



LEASING DE AERONAVES:

Relatório Analítico

Setembro de 2020



Expediente

Presidente

Diogo Costa

Diretora-Executiva

Rebeca Loureiro de Brito

Diretora de Altos Estudos

Diana Coutinho

Diretor de Educação Executiva

Rodrigo Torres

Diretor de Desenvolvimento Profissional

Paulo Marques

Diretora de Inovação

Bruna Santos

Diretora de Gestão Interna

Alana Regina Biagi Silva Lisboa

Autoria

César Galvão

Daniel Lopes

Lucas Silva

Vittorio Leite

Imagens

Unsplash



O EvEx – Evidências Express é uma iniciativa da Diretoria de Altos Estudos da Enap, focada em reunir, sintetizar e fornecer evidências que possam servir de base para o desenho, o monitoramento e avaliação de políticas públicas. A principal meta da equipe é gerar esses guias de forma ágil, ao mesmo tempo em que prioriza a qualidade das informações.

O propósito do EvEx é apoiar agentes e tomadores de decisão do setor público federal, mas seus resultados beneficiam também gestores públicos locais, além de alunos, docentes, servidores da Enap e entidades da sociedade civil.

Fazer uma avaliação profunda de uma política pública pode ser custoso, sendo desejável ter uma visão sistêmica do problema e do tema investigado. É nesse momento que o Evidências Express se propõe a produzir suas atividades: consolidando o conhecimento disponível e fundamentando decisões.

O serviço EvEx abrange diferentes tipos de evidência acerca de um problema específico, que podem ser demandados de forma avulsa ou em pacotes:

- Magnitude e evolução do problema no Brasil, comparação com o mundo, regiões ou blocos;
- Perfil da população afetada pelo problema e incidência do problema em diferentes grupos;
- Consequências do problema;
- Causas do problema;
- Soluções de enfrentamento ao problema existentes no Brasil e no mundo;
- Evidência de impacto de soluções existentes.

Boa Leitura!



Sumário

1	Introdução	5
2	Metodologia	7
2.1	Dados	7
2.2	Modelagem	7
3	Voos domésticos	9
3.1	Previsão de demanda por voos domésticos	9
3.2	Previsão de demanda por voos domésticos, <i>maiores empresas</i>	13
3.3	Previsão de demanda por voos domésticos, <i>demais empresas</i>	17
4	Voos internacionais	21
4.1	Previsão de demanda por voos internacionais	21
5	Voos e a pandemia do COVID-19	25
5.1	Previsão de demanda por voos domésticos e a COVID-19	26
5.2	Como a pandemia do COVID-19 afeta a previsão de demanda?	29
6	Considerações finais	31
	Bibliografia	33
	Livros	33
	Manuais	33
	Sites	33



1. Introdução

O arrendamento de aeronaves é um importante fator dentro do fluxo de caixa das empresas brasileiras e vem apresentando aumento também no cenário internacional [2]. Esse método, semelhante a um aluguel, se mostra financeiramente viável e ajuda na gestão de custos dos principais *players* da indústria aérea ao flexibilizar a seleção e aquisição de aeronaves. Além desse benefício, os arrendamentos também são fatores importantes no ajuste de oferta de voos frente a uma variação brusca de demanda, seja ela positiva ou negativa.

O debate sobre a relevância desse método de aquisição é imprescindível frente à diminuição substancial de viagens decorrente da pandemia do COVID-19. Diversos indicadores corroboram a crescente importância do setor aéreo na economia brasileira e essas mudanças negativas vão acabar por atingir de forma intensa o mercado aéreo brasileiro e mundial, o que exigirá esforços tanto do mercado privado quanto de formuladores de políticas públicas para retornar a um nível satisfatório de atividade econômica.

Para construirmos um debate fundado em evidências, procuramos, nesse documento, modelar através de técnicas de previsão de séries temporais o volume de passageiros em voos domésticos e internacionais operados com empresas brasileiras. O objetivo é apontar projeções possíveis para os próximos 24 meses de modo a subsidiar a discussão sobre a tributação de operação de *leasing* de aeronaves.

Este documento está dividido, além dessa seção introdutória, em seção 2, onde se discute os dados e modelagem utilizada para previsão, seções 3 e 4 discutimos os resultados de previsão de demanda para voos domésticos e internacionais, seção 5 aborda o efeito da pandemia do COVID-19 e seção 6 conclui o relatório.

Cabe salientar que esta pesquisa foi elaborada de maneira independente pelo Evidência Express (EvEx), no mês de setembro de 2020, e não representa os resultados e recomendações de políticas públicas elaborados pelo Conselho de Monitoramento e Avaliação de Políticas (CMAP). Os produtos do EvEx são elaborados como respostas rápidas, oferecendo apenas resultados preliminares e não devem ser tratados como evidências definitivas sobre o fenômeno estudado.



2. Metodologia

2.1 Dados

A base de dados utilizada foi fundamentada no Relatório de Demanda e Oferta do Transporte Aéreo disponibilizada mensalmente pela ANAC. Essa base permite o acompanhamento da variação da oferta e da demanda de passageiros e de carga no modal aéreo, da taxa de aproveitamento das aeronaves e da participação de mercado das empresas de serviços de transporte aéreo público. Segundo o próprio órgão, o relatório tem como objetivo subsidiar a realização de estudos sobre o setor. Os dados contemplam voos regulares e não regulares correspondentes ao mês de referência e ao acumulado dos últimos 12 meses, assim como a série histórica mensal dos indicadores.

2.2 Modelagem

Seja $Y'=(Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$ uma série temporal. Um modelo auto-regressivo integrado de médias móveis sazonal, (SARIMA) com S observações por período, é denotado por:

$$SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_S$$

definido como $\Phi(L^S)\Phi(L)(1-L)^d(1-L^S)^D Y_t = \Phi(L^S)\Phi(L)E_t$, onde L é um operador de defasagem dado por $L^k=Y_{t-k}/Y_t$, $\Phi(L) = 1 - \Phi_1 L^1 - \Phi_2 L^2 - \dots - \Phi_p L^p$ é uma função polinomial autoregressiva (AR) de ordem p com o vetor de coeficientes $\Phi' = (\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_p)$, $\theta(L) = 1 + \theta_1 L^1 + \theta_2 L^2 + \dots + \theta_q L^q$ é um polinômio de média móvel (MA) de ordem q com coeficientes definidos em $\theta' = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q)$, $\Phi(L^S) = 1 - \Phi_{S,1} L^S - \Phi_{S,2} L^{2S} - \dots - \Phi_{S,p} L^{pS}$ e $\theta(L^S) = 1 + \theta_{S,1} L^S + \theta_{S,2} L^{2S} + \dots + \theta_{S,q} L^{qS}$ são funções polinomiais sazonais de ordem P e Q , respectivamente, que satisfazem as condições de estacionariedade e inversibilidade, d é o número de diferenciações necessárias para tornar a série temporal estacionária, D é o número de diferenciações sazonais e E_t , o erro aleatório considerado independente e identicamente distribuído com média zero e desvio padrão aleatório.

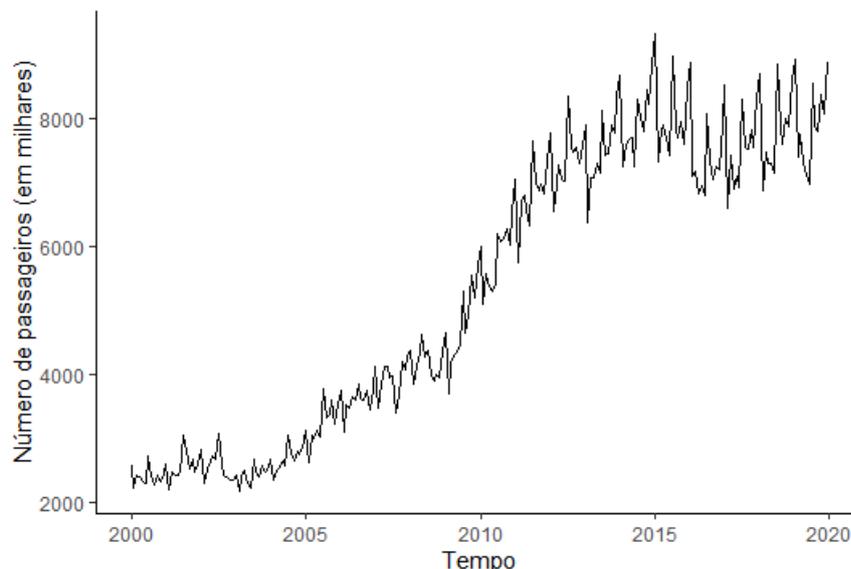
Neste relatório, utilizou-se o software estatístico R para previsão das diversas séries de volume de passageiros. Os modelos reportados foram considerados os de melhor desempenho com múltiplos critérios em particular, AIC, BIC e menor erro quadrático médio. Demais testes foram omitidos por conveniência mas estão disponíveis sob consulta.

