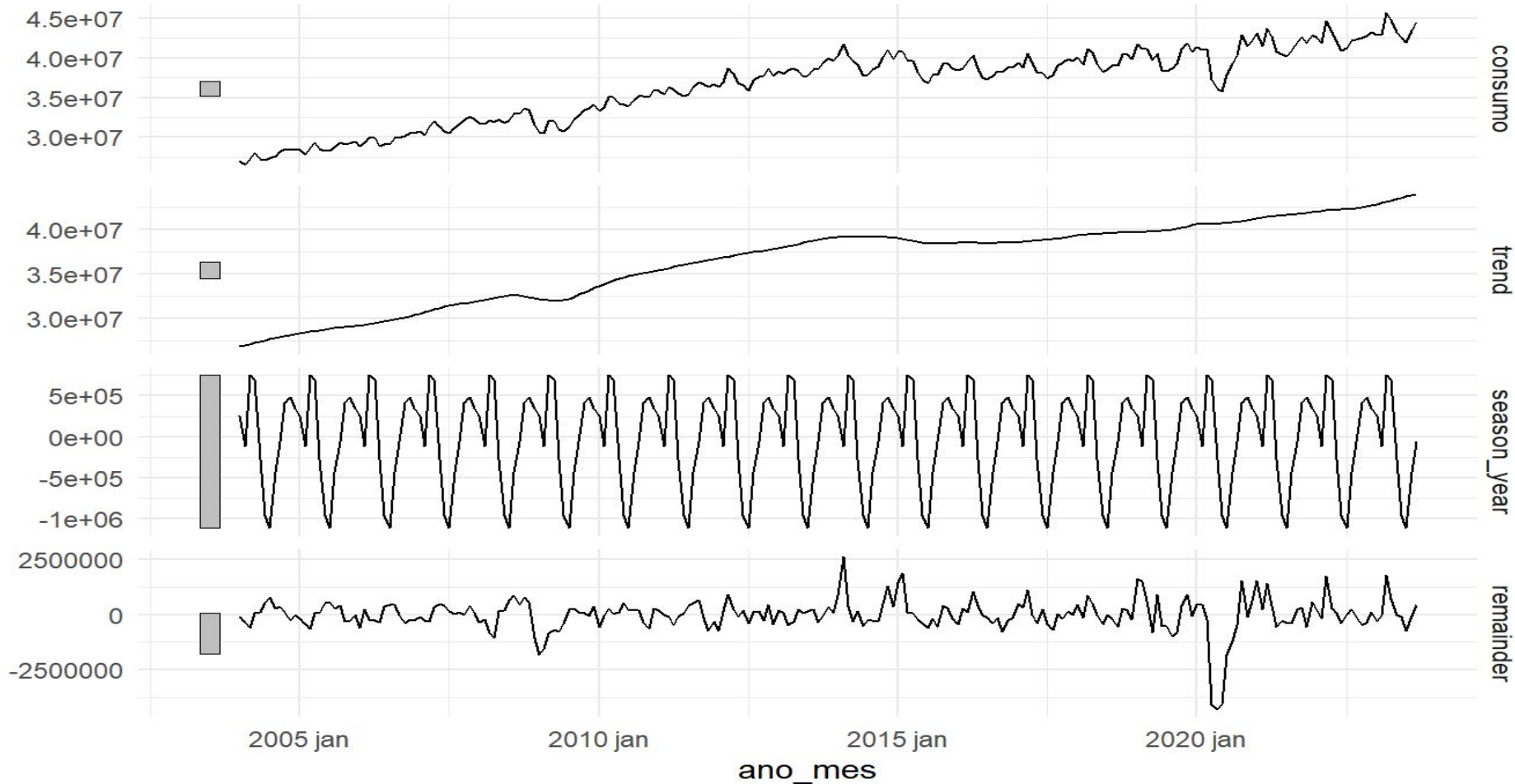




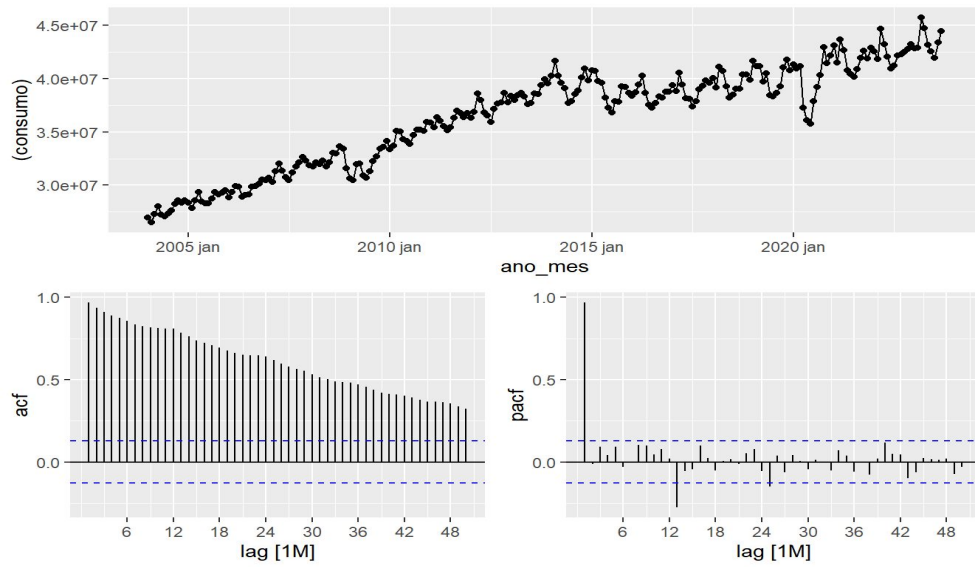
- Seasonal and Trend decomposition using Loess (STL)
- Buscando decompor os dados em 3 componentes: tendência, sazonalidade e ruído
- Forte Tendência; Sazonalidade Anual; Discriminou Fortemente 2020

