

# Econometria de Séries Temporais

## Projeções com modelos ARIMA

---

João Ricardo Costa Filho

# Projeções

---

*If we could first know where we are and whither we are tending, we  
could better judge what to do and how to do it*

**Abraham Lincoln**

## Previsibilidade (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

- Quão bem entendemos os fatores que contribuem para o processo gerador dos dados (PGD)?
- Qual é o volume de dados que está disponível?
- Quão similar é o futuro em relação ao passado?
- As previsões que realizamos afetam aquilo que queremos projetar?

## Projeções(Hyndman and Athanasopoulos 2021)

- Temos que assumir que ambiente não muda?

## Projeções(Hyndman and Athanasopoulos 2021)

- Temos que assumir que ambiente não muda? Não!

## Projeções(Hyndman and Athanasopoulos 2021)

- Temos que assumir que ambiente não muda? Não!
- O que assumimos é que a *maneira* como o ambiente muda vai continuar.

## Projeções(Hyndman and Athanasopoulos 2021)

- Temos que assumir que ambiente não muda? Não!
- O que assumimos é que a *maneira* como o ambiente muda vai continuar.
  - i.e. ambientes de alta volatilidade seguem com alta volatilidade;



## Projeções(Hyndman and Athanasopoulos 2021)

- Temos que assumir que ambiente não muda? Não!
- O que assumimos é que a *maneira* como o ambiente muda vai continuar.
  - i.e. ambientes de alta volatilidade seguem com alta volatilidade; recessões e expansões seguem existindo.

# Previsões Quantitativas (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

## Previsões Quantitativas (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

- Temos informações “numéricas” sobre o passado.

## Previsões Quantitativas (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

- Temos informações “numéricas” sobre o passado.
- Podemos assumir que os padrões do passado vão permanecer.

## Previsões Quantitativas (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

- Temos informações “numéricas” sobre o passado.
- Podemos assumir que os padrões do passado vão permanecer.

Existem previsões **qualitativas**, mas não vamos trabalhar com elas no curso. Veja o capítulo 6 de Hyndman and Athanasopoulos (2021).

# Previsões Quantitativas (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

- Temos informações “numéricas” sobre o passado.
- Podemos assumir que os padrões do passado vão permanecer.

Existem previsões **qualitativas**, mas não vamos trabalhar com elas no curso. Veja o capítulo 6 de Hyndman and Athanasopoulos (2021). Ademais, vamos trabalhar com intervalos regulares de tempo (e.g. séries mensais, trimestrais ou anuais).

# Tipos de projeção

## Tipos de projeção

- **Nowcast:** projeção sobre dados que **já estão** sendo produzidos, mas apenas não foram divulgados.



## Tipos de projeção

- **Nowcast:** projeção sobre dados que **já estão** sendo produzidos, mas apenas não foram divulgados.
- **Forecast:** projeção sobre dados que **ainda não** estão sendo produzidos.

## Tipos de projeção

- **Nowcast:** projeção sobre dados que **já estão** sendo produzidos, mas apenas não foram divulgados.
- **Forecast:** projeção sobre dados que **ainda não** estão sendo produzidos.
- **Postcast:** projeção sobre dados que **já foram** sendo produzidos, mas apenas não foram divulgados.

## Tipos de projeção

- **Nowcast:** projeção sobre dados que **já estão** sendo produzidos, mas apenas não foram divulgados.
- **Forecast:** projeção sobre dados que **ainda não** estão sendo produzidos.
- **Postcast:** projeção sobre dados que **já foram** sendo produzidos, mas apenas não foram divulgados.

## Passo-a-passo das projeções (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

# Passo-a-passo das projeções (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

1) Defina o problema

# Passo-a-passo das projeções (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

## 1) Defina o problema

Não subestime essa etapa. Reflita sobre o objetivo da projeção, como coletar os dados, como manter e atualizar os dados, etc.

# Passo-a-passo das projeções (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

## 1) Defina o problema

Não subestime essa etapa. Reflita sobre o objetivo da projeção, como coletar os dados, como manter e atualizar os dados, etc.

## 2) Colete os dados

# Passo-a-passo das projeções (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

## 1) Defina o problema

Não subestime essa etapa. Reflita sobre o objetivo da projeção, como coletar os dados, como manter e atualizar os dados, etc.

## 2) Colete os dados

Dados estatísticos + conhecimento sobre o problema.



# Passo-a-passo das projeções (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

## 1) Defina o problema

Não subestime essa etapa. Reflita sobre o objetivo da projeção, como coletar os dados, como manter e atualizar os dados, etc.

## 2) Colete os dados

Dados estatísticos + conhecimento sobre o problema.

## 3) Análise exploratória

# Passo-a-passo das projeções (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

## 1) Defina o problema

Não subestime essa etapa. Reflita sobre o objetivo da projeção, como coletar os dados, como manter e atualizar os dados, etc.

## 2) Colete os dados

Dados estatísticos + conhecimento sobre o problema.

## 3) Análise exploratória

Olhe para os dados! Identifique padrões, (ausência de) correlações, etc.

# Passo-a-passo das projeções (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

## 1) Defina o problema

Não subestime essa etapa. Reflita sobre o objetivo da projeção, como coletar os dados, como manter e atualizar os dados, etc.

## 2) Colete os dados

Dados estatísticos + conhecimento sobre o problema.

## 3) Análise exploratória

Olhe para os dados! Identifique padrões, (ausência de) correlações, etc.

## 4) Escolha e estime os modelos

# Passo-a-passo das projeções (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

## 1) Defina o problema

Não subestime essa etapa. Reflita sobre o objetivo da projeção, como coletar os dados, como manter e atualizar os dados, etc.