3. Voos domésticos

Nesta seção apresentamos os modelos de previsão para o volume de passageiros em voos domésticos. Ao longo de toda a análise nos restringimos ao período entre os anos 2000 e 2019, com observações mensais. Além disso, apenas cias aéreas brasileiras compõe nossa amostra. Os resultados foram agrupados em voos domésticos totais, contemplando todas as empresas operando voos regulares. Em seguida investigamos o comportamento das maiores empresas, bem como das demais empresas do setor. Para a modelagem de séries temporais, conforme mencionado na seção 2, adotamos o modelo auto-regressivo integrado de médias móveis sazonal (SARIMA).

3.1 Previsão de demanda por voos domésticos

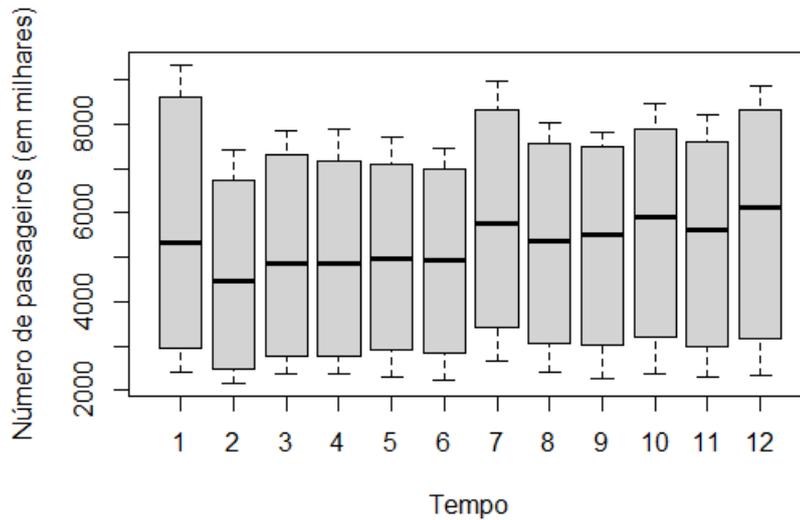
A figura 3.1 mostra a evolução do número de passageiros em voos domésticos entre 2000 e 2019. É possível perceber uma tendência ascendente entre 2000 e 2015, seguido de um período de estabilidade a partir de 2015. Há evidências sugestivas de um forte componente sazonal, muito comum em séries de volumes de passageiros.



Fonte: ANAC

Figura 3.1: Volume de passageiros em voos domésticas, 2000-2019

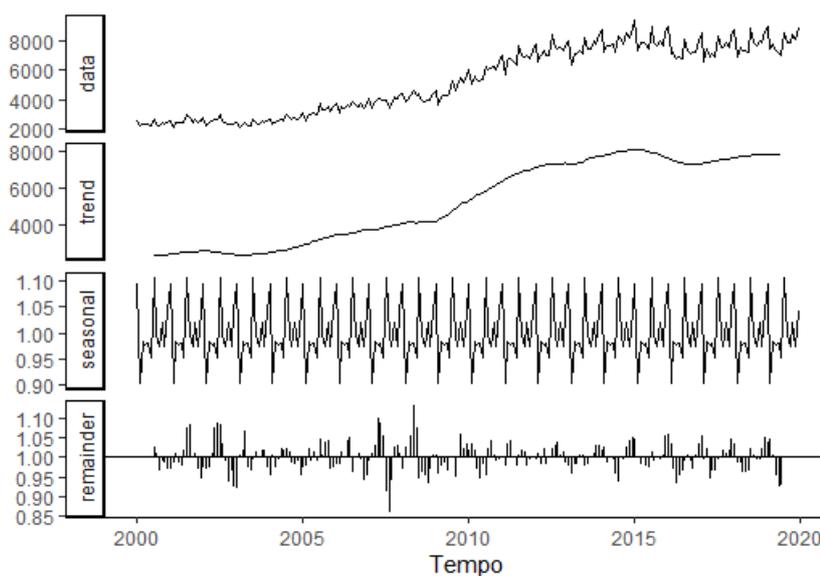
A figura 3.2 permite analisar como o volume de passageiros em voos domésticos se comporta ao comparar o mesmo mês dentro do período analisado. Os meses de janeiro, julho e dezembro indicam presença de sazonalidade em linha com o período de maior demanda por voos domésticos no Brasil.



Fonte: ANAC

Figura 3.2: Box-plot de passageiros em voos domésticos por mês

Até o momento, sabemos de 3.1 e 3.2 que o volume de passageiros em voos domésticos possui tendência linear e forte componente sazonal. Entretanto, pode ser útil decompor cada componente de maneira isolada. A figura 3.3 fornece a decomposição para cada componente.



Fonte: ANAC

Figura 3.3: Decomposição do volume de passageiros em voos domésticos, 2000-2019

O modelo auto-regressivo integrado de médias móveis sazonal (SARIMA) permite investigar séries temporais com forte componente sazonal, portanto apropriado para a previsão de volume de passageiros em voos domésticos. Para estimação do modelo com melhor predição adotamos critérios múltiplos conforme mencionando em 2. A previsão foi estimada pelo modelo a seguir:

$$SARIMA(0, 1, 2)(0, 1, 1)_{12}$$

ou seja $d = 1$ indica que precisamos tomar a primeira diferença no componente não sazonal para alcançar estacionariedade, $q = 2$ indica a presença de componentes de média móvel (MA). Já no componente sazonal, $D = 1$ e $Q = 1$ indica a presença de uma diferenciação para estacionariedade e de uma média móvel sazonal (SMA). A figura 3.4 traz os coeficientes da estimação.

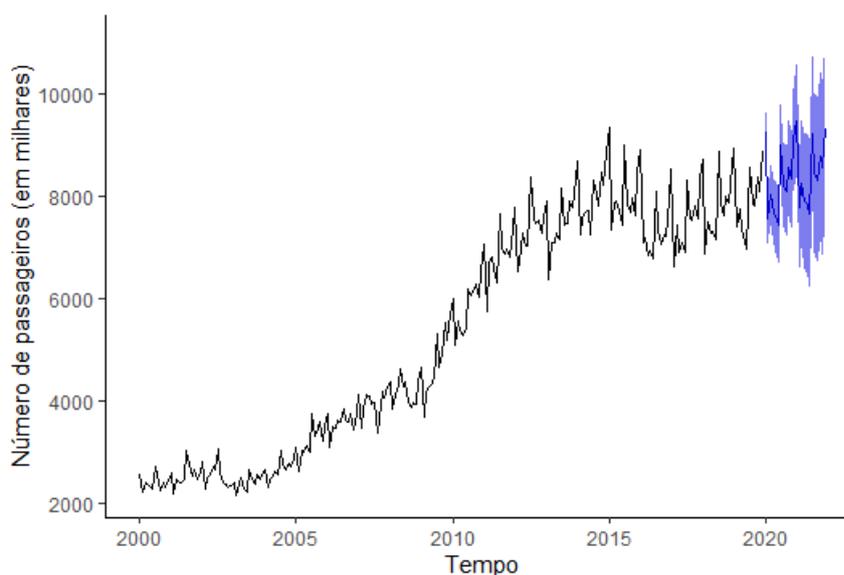
```
Series: AP_ts
ARIMA(0,1,2)(0,1,1)[12]

Coefficients:
          ma1      ma2      sma1
      -0.2049  -0.1173  -0.4858
s.e.   0.0659   0.0686   0.0543

sigma^2 estimated as 41908:  log likelihood=-1530.25
AIC=3068.5   AICc=3068.68   BIC=3082.2
```

Figura 3.4: Coeficientes da estimação do S-ARIMA para volume de passageiros em voos domésticos, 2000-2019

A partir dos coeficientes estimados em 3.4 realizamos a previsão para os próximos 24 meses, a partir de Dez/2019. A figura 3.5 exibe, com intervalo de confiança de 95%, a previsão para o volume de passageiros em voos domésticos.