Decomposição via STL

Consumo = Tendência + Sazonalidade + Ruído

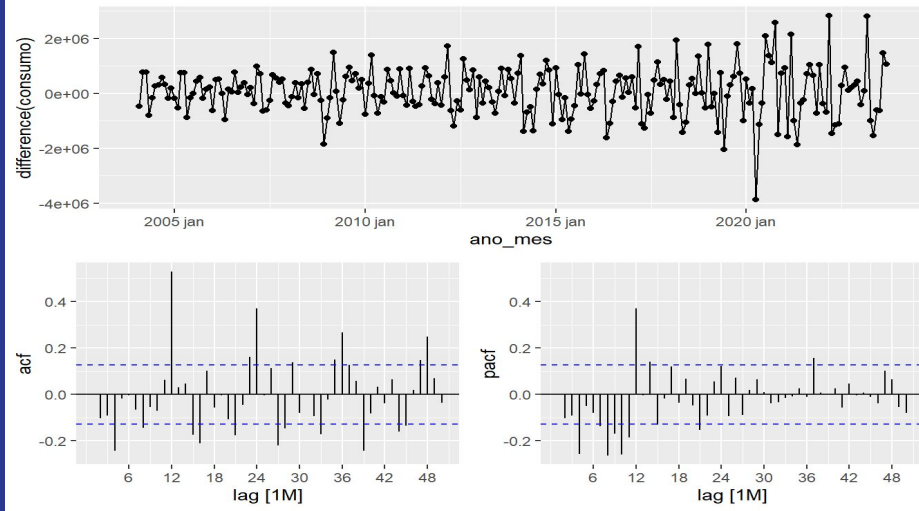


Modelagem

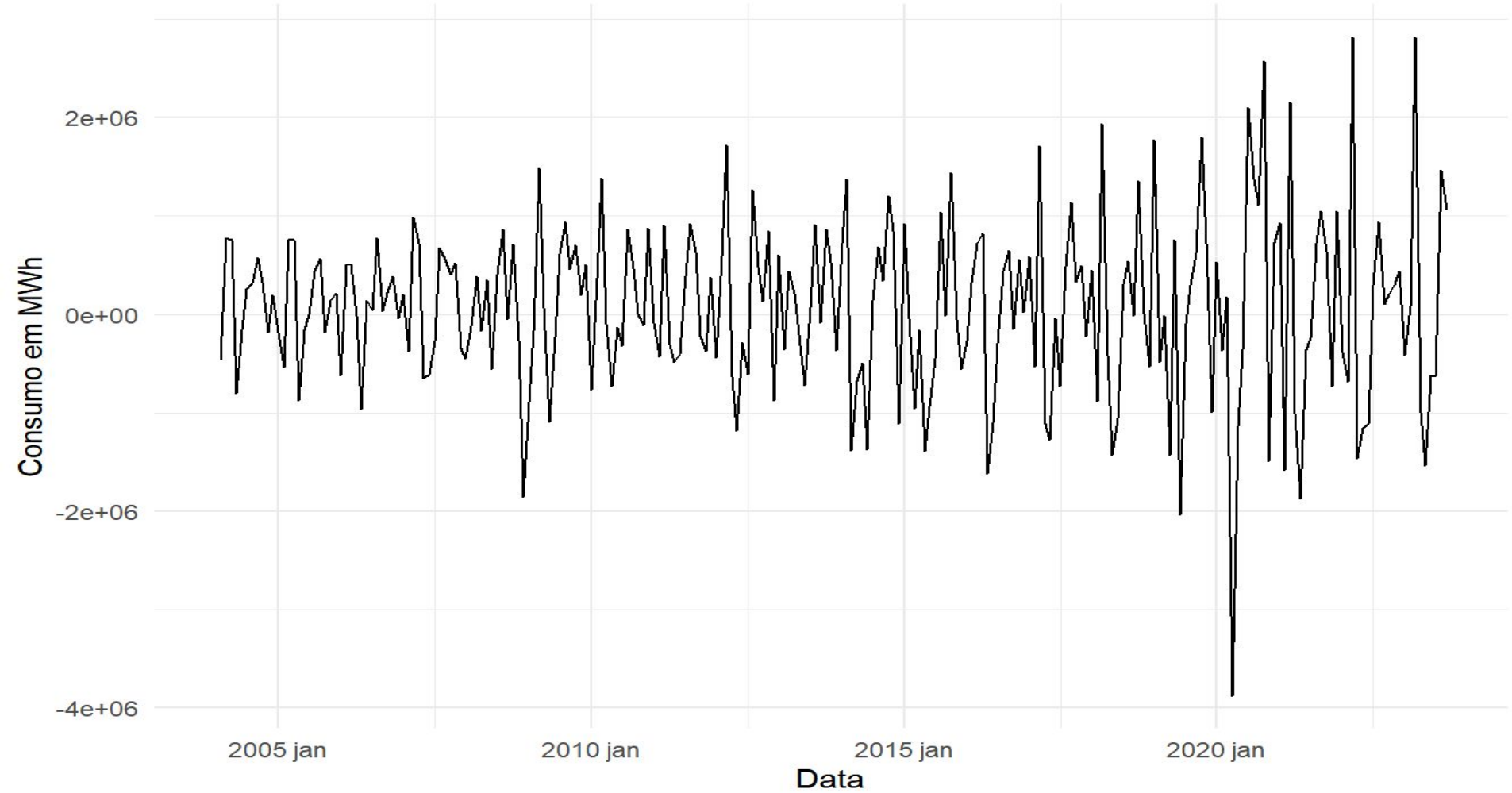


- Forte Tendência
- Foi Aplicada uma Diferenciação

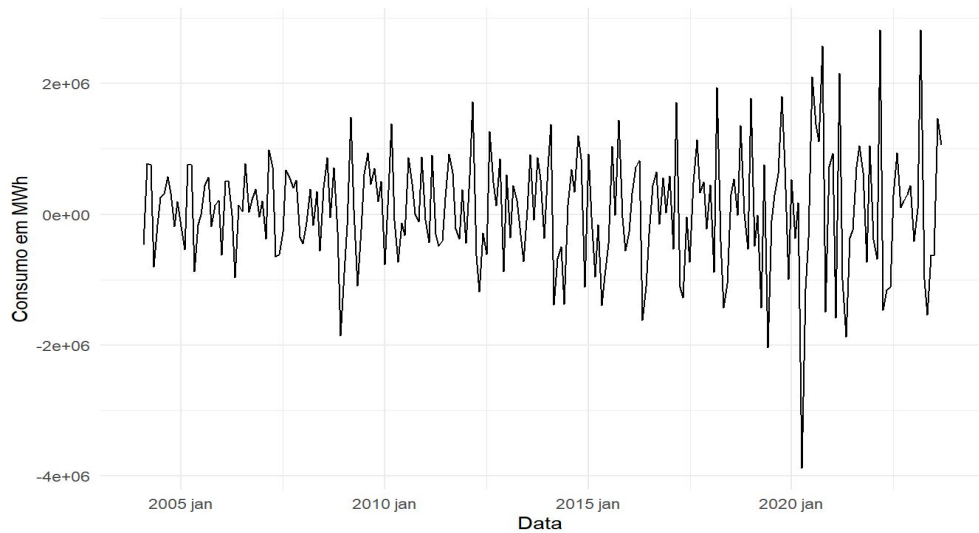