## 2) Colete os dados

Dados estatísticos + conhecimento sobre o problema.

## 3) Análise exploratória

Olhe para os dados! Identifique padrões, (ausência de) correlações, etc.

## 4) Escolha e estime os modelos

## 5) Avalie e use as previsões

## Qual modelo escolher?

Até aqui, trabalhamos com diversos modelos e com uma análise mais “qualitativa” sobre o desempenho de cada um deles ao observarmos o comportamento dos resíduos. Nós podemos (ou, temos que) fazer melhor do que isso.

**Por que eu não posso simplesmente usar os resíduos?**

**Amostra de treinamento  
vs  
Amostra de teste**

- Amostra de teste: geralmente, 20-30% da amostra total (Hyndman and Athanasopoulos 2021).
  - Pode variar com (i) o tamanho da amostra e (ii) o horizonte de projeção.

## Estimativa Pontual

---



## Horizontes de previsão e erro

- Projeção 1 período à frente: menos incerteza.

## Horizontes de previsão e erro

- Projeção 1 período à frente: menos incerteza.
- Mais passos à frente: precisamos construir cenários.
  - Erros podem se acumular.

## Erro de previsão (Hyndman and Athanasopoulos 2021, cap 5.8)

$$e_{T+h} = y_{T+h} - \hat{y}_{T+h|T}, \quad (1)$$

onde  $\{y_1, \dots, y_T\}$  é a amostra de treinamento e  $\{y_{T+1}, y_{T+2}, \dots\}$  a amostra de teste.

## Erro de previsão (Hyndman and Athanasopoulos 2021, cap 5.8)

$$e_{T+h} = y_{T+h} - \hat{y}_{T+h|T}, \quad (1)$$

onde  $\{y_1, \dots, y_T\}$  é a amostra de treinamento e  $\{y_{T+1}, y_{T+2}, \dots\}$  a amostra de teste.

- Erros de previsão  $\neq$  Resíduos

## Erro de previsão (Hyndman and Athanasopoulos 2021, cap 5.8)

$$e_{T+h} = y_{T+h} - \hat{y}_{T+h|T}, \quad (1)$$

onde  $\{y_1, \dots, y_T\}$  é a amostra de treinamento e  $\{y_{T+1}, y_{T+2}, \dots\}$  a amostra de teste.

- Erros de previsão  $\neq$  Resíduos
  - Os resíduos são calculados na amostra de treinamento.  
(Envolvem apenas o “fit” do modelo para um período).

## Erro de previsão (Hyndman and Athanasopoulos 2021, cap 5.8)

$$e_{T+h} = y_{T+h} - \hat{y}_{T+h|T}, \quad (1)$$

onde  $\{y_1, \dots, y_T\}$  é a amostra de treinamento e  $\{y_{T+1}, y_{T+2}, \dots\}$  a amostra de teste.

- Erros de previsão  $\neq$  Resíduos
  - Os resíduos são calculados na amostra de treinamento. (Envolvem apenas o “fit” do modelo para um período).
  - Os erros são calculados na amostra de teste. (Podem envolver múltiplas projeções).

## Métricas (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

Mean absolute error:



**Mean absolute error:**

$$\text{MAE} = \text{média} (|e_t|)$$

**Mean absolute error:**

$$\text{MAE} = \text{média} (|e_t|)$$

**Root mean squared error:**

**Mean absolute error:**

$$\text{MAE} = \text{média} (|e_t|)$$

**Root mean squared error:**

$$\text{RMSE} = \sqrt{\text{mean} (e_t^2)}$$

## Métricas (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

## Métricas (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

Mean absolute percentage error:

Mean absolute percentage error:

$$\text{MAPE} = \text{mean}(|p_t|)$$

onde  $p_t = 100e_t/y_t$ .

**Mean absolute percentage error:**

$$\text{MAPE} = \text{mean}(|p_t|)$$

onde  $p_t = 100e_t/y_t$ .

**Mean absolute scaled error:**

$$\text{MASE} = \text{mean}(|q_j|)$$

onde  $q_j = \frac{e_j}{\frac{1}{T-m} \sum_{t=m+1}^T |y_t - y_{t-m}|}$ .

# Estimativa Intervalar

---



As estatísticas anteriores servem para avaliar estimativas pontuais. Como podemos gerar distribuições das previsões, a avaliação deve ser feita com outras métricas



- **Quantile Score:** de acordo com os autores, essa estatística *pode ser interpretada como um erro absoluto*.

## Estatísticas (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

- **Quantile Score:** de acordo com os autores, essa estatística *pode ser interpretada como um erro absoluto*.
- **Winkler Score:** avalia intervalos de previsão, não apenas alguns quantis.

## Estatísticas (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

- **Quantile Score:** de acordo com os autores, essa estatística *pode ser interpretada como um erro absoluto*.
- **Winkler Score:** avalia intervalos de previsão, não apenas alguns quantis.
- **Continuous Ranked Probability Score:** avalia toda a distribuição de previsões, não apenas quantis ou intervalos. É como *um erro absoluto ponderado*.

## Estatísticas (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

- **Quantile Score:** de acordo com os autores, essa estatística *pode ser interpretada como um erro absoluto*.
- **Winkler Score:** avalia intervalos de previsão, não apenas alguns quantis.
- **Continuous Ranked Probability Score:** avalia toda a distribuição de previsões, não apenas quantis ou intervalos. É como *um erro absoluto ponderado*.
- **\*Scale-free comparisons using skill scores\*\*:** comparação de métodos diferentes com escalas distintas.

Hyndman, Rob J, and George Athanasopoulos. 2021. *Forecasting: Principles and Practice*. Third. OTexts.