Fonte: ANAC

Figura 3.5: Previsão (24 meses) do volume de passageiros em voos domésticos

A tabela 3.1 fornece os valores das estimativas pontuais para cada mês associado aos limites, superior e inferior, do intervalo de confiança.

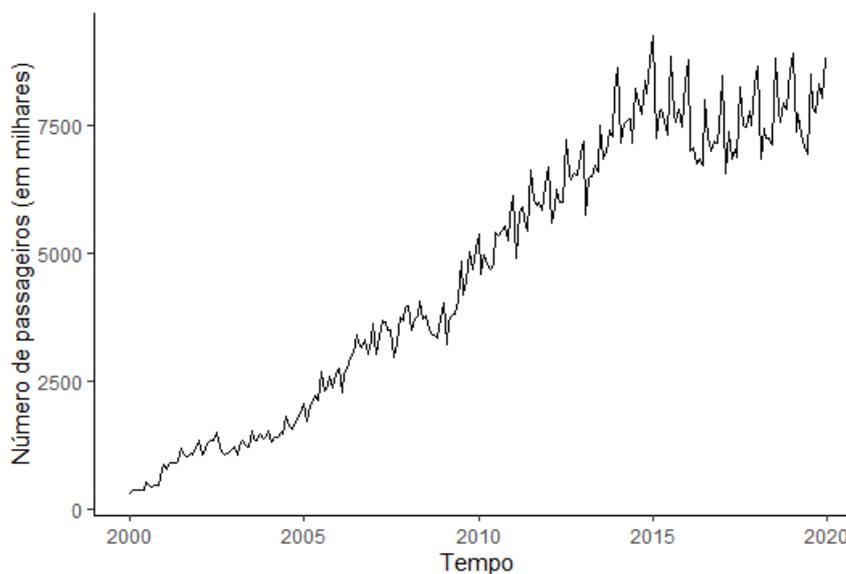
Tabela 3.1: Valores previsão (24 meses) do volume de passageiros em voos domésticos

	Estimativa Pontual	Lim inf 95	Lim sup 95
Jan/2020	9,249.80	8,848.57	9,651.03
Fev/2020	7,566.95	7,054.34	8,079.56
Mar/2020	8,024.43	7,444.14	8,604.72
Abr/2020	7,685.97	7,045.11	8,326.83
Mai/2020	7,607.12	6,910.94	8,303.30
Jun/2020	7,446.32	6,698.90	8,193.74
Jul/2020	8,999.88	8,204.52	9,795.24
Ago/2020	8,229.86	7,389.29	9,070.44
Set/2020	8,098.33	7,214.85	8,981.80
Out/2020	8,555.59	7,631.20	9,479.98
Nov/2020	8,324.77	7,361.21	9,288.34
Dez/2020	9,086.11	8,084.90	10,087.33
Jan/2021	9,466.63	8,357.05	10,576.20
Fev/2021	7,788.06	6,595.89	8,980.22
Mar/2021	8,245.54	6,984.25	9,506.82
Abr/2021	7,907.07	6,580.27	9,233.88
Mai/2021	7,828.23	6,438.99	9,217.47
Jun/2021	7,667.43	6,218.44	9,116.42
Jul/2021	9,220.99	7,714.62	10,727.36
Ago/2021	8,450.97	6,889.33	10,012.61
Set/2021	8,319.44	6,704.41	9,934.46
Out 2021	8,776.70	7,110.00	10,443.39
Nov/2021	8,545.88	6,829.06	10,262.70
Dez 2021	9,307.22	7,541.70	11,072.73

Fonte: ANAC. Elaboração: EvEX

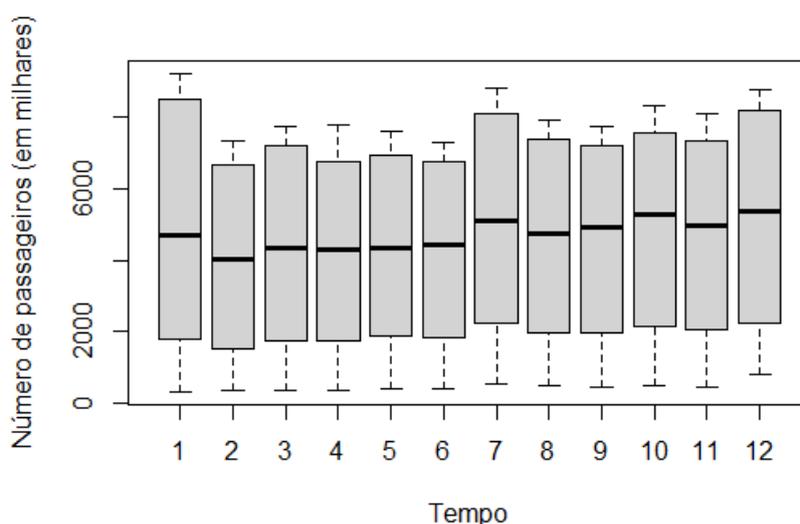
3.2 Previsão de demanda por voos domésticos, maiores empresas

A figura 3.6 mostra a evolução do número de passageiros em voos domésticos entre 2000 e 2019 para as maiores empresas áreas. Assim como no exercício anterior, é possível perceber uma tendência ascendente entre 2000 e 2015, seguido de um período de estabilidade a partir de 2015. Este resultado é natural visto que essas empresas respondem por uma forte concentração no mercado de transporte aéreo. Percebe-se evidências sugestivas de um forte componente sazonal, muito comum em séries de volumes de passageiros.



Fonte: ANAC

Figura 3.6: Volume de passageiros em voos domésticos das maiores empresas, 2000-2019



Fonte: ANAC

Figura 3.7: Box-plot de passageiros em voos domésticos por mês, apenas maiores empresas

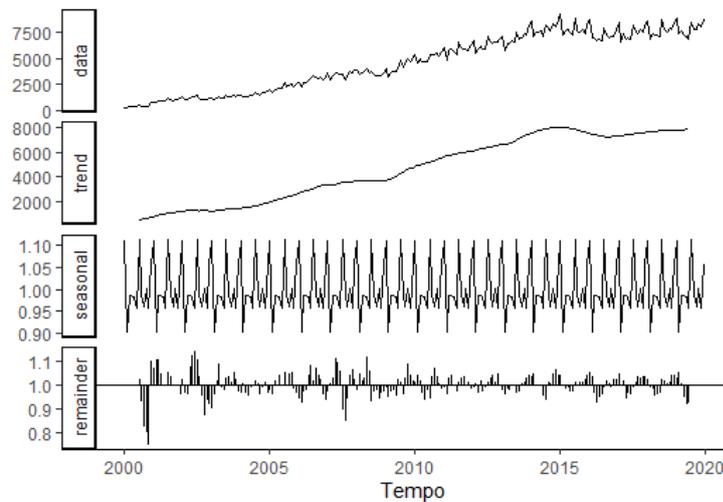


Figura 3.8: Decomposição do volume de passageiros em voos domésticos, 2000-2019, apenas maiores empresas

A figura 3.7 permite analisar como o volume de passageiros em voos domésticos, restrito às maiores empresas, se comporta ao comparar o mesmo mês dentro do período analisado. Os meses de janeiro, julho e dezembro indicam presença de sazonalidade em linha com o período de maior demanda por voos domésticos no Brasil.

Até o momento sabemos de 3.6 e 3.7 que o volume de passageiros em voos domésticos possui tendência linear e forte componente sazonal. Entretanto pode ser útil decompor cada componente de maneira isolada. A figura 3.8 fornece a decomposição para cada componente.