- Série com 1 Diferenciação



Consumo de Energia Elétrica no Brasil



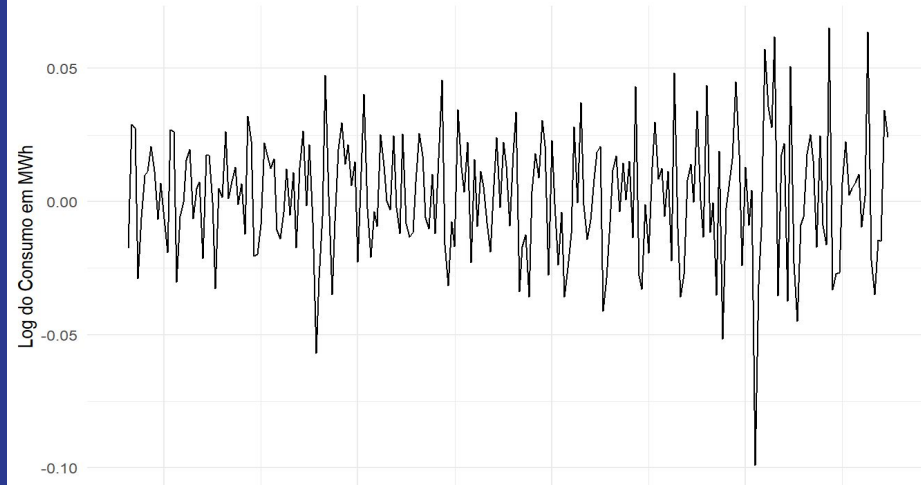
Consumo de Energia Elétrica no Brasil

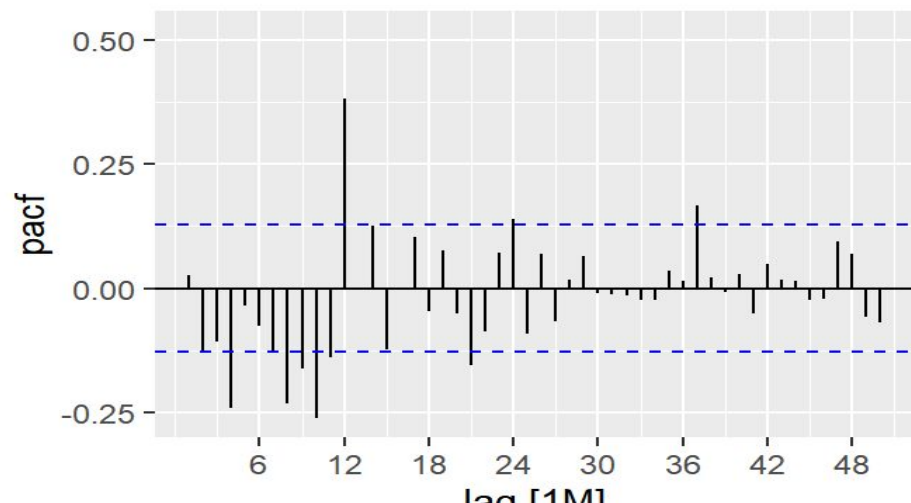
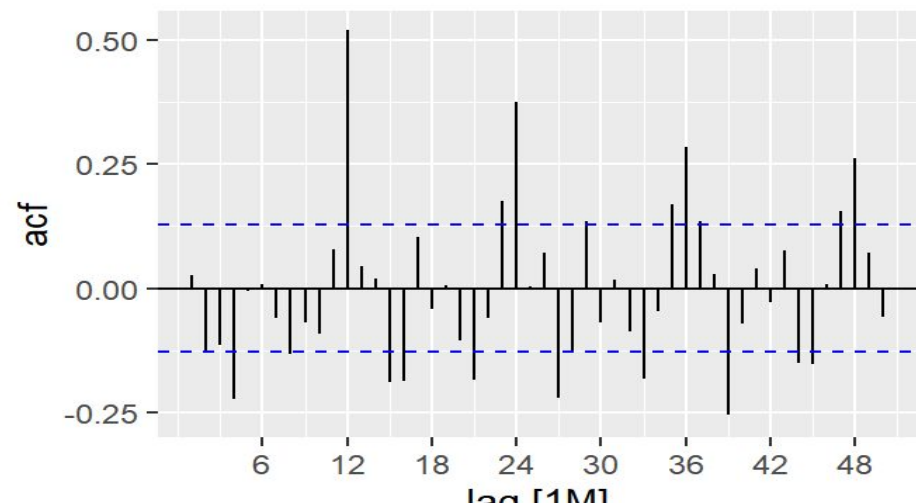
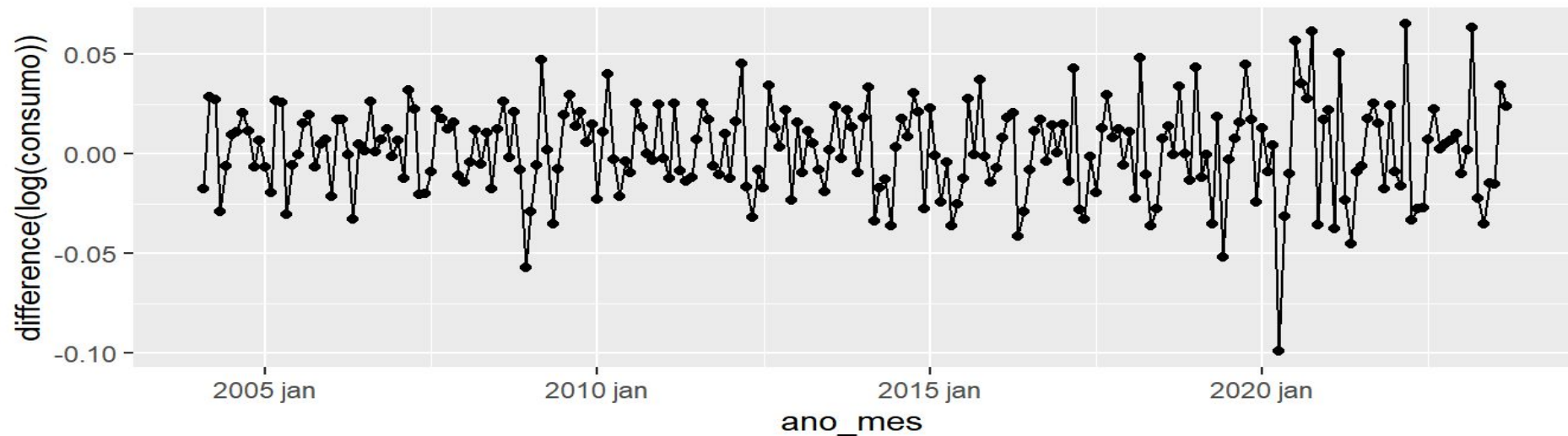