O modelo auto-regressivo integrado de médias móveis sazonal (SARIMA) permite investigar séries temporais com forte componente sazonal, portanto apropriado para a previsão de volume de passageiros em voos domésticos. Para estimação do modelo com melhor previsão adotamos critérios múltiplos conforme mencionando em 2 . A previsão foi estimada pelo modelo a seguir:

$$SARIMA(0, 1, 2)(0, 1, 2)_{12}$$

ou seja $d = 1$ indica que precisamos tomar a primeira diferença no componente não sazonal para alcançar estacionariedade, $q = 2$ indica a presença de componentes de média móvel (MA). Já no componente sazonal, $D = 1$ e $Q = 2$ indica a presença de uma diferenciação para estacionariedade e de duas médias móveis sazonais (SMA). A figura 3.9 traz os coeficientes da estimação.

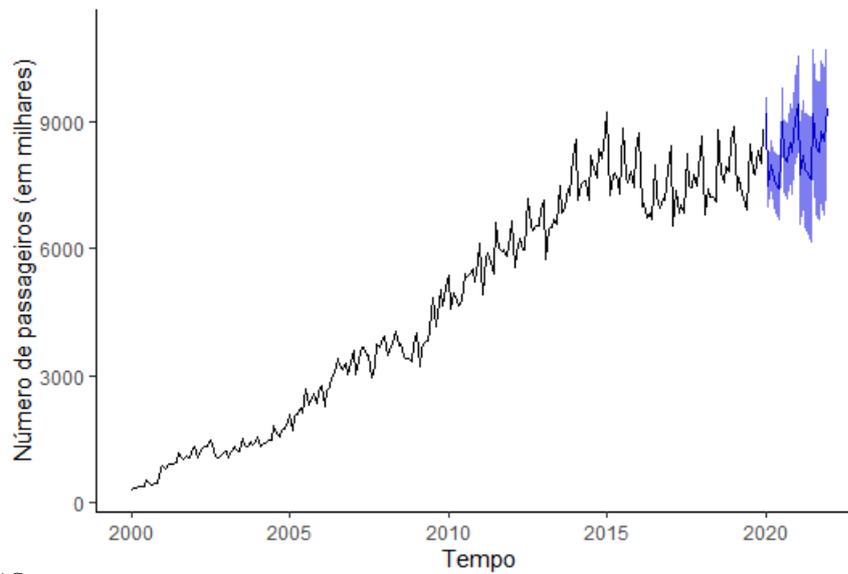
```
Series: AP_ts
ARIMA(0,1,2) (0,1,2) [12]

Coefficients:
      ma1      ma2      sma1      sma2
    -0.1764 -0.1022 -0.5454  0.1061
s.e.   0.0681  0.0685  0.0716  0.0649

sigma^2 estimated as 41577:  log likelihood=-1529.03
AIC=3068.05  AICc=3068.32  BIC=3085.18
```

Figura 3.9: Coeficientes da estimação do S-ARIMA para volume de passageiros em voos domésticos, 2000-2019, apenas maiores empresas

A partir dos coeficientes estimados em 3.9 realizamos a previsão para os próximos 24 meses, a partir de Dez/2019. A figura 3.10 exibe, com intervalo de confiança de 95%, a previsão para o volume de passageiros em voos domésticos para as maiores empresas.



Fonte: ANAC

Figura 3.10: Previsão (24 meses) do volume de passageiros em voos domésticos das maiores empresas

A tabela 3.2 fornece os valores das estimativas pontuais para cada mês associado aos limites, superior e inferior, do intervalo de confiança.

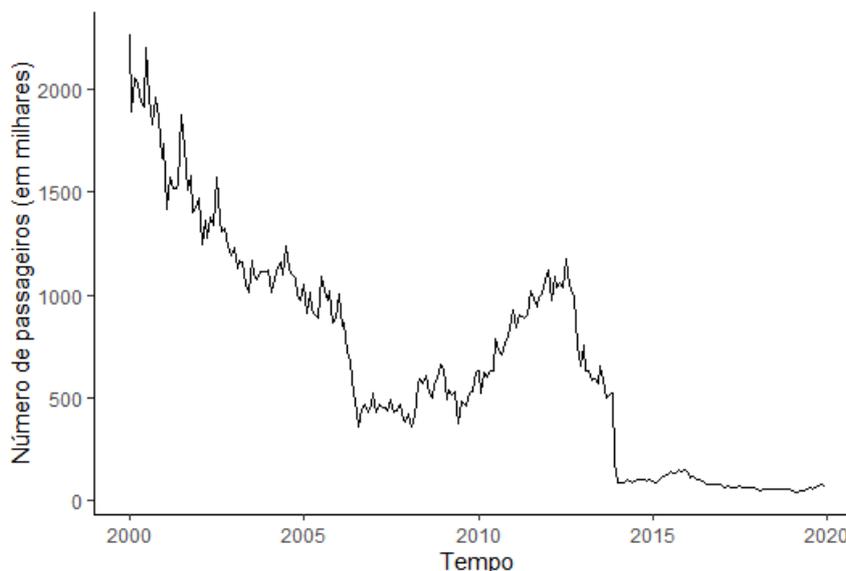
Tabela 3.2: Valores previsão (24 meses) do volume de passageiros em voos domésticos, apenas maiores empresas

	Estimativa pontual	Lim inf 95	Lim sup 95
Jan/2020	9,198.82	8,799.18	9,598.47
Fev/2020	7,494.40	6,976.65	8,012.14
Mar/2020	7,983.26	7,390.66	8,575.87
Abr/2020	7,637.12	6,978.09	8,296.14
Mai/2020	7,576.25	6,856.92	8,295.58
Jun/2020	7,425.12	6,650.16	8,200.07
Jul/2020	8,998.99	8,172.13	9,825.84
Ago/2020	8,201.26	7,325.58	9,076.94
Set/2020	8,060.34	7,138.42	8,982.26
Out/2020	8,501.84	7,535.89	9,467.79
Nov/2020	8,282.82	7,274.76	9,290.88
Dez/2020	9,045.48	7,997.00	10,093.96
Jan/2021	9,428.72	8,279.71	10,577.72
Fev/2021	7,763.36	6,533.72	8,993.01
Mar/2021	8,224.25	6,925.05	9,523.45
Abr/2021	7,868.59	6,503.38	9,233.81
Mai/2021	7,776.94	6,348.76	9,205.12
Jun/2021	7,625.74	6,137.25	9,114.22
Jul/2021	9,205.41	7,658.97	10,751.85
Ago/2021	8,429.73	6,827.43	10,032.03
Set/2021	8,298.84	6,642.56	9,955.12
Out 2021	8,765.94	7,057.39	10,474.49
Nov/2021	8,532.97	6,773.69	10,292.24
Dez 2021	9,300.79	7,492.22	11,109.37

Fonte: ANAC. Elaboração: EvEX

3.3 Previsão de demanda por voos domésticos, demais empresas

A figura 3.11 mostra a evolução do número de passageiros em voos domésticos entre 2000 e 2019 para as demais empresas aéreas, normalmente cias de alcance regional. É possível perceber uma tendência descendente entre 2000 e 2013/2014, seguido de um período de estagnação. O período analisado foi marcado por um ciclo de consolidação no setor aéreo brasileiro e de forte pressão de custos.



Fonte: ANAC

Figura 3.11: Volume de passageiros em voos domésticos das demais empresas, 2000-2019

A figura 3.12 permite analisar como o volume de passageiros em voos domésticos, restrito às demais empresas do setor, se comporta ao comparar o mesmo mês dentro do período analisado. Os meses de janeiro, julho e dezembro indicam presença de sazonalidade em linha com o período de maior demanda por voos domésticos no Brasil, os valores refletem a participação relativa dessas cias.

Até o momento sabemos de 3.11 e 3.12 que o volume de passageiros em voos domésticos possui tendência linear descendente e componente sazonal. Entretanto pode ser útil decompor cada componente de maneira isolada. A figura 3.13 fornece a decomposição para cada componente.

O modelo auto-regressivo integrado de médias móveis sazonal (SARIMA) permite investigar séries temporais com forte componente sazonal. Para estimação do modelo com melhor previsão adotamos critérios múltiplos conforme mencionando em . A previsão foi estimada pelo modelo a seguir:

$$SARIMA(1, 1, 0)(1, 0, 0)_{12}$$

ou seja $d = 1$ indica que precisamos tomar a primeira diferença no componente não sazonal para alcançar estacionariedade, $p = 1$ indica a presença de um componente autoregressivo (AR). Já no componente sazonal, $P = 1$ indica a presença de um coeficiente autoregressivo sazonal (SAR). O termo *drift* foi incluído para capturar a mudança de intercepto. A figura 3.14 traz os coeficientes da estimação.