- Série Heterocedástica

- Série com transformação Log

Consumo de Energia Elétrica no Brasil



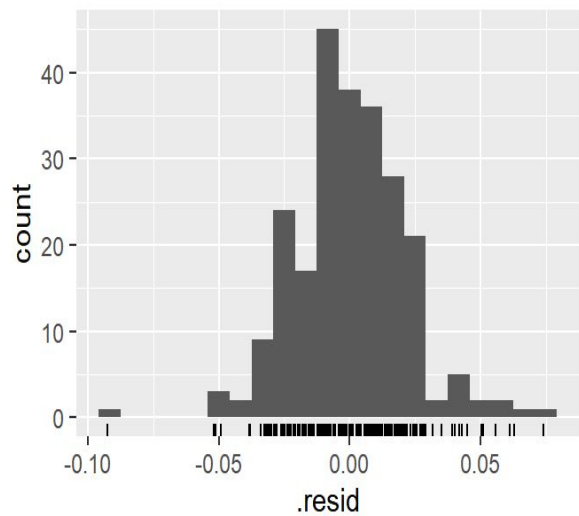
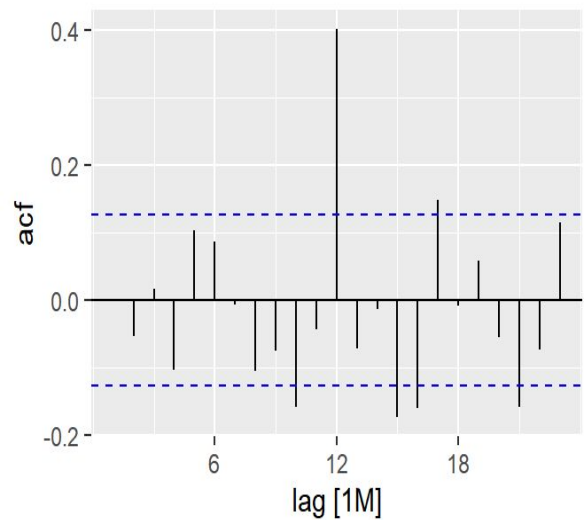
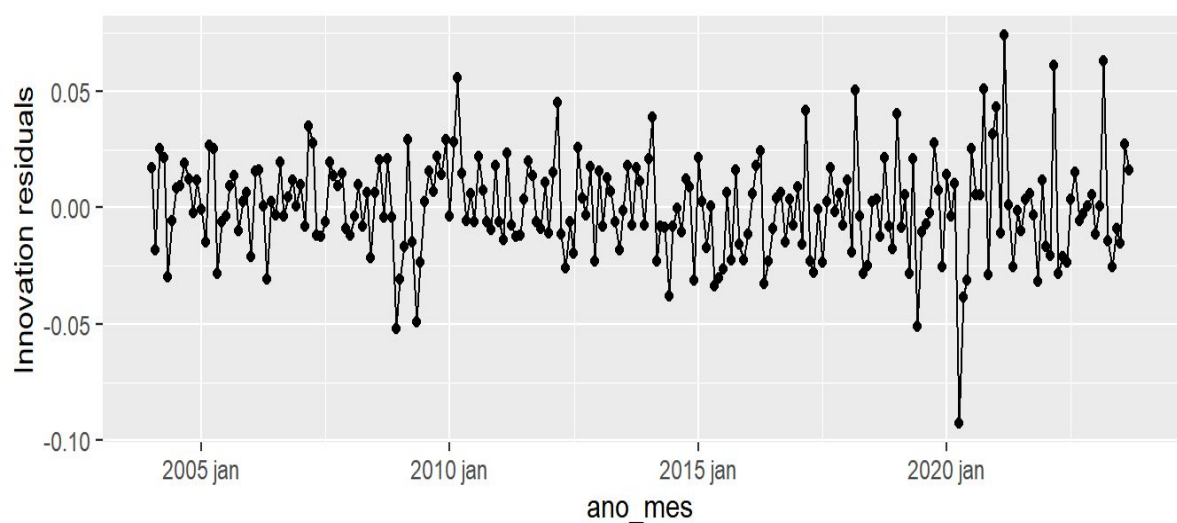


Modelo Não Sazonal

- Modelos ARIMA
- Forward Stepwise
- Minimização do AICc
- Melhor Modelo estimado: ARIMA(2,1,2)

O modelo apresentou problemas nos resíduos

- Inúmeras autocorrelações significativas
- Correlação Extremamente forte no lag 12
- Testes de Box-Pierce e de Ljung-Box rejeitaram independência a 5% de significância



Modelos Sazonais

```
graph TD; A[Modelos Sazonais] --> B[Sazonalidades Determinística]; A --> C[Sazonalidade Estocástica];
```

Sazonalidades Determinística

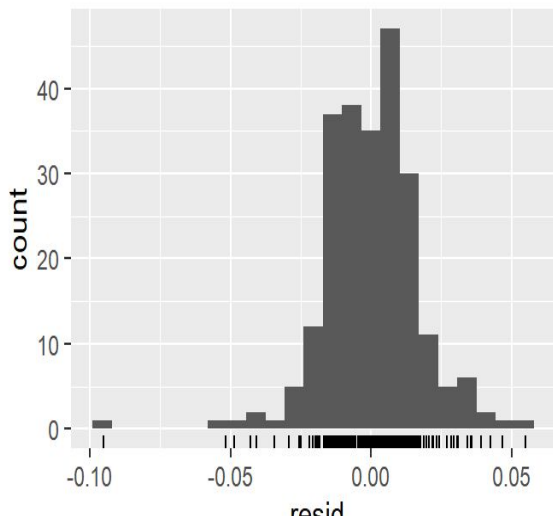
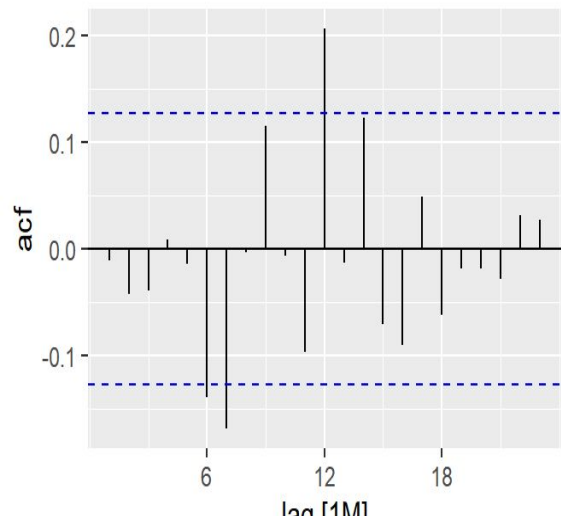
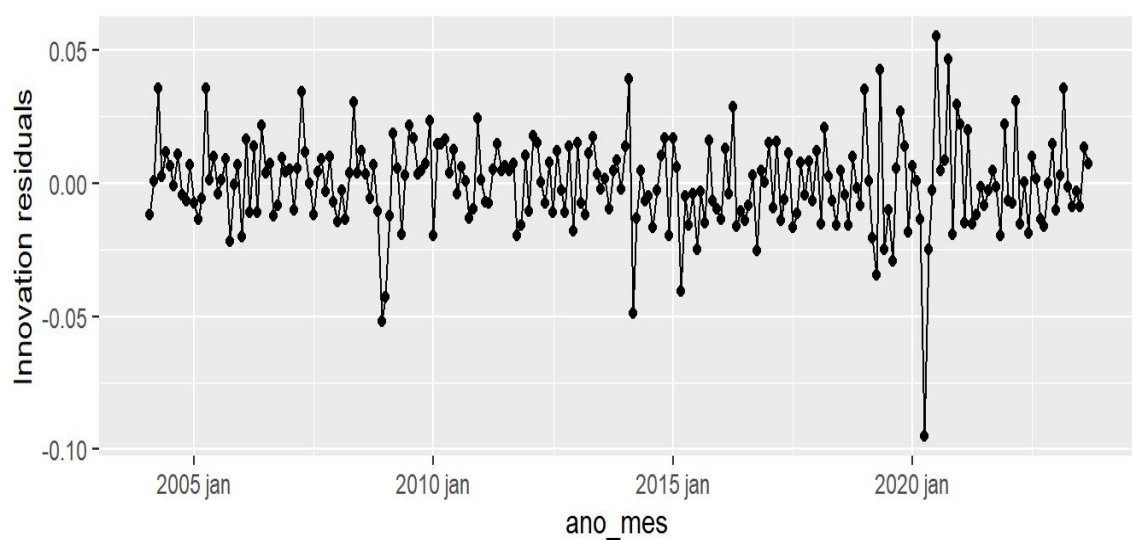
Sazonalidade Estocástica

Modelo de Sazonalidade Determinística

- Construção da Série **N_t** , estacionária e sem sazonalidade
- Modelos ARMA
- Forward Stepwise
- Minimização do AICc
- Melhor Modelo estimado: AR(5)