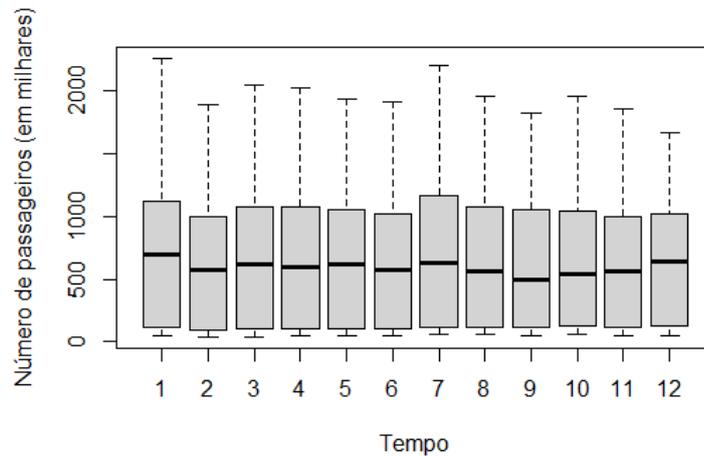
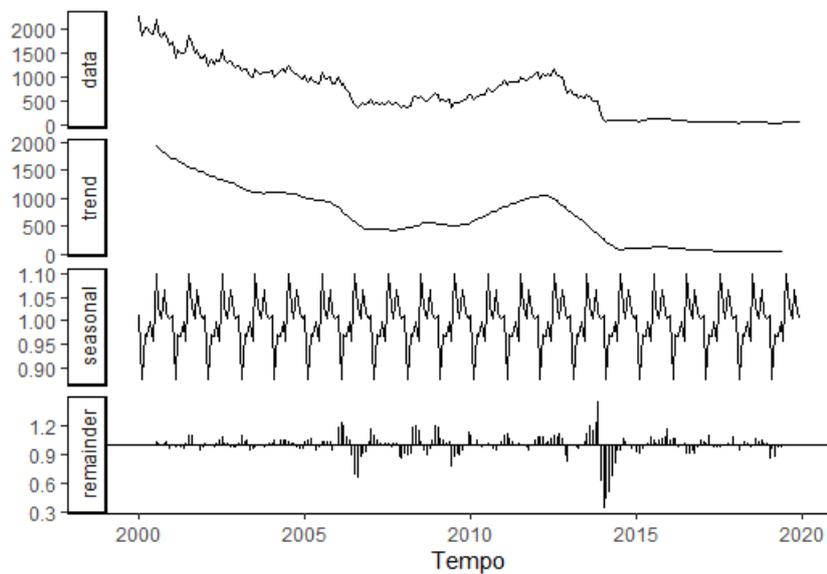


Figura 3.12: Box-plot de passageiros em voos domésticos por mês, demais empresas



Fonte: ANAC

Figura 3.13: Decomposição do volume de passageiros em voos domésticos, 2000-2019, demais empresas

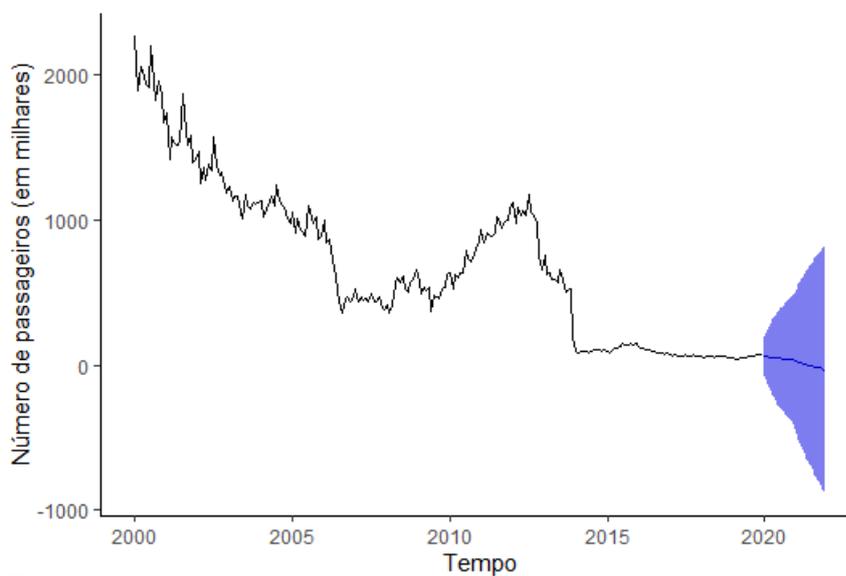
```
Series: AP_ts
ARIMA(1,1,0) (1,0,0) [12] with drift

Coefficients:
      ar1      sar1      drift
-0.0533  0.6543  -11.0648
s.e.    0.0700  0.0569  11.0278

sigma^2 estimated as 4633:  log likelihood=-1349.66
AIC=2707.32  AICc=2707.5  BIC=2721.23
```

Figura 3.14: Coeficientes da estimação do S-ARIMA para volume de passageiros em voos domésticos, 2000-2019, demais empresas

A partir dos coeficientes estimados em 3.14 realizamos a previsão para os próximos 24 meses, a partir de Dez/2019. A figura 3.15 exhibe, com intervalo de confiança de 95%, a previsão para o volume de passageiros em voos domésticos para as demais empresas do setor.



Fonte: ANAC

Figura 3.15: Previsão (24 meses) do volume de passageiros em voos domésticos das demais empresas

A tabela 3.3 fornece os valores das estimativas pontuais para cada mês associado aos limites, superior e inferior, do intervalo de confiança.

Tabela 3.3: Valores previsão (24 meses) do volume de passageiros em voos domésticos, demais empresas

	Estimativa pontual	Lim inf 95	Lim sup 95
Jan/2020	60.98	-72.42	194.39
Fev/2020	55.84	-127.87	239.55
Mar/2020	52.43	-170.72	275.58
Abr/2020	52.38	-204.21	308.97
Mai/2020	50.29	-235.85	336.44
Jun/2020	47.09	-265.84	360.02
Jul/2020	49.50	-288.08	387.09
Ago/2020	44.06	-316.50	404.63
Set/2020	41.10	-341.07	423.26
Out/2020	42.07	-360.54	444.68
Nov/2020	43.34	-378.72	465.41
Dez/2020	35.41	-405.24	476.07
Jan/2021	25.61	-464.25	515.46
Fev/2021	18.41	-514.28	551.11
Mar/2021	12.36	-560.07	584.79
Abr/2021	8.50	-601.07	618.07
Mai/2021	3.31	-641.27	647.89
Jun/2021	-2.61	-680.39	675.17
Jul/2021	-4.85	-714.29	704.58
Ago/2021	-12.24	-751.97	727.49
Set/2021	-18.01	-786.84	750.83
Out 2021	-21.19	-818.07	775.68
Nov/2021	-24.18	-848.15	799.78
Dez 2021	-33.20	-883.39	816.99

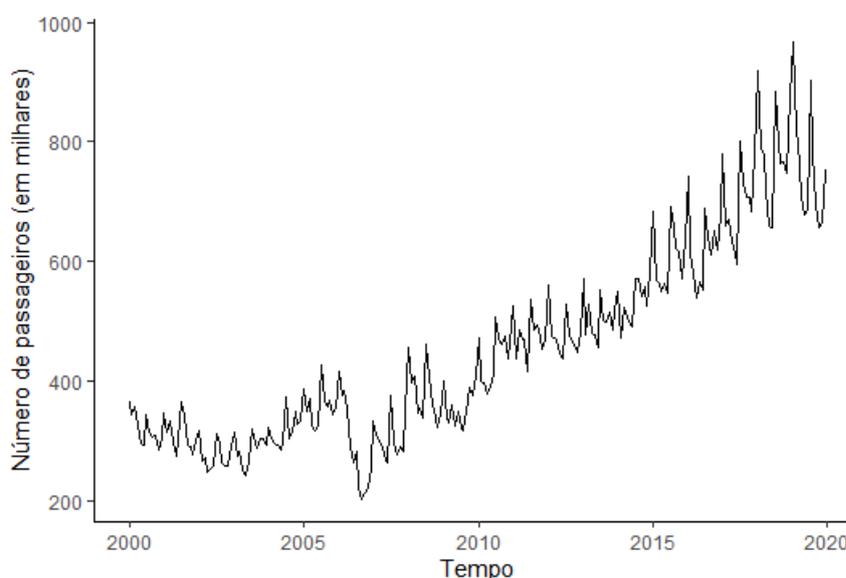
Fonte: ANAC. Elaboração: EvEX

4. Voos internacionais

Nesta seção apresentamos os modelos de previsão para o volume de passageiros em voos internacionais. Ao longo de toda a análise nos restringimos ao período entre os anos 2000 e 2019, com observações mensais. Além disso, apenas cias aéreas brasileiras compõem nossa amostra. Para a modelagem de séries temporais, conforme mencionado na seção 2, adotamos o modelo auto-regressivo integrado de médias móveis sazonal (SARIMA).