O modelo apresentou problemas nos resíduos

- Correlação Extremamente forte no lag 12
- Testes de Box-Pierce e de Ljung-Box rejeitaram independência a 5% de significância



Modelo de Sazonalidade Estocástica

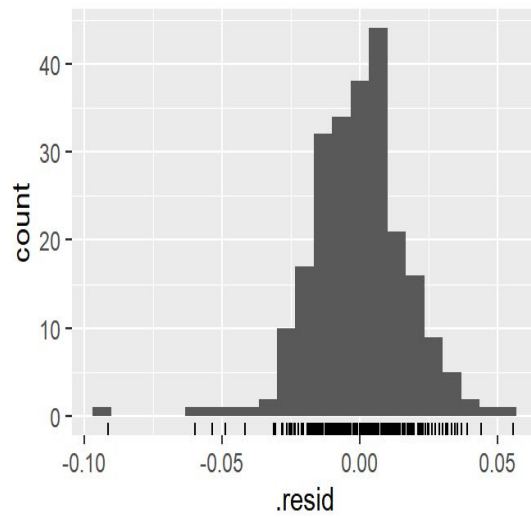
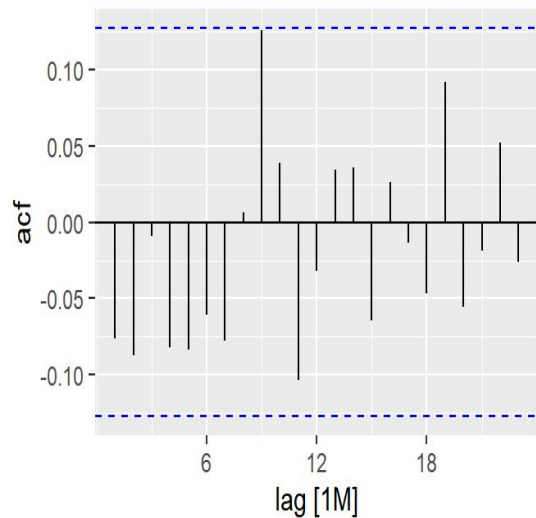
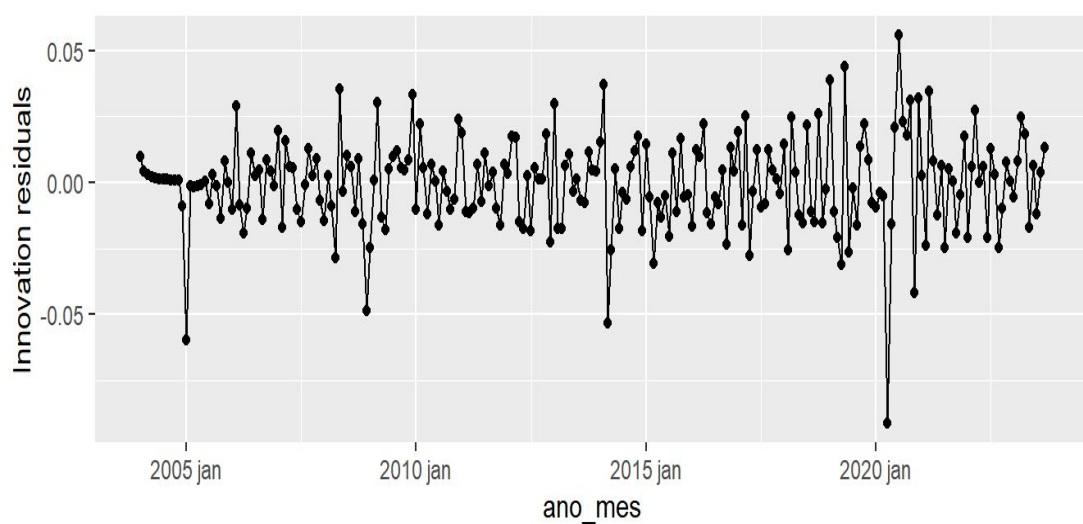
- Desejamos modelar o lag 12
- Modelos SARIMA (Seasonal ARIMA)

$$W_T = \phi_1 W_{t-1} + \phi_2 W_{t-2} + \dots + \phi_p W_{t-p} + \theta_1 a_{t-1} + \theta_2 a_{t-2} + \dots + \theta_q a_{t-q} + \Phi_1 U_{t-k-1} + \Phi_2 U_{t-k-2} + \dots + \Phi_p U_{t-k-p} + \Theta_1 a_{t-k-1} + \Theta_2 a_{t-k-2} + \dots + \Theta_Q a_{t-k-Q} + a_t$$

$$W_t = \Delta^d Z_t$$

$$U_t = \Delta^D Z_t$$

- Forward Stepwise
- Minimização do AICc
- Melhor Modelo estimado: SARIMA(2,1,2)(1,1,1)[12]



O modelo não apresentou problemas nos resíduos

- Correlação não significativa no lag 12
- Testes de Box-Pierce e de Ljung-Box não rejeitaram independência a 5% de significância
- Média do erro foi 0