4.1 Previsão de demanda por voos internacionais

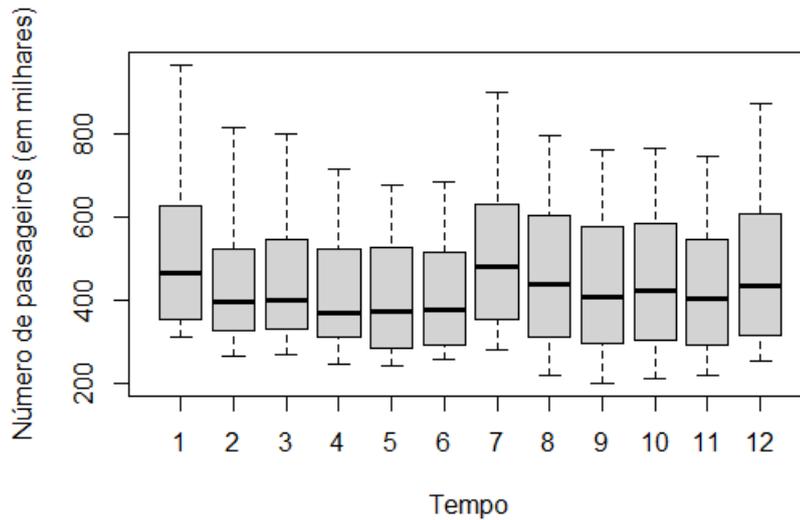
A figura 4.1 mostra a evolução do número de passageiros em voos internacionais entre 2000 e 2019. É possível perceber um comportamento estável entre 2000 e 2005, com uma tendência ascendente a partir de 2006/2007. Há evidências sugestivas de um forte componente sazonal, muito comum em séries de volumes de passageiros.



Fonte: ANAC

Figura 4.1: Volume de passageiros em voos internacionais, 2000-2019

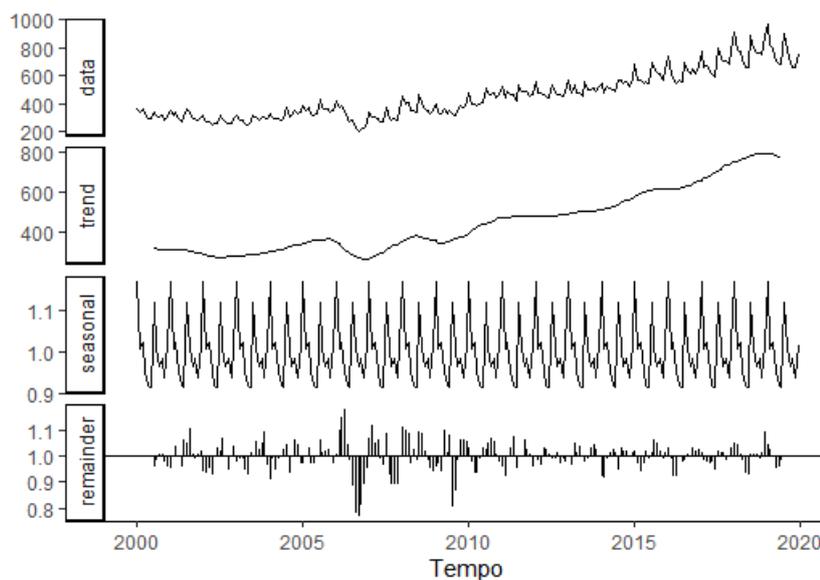
A figura 4.2 permite analisar como o volume de passageiros em voos internacionais se comporta ao comparar o mesmo mês dentro do período analisado. Os meses de janeiro, julho e dezembro indicam presença de sazonalidade em linha com o período de maior demanda por voos internacionais.



Fonte: ANAC

Figura 4.2: Box-plot de passageiros em voos internacionais por mês

Até o momento sabemos de 4.1 e 4.2 que o volume de passageiros em voos domésticos possui tendência linear ascendente e forte componente sazonal. Entretanto pode ser útil decompor cada componente de maneira isolada. A figura 4.3 fornece a decomposição para cada componente.



Fonte: ANAC

Figura 4.3: Decomposição do volume de passageiros em voos internacionais, 2000-2019,

O modelo auto-regressivo integrado de médias móveis sazonal (SARIMA) permite investigar séries temporais com forte componente sazonal, portanto apropriado para a previsão de volume de passageiros em voos internacionais. Para estimação do modelo com melhor predição adotamos critérios múltiplos conforme mencionando em 2. A previsão foi estimada pelo modelo a seguir:

$$SARIMA(3, 1, 0)(0, 1, 1)_{12}$$

Isto é, $d = 1$ indica que precisamos tomar a primeira diferença no componente não sazonal para alcançar estacionariedade, $p = 3$ indica a presença de três coeficientes autoregressivos (AR). Já no componente sazonal, $D = 1$ e $Q = 1$ indica a presença de uma diferenciação para estacionariedade e de uma média móvel sazonal (SMA). A figura 4.4 traz os coeficientes da estimação.

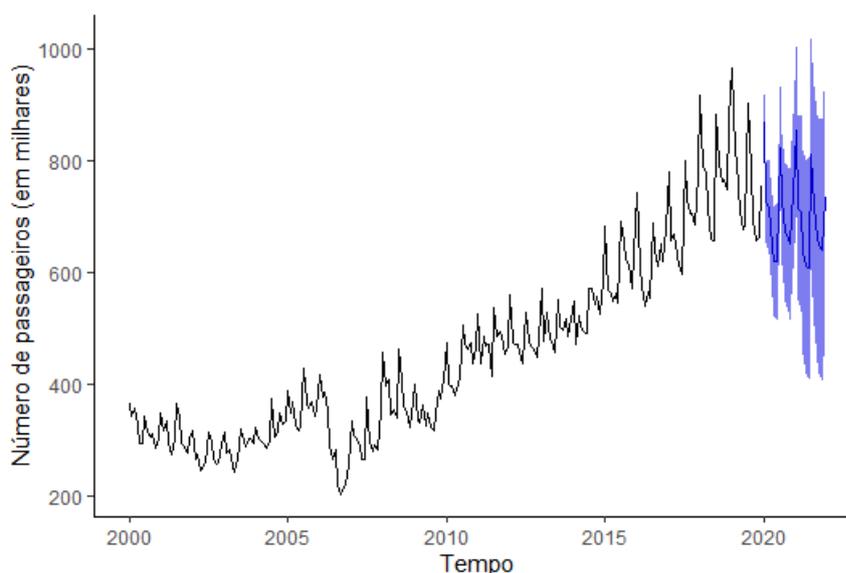
```
Series: AP_ts
ARIMA(3,1,0)(0,1,1)[12]

Coefficients:
          ar1      ar2      ar3      sma1
      -0.0885  -0.0425  -0.2469  -0.5316
s.e.      0.0643   0.0655   0.0646   0.0599

sigma^2 estimated as 712.7:  log likelihood=-1067.75
AIC=2145.5   AICc=2145.77   BIC=2162.62
```

Figura 4.4: Coeficientes da estimação do S-ARIMA para volume de passageiros em voos internacionais, 2000-2019,

A partir dos coeficientes estimados em 4.4 realizamos a previsão para os próximos 24 meses, a partir de Dez/2019. A figura 4.5 exibe, com intervalo de confiança de 95%, a previsão para o volume de passageiros em voos internacionais.