Parâmetros Estimados

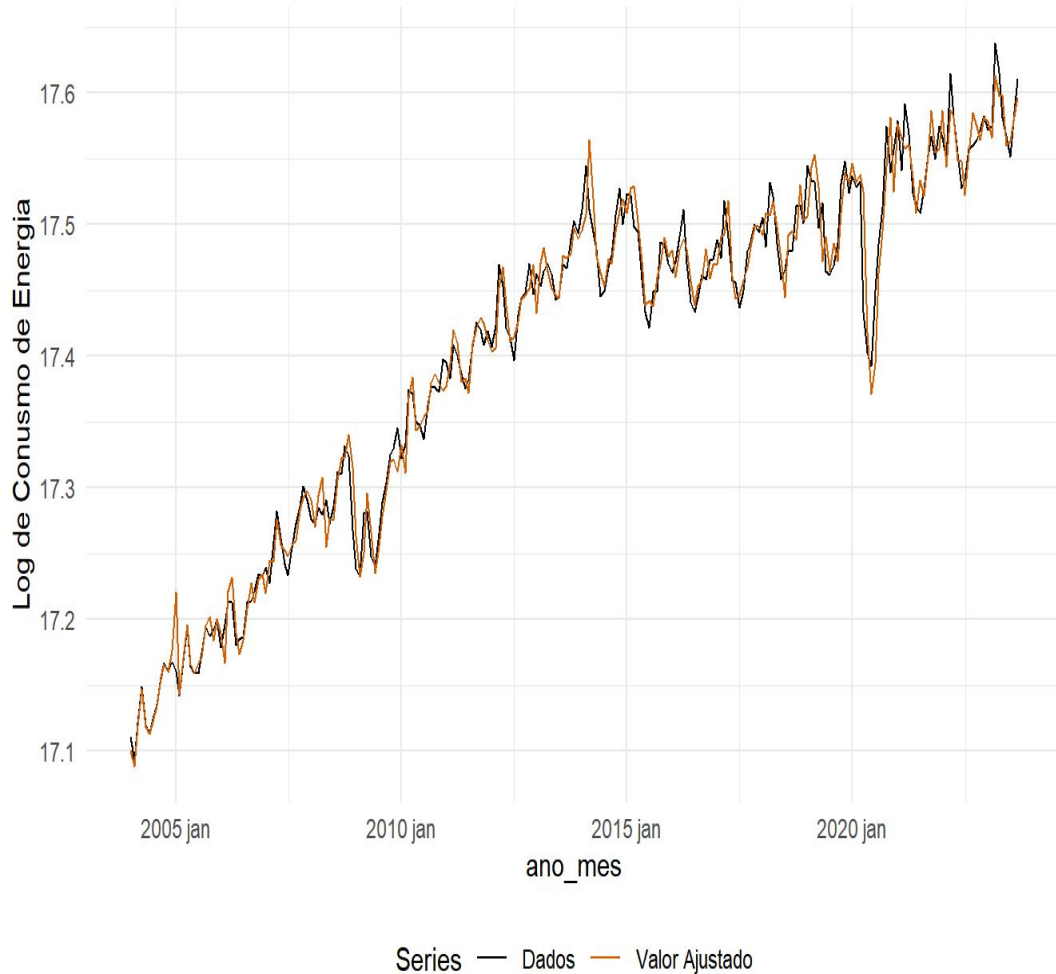
TERMO <CHR>	ESTIMATIVA <DBL>	ERROPADRAO <DBL>	PVALOR <DBL>
ar1	-1.1558376	0.009725429	2.482185e-204
ar2	-0.9947545	0.013354223	4.873302e-160
ma1	1.1539175	0.019567314	2.028286e-138
ma2	0.9652930	0.046315329	2.366568e-54
sar1	0.1092832	0.103039406	2.900157e-01
sma1	-0.8103772	0.070657565	2.933151e-24

6 rows

$$W_t = \phi_1 W_{t-1} + \phi_2 W_{t-2} + \theta_1 e_{t-1} + \theta_2 a_{t-2} + \phi_{s1} W_{t-12} + \theta_{s1} a_{t-12} + a_t$$

$$W_t = \Delta Z_t$$

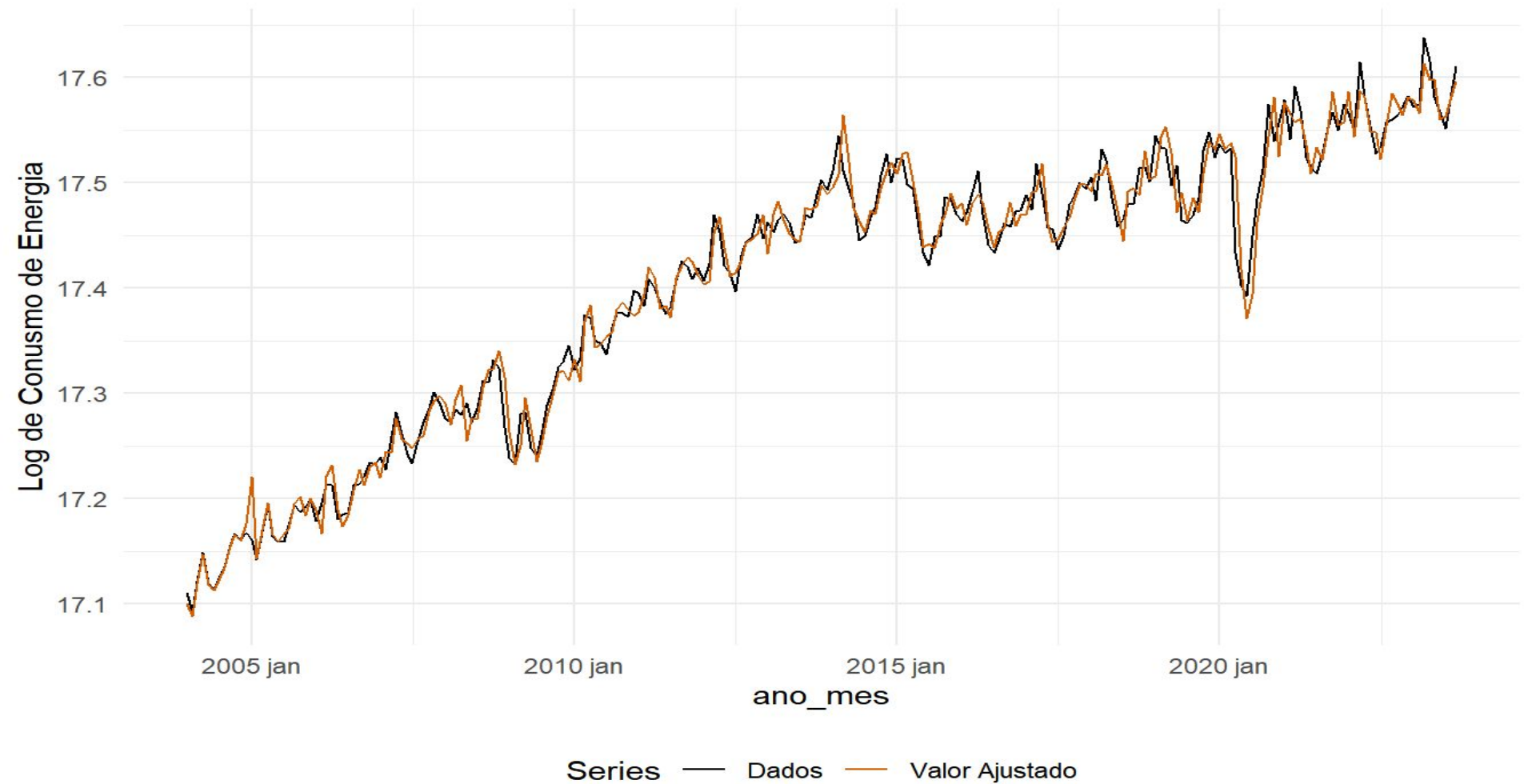
Modelo ARIMA Sazonal



Desempenho na Série Observada

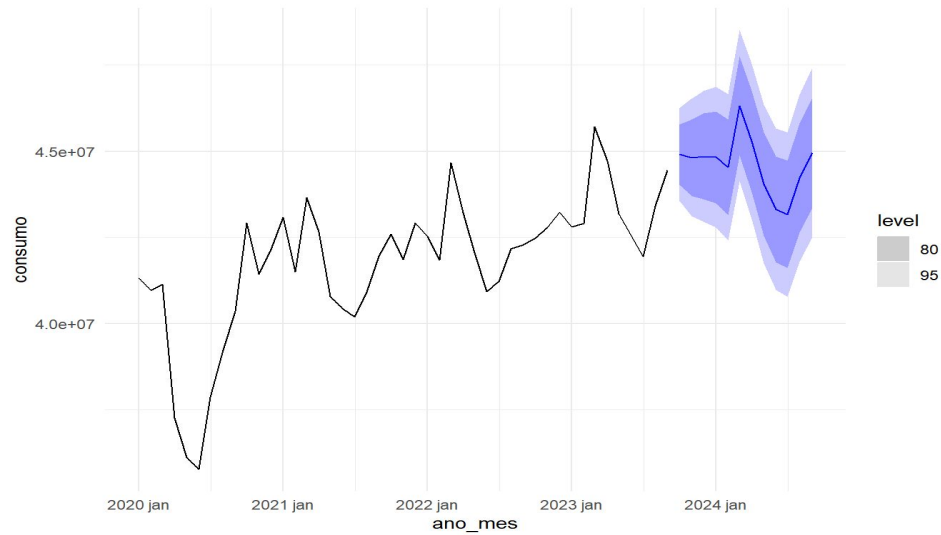
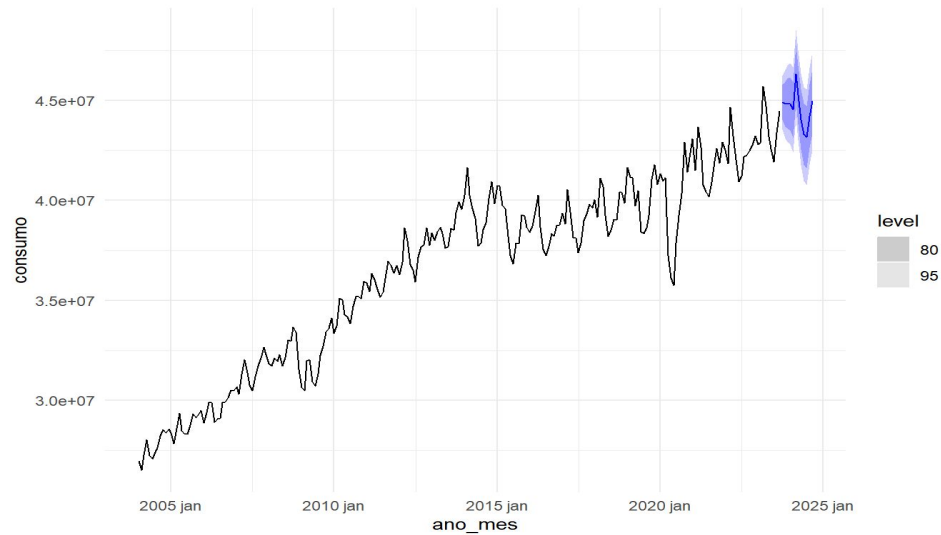
- Bom Ajuste
- Captou os períodos Sazonais e valores atípicos

Modelo ARIMA Sazonal





Previsão



- Previsão para 1 ano
- Aumento no primeiro Semestre de 2024
- Apresenta um valor mínimo em Agosto

Conclusão

- Dados possuem uma forte sazonalidade anual
- Apenas o modelo de sazonalidade estocástica foi capaz de modelar
- Previsão indica um aumento no primeiro semestre de 2024

Referências

HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. Forecasting: principles and practice. [S.l.]: OTexts, 2018. <https://otexts.com/fpp3/>

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. Análise de séries temporais: modelos lineares univariados. [S.l.]: Editora Blucher, 2018

BOX, G. E. et al. Time series analysis: forecasting and control. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2015.

BREWER, Mark J.; BUTLER, Adam; COOKSLEY, Susan L. The relative performance of AIC, AICC and BIC in the presence of unobserved heterogeneity. Methods in Ecology and Evolution. [S.l.]: Biometrika, 2016

SEN, Liew Khim et al. The performance of AICC as an order selection criterion in ARMA time series models. [S.l.]: Pertanika Journal of Science and Technology, 2002