Fonte: ANAC

Figura 4.5: Previsão (24 meses) do volume de passageiros em voos internacionais

A tabela 4.1 fornece os valores das estimativas pontuais para cada mês associado aos limites, superior e inferior, do intervalo de confiança.

Tabela 4.1: Valores previsão (24 meses) do volume de passageiros em voos internacionais

	Estimativa pontual	Lim inf 95	Lim sup 95
Jan/2020	868.59	816.27	920.91
Fev/2020	725.63	654.84	796.43
Mar/2020	718.81	634.45	803.17
Abr/2020	648.62	557.92	739.32
Mai/2020	621.20	523.74	718.65
Jun/2020	619.27	515.23	723.32
Jul/2020	824.00	712.76	935.24
Ago/2020	730.76	613.05	848.47
Set/2020	673.24	549.47	797.01
Out/2020	659.63	530.28	788.97
Nov/2020	650.24	515.46	785.02
Dez/2020	744.46	604.45	884.48
Jan/2021	854.28	700.92	1,007.65
Fev/2021	715.65	550.84	880.45
Mar/2021	707.64	532.44	882.84
Abr/2021	638.70	455.50	821.91
Mai/2021	610.15	418.96	801.34
Jun/2021	608.57	409.62	807.52
Jul/2021	813.00	606.21	1,019.80
Ago/2021	720.06	505.81	934.30
Set/2021	662.44	441.02	883.85
Out 2021	648.89	420.61	877.17
Nov/2021	639.43	404.45	874.41
Dez 2021	733.68	492.18	975.18

Fonte: ANAC. Elaboração: EvEX



5. Voos e a pandemia do COVID-19

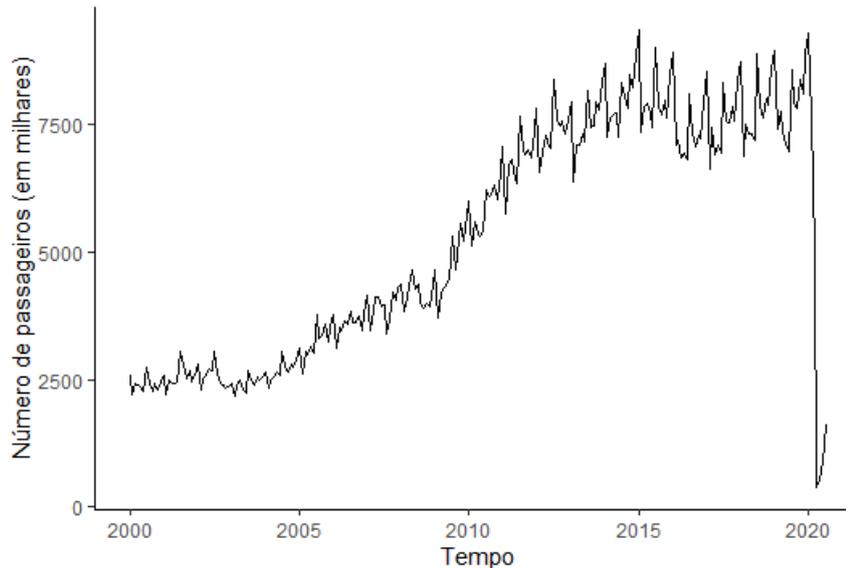
O impacto da pandemia de COVID-19 foi sentida amplamente no setor aéreo mundial. Com a ampla proliferação do vírus, a demanda por voos caiu drasticamente e diversos países começaram a impôr restrições de entrada em seus territórios. Um estudo da empresa de consultoria Bain & Company [3] menciona que determinadas operações de empresas aéreas diminuíram até 90% e que o setor deve sofrer efeitos negativos da crise até 2023.

Nesta seção apresentamos os modelos de previsão para o volume de passageiros em voos domésticos diante do cenário de pandemia do COVID-19. Ao longo de toda a análise nos restringimos ao período entre os anos 2000 e 2020, para o cenário de pandemia do COVID-19, e entre os anos 2000 e 2019 para o cenário anterior à pandemia do COVID-19, 247 e 240 observações mensais respectivamente. Além disso, apenas companhias aéreas brasileiras compõem nossa amostra.

Para a modelagem de séries temporais, conforme mencionado na seção 2, adotamos o modelo auto-regressivo integrado de médias móveis sazonal (SARIMA).

5.1 Previsão de demanda por voos domésticos e a COVID-19

A figura 5.1 mostra a evolução do número de passageiros em voos domésticos entre janeiro de 2000 e julho de 2020. É possível perceber uma tendência ascendente entre 2000 e 2019, seguida de um queda abrupta partir de março de 2020. Há evidências sugestivas de um forte componente sazonal, muito comum em séries de volumes de passageiros, e de mudança de intercepto, ou quebra estrutural da série temporal, provocado pela pandemia.



Fonte: ANAC

Figura 5.1: Volume de passageiros em voos domésticos, 2000-2020

Na figura 5.2 permite analisar como o volume de passageiros em voos domésticos se comporta ao comparar o mesmo mês dentro do período analisado. Os meses de janeiro, julho e dezembro indicam presença de sazonalidade em linha com o período de maior demanda por voos domésticos no Brasil.

Até o momento sabemos de 5.1 e 5.2 que o volume de passageiros em voos domésticos possui tendência linear e forte componente sazonal. Entretanto pode ser útil decompor cada componente de maneira isolada. A figura 5.3 fornece a decomposição para cada componente.

O modelo auto-regressivo integrado de médias móveis sazonal (SARIMA) permite investigar séries temporais com forte componente sazonal, portanto apropriado para a previsão de volume de passageiros em voos domésticos. Para estimação do modelo com melhor predição adotamos critérios múltiplos conforme mencionando em 2. A previsão foi estimada pelo modelo a seguir:

$$SARIMA(0, 1, 1)(0, 0, 2)_{12}$$

Isto é, $d = 1$ indica que precisamos tomar a primeira diferença no componente não sazonal para alcançar estacionariedade, $q = 1$ indica a presença de componentes de média móvel (MA). Já no componente sazonal, $Q = 2$ indica a presença dois coeficientes de média móvel sazonal (SMA). A figura 5.4 traz os coeficientes da estimação.

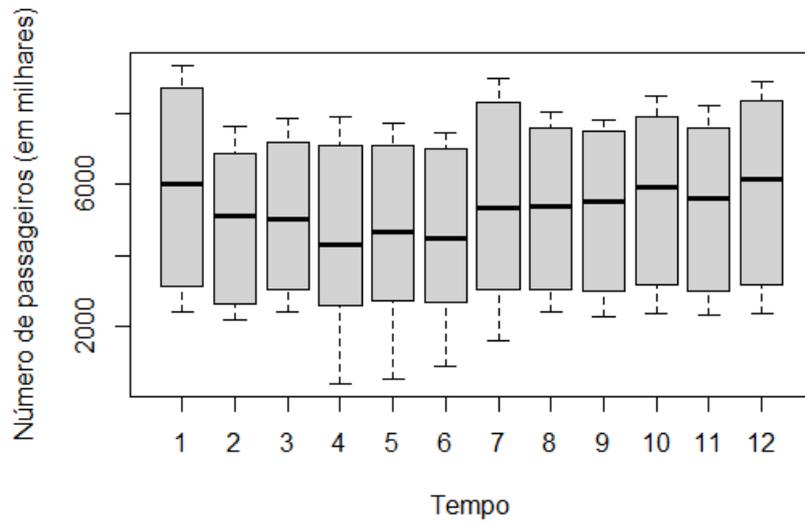
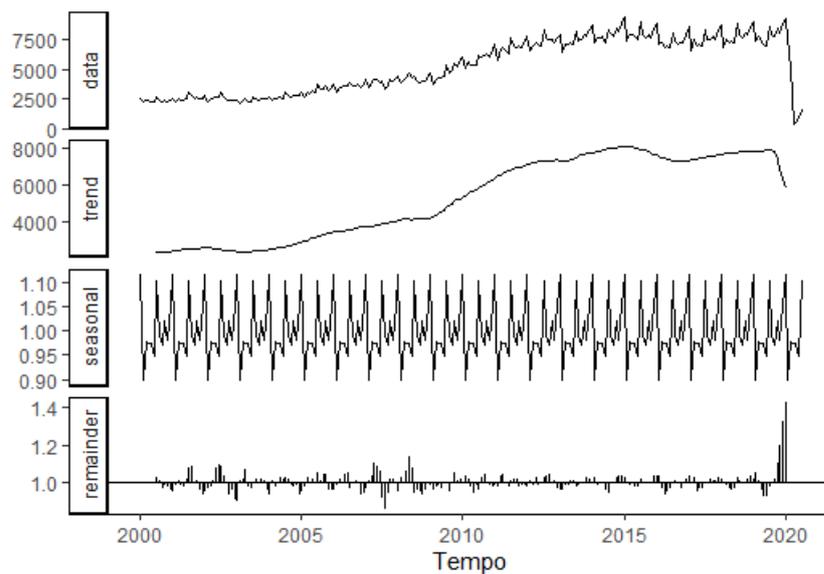


Figura 5.2: Box-plot de passageiros em voos domésticos por mês



Fonte: ANAC

Figura 5.3: Decomposição do volume de passageiros em voos domésticos, 2000-2020

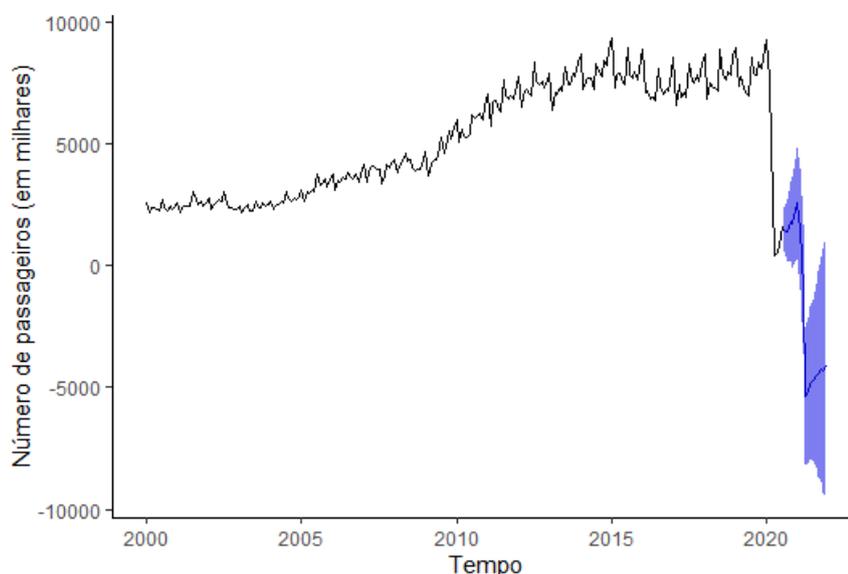
```
Series: AP_ts
ARIMA(0,1,1) (0,0,2) [12]
```

```
Coefficients:
      ma1      sma1      sma2
      0.1009  0.9778  0.6088
s.e.  0.0676  0.0700  0.0630
```

```
sigma^2 estimated as 195218: log likelihood=-1854.25
AIC=3716.5 AICc=3716.66 BIC=3730.52
```

Figura 5.4: Coeficientes da estimação do S-ARIMA para volume de passageiros em voos domésticos, 2000-2020

A partir dos coeficientes estimados em 5.4 realizamos a previsão para os próximos 17 meses, a partir de Jul/2020. A figura 5.5 exibe, com intervalo de confiança de 95%, a previsão para o volume de passageiros em voos domésticos. De fato, na presença da quebra estrutural a previsão de volume de passageiros apresenta uma variação exacerbada fruto da mudança de intercepto.



Fonte: ANAC

Figura 5.5: Previsão (17 meses) do volume de passageiros em voos domésticos

A tabela 5.1 fornece os valores das estimativas pontuais para cada mês associado aos limites, superior e inferior, do intervalo de confiança.

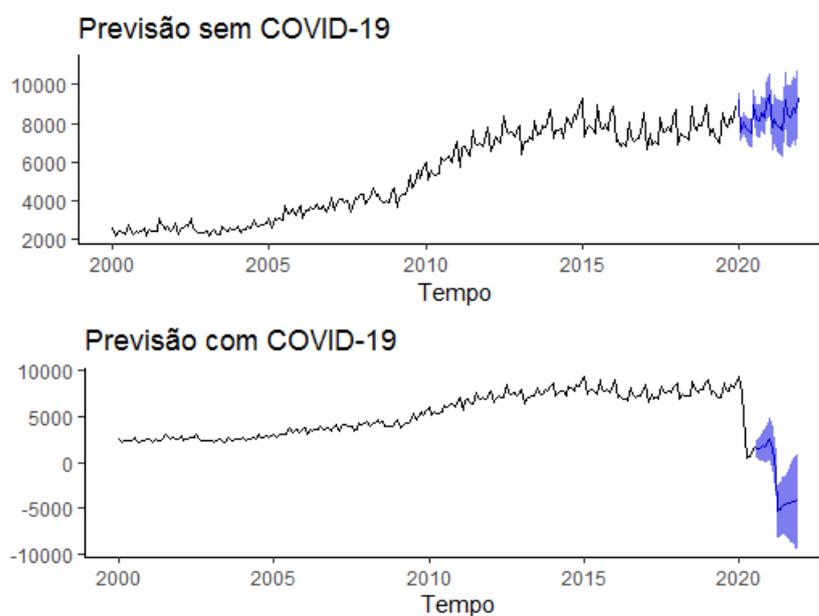
Tabela 5.1: Valores previsão (17 meses) do volume de passageiros em voos domésticos

	Estimativa pontual	Lim inf 95	Lim sup 95
Ago/2020	44.06	-316.50	404.63
Set/2020	41.10	-341.07	423.26
Out/2020	42.07	-360.54	444.68
Nov/2020	43.34	-378.72	465.41
Dez/2020	35.41	-405.24	476.07
Jan/2021	25.61	-464.25	515.46
Fev/2021	18.41	-514.28	551.11
Mar/2021	12.36	-560.07	584.79
Abr/2021	8.50	-601.07	618.07
Mai/2021	3.31	-641.27	647.89
Jun/2021	-2.61	-680.39	675.17
Jul/2021	-4.85	-714.29	704.58
Ago/2021	-12.24	-751.97	727.49
Set/2021	-18.01	-786.84	750.83
Out 2021	-21.19	-818.07	775.68
Nov/2021	-24.18	-848.15	799.78
Dez 2021	-33.20	-883.39	816.99

Fonte: ANAC. Elaboração: EvEX

5.2 Como a pandemia do COVID-19 afeta a previsão de demanda?

Na seção 3 realizamos a previsão do volume de passageiros em voos domésticos sem considerar a pandemia do COVID-19. O Painel superior de 5.6 reflete esse resultado. Na presente seção expandimos o período analisado para contemplar os efeitos da pandemia do COVID-19. Embora essa expansão acrescente sete observações mensais, ela é responsável por uma abrupta mudança de intercepto, alterando significativamente a previsão de demanda por voos domésticos, conforme painel inferior de 5.6. A diferença entre a previsão sem COVID-19 e com COVID-19 nos indica, de modo preliminar, como a pandemia afeta a capacidade de previsão por voos domésticos no Brasil.



Fonte: ANAC

Figura 5.6: Previsão (24 meses) do volume de passageiros em voos domésticos com e sem pandemia



6. Considerações finais

Ao longo deste relatório discutimos modelos de previsão de volume de passageiros para voos domésticos e internacionais operados por empresas brasileiras entre 2000 e 2019 com o objetivo de fornecer insumos ao debate em torno do *leasing* de aeronaves. Identificamos comportamentos distintos entre voos domésticos e internacionais, e as empresas áreas com maior participação de mercado em relação as demais. Encerramos o relatório investigando, de maneira preliminar, os possíveis efeitos da pandemia do COVID-19 sob o volume de passageiros em voos domésticos. Em todas as estimações fornecemos estimativas pontuais para os próximos 24 meses (a partir de Dez/2019).

Ressalta-se que estas projeções foram elaboradas de maneira independente pelo Evidência Express (EvEx), no mês de setembro de 2020, e não representam os resultados e recomendações de políticas públicas elaborados pelo Conselho de Monitoramento e Avaliação de Políticas (CMAP). Os produtos do EvEx são elaborados como respostas rápidas, oferecendo apenas resultados preliminares e não devem ser tratados como evidências definitivas sobre o fenômeno estudado.

Realização:

EVEX

