

## EAE1223: Econometria III

### Exercícios sobre Processos Estocásticos

**Questão 1:** Verifique se os seguintes processos ARMA(p,q) são estacionários e invertíveis, onde, no que segue,  $\{u_t : t \in \mathbb{Z}\}$  é sempre um ruído branco. **Dica:** o comando `polyroot`, no R, calcula as raízes de um polinômio. O comando `abs` calcula o valor absoluto de um número complexo.

1.  $y_t = 0.7y_{t-2} + u_t$ ,
2.  $y_t = 0.5y_{t-1} + 2y_{t-2} + u_t - 0.5u_{t-1}$ ,
3.  $y_t = 1.5y_{t-1} - 0.5y_{t-2} + u_t - u_{t-1}$ ,
4.  $y_t = (1 - 2L + 5L^3)u_t$ .

**Questão 2:** Seja  $\{\epsilon_t\}_{t \in \mathbb{Z}}$  um ruído branco com variância igual a um. O processo a seguir é estacionário?

$$(1 - 1.1L + 0.18L^2)y_t = \epsilon_t.$$

Se sim, calcule sua variância e primeira autocovariância  $\gamma_1 = \text{cov}(y_t, y_{t-1})$ , e proponha um algoritmo iterativo para calcular  $\gamma_j = \text{cov}(y_t, y_{t-j})$ ,  $j > 2$ , como função das autocovariâncias anteriormente calculadas.

**Questão 3:** Considere o processo:

$$y_t = \beta t + u_t,$$

onde  $\{u_t\}$  é ruído branco, e  $\beta > 0$ .

1. Mostre que a média amostral de  $\{y_t\}_t$ ,  $\hat{\mu}_y = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_t$ , diverge em probabilidade para  $\infty$  quando o número de observações  $T \rightarrow \infty$ . **Dica:** pela lei dos grandes números,  $\text{plim}_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T u_t = 0$ .
2. Considere, agora, o estimador de MQO de  $\beta$ :

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{t=1}^T ty_t}{\sum_{t=1}^T t^2}.$$

Mostre que esse estimador satisfaz:

$$\hat{\beta} = \beta + \frac{\sum_{t=1}^T tu_t}{\sum_{t=1}^T t^2},$$

e mostre que o segundo termo do lado direito da igualdade tem valor esperado zero.

3. Mostre que

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \mathbb{V} \left[ \frac{\sum_{t=1}^T t u_t}{\sum_{t=1}^T t^2} \right] = 0.$$

*Dica:*  $\sum_{t=1}^T t^2 = \frac{1}{6}T(T+1)(2T+1)$ . Como  $\frac{\sum_{t=1}^T t u_t}{\sum_{t=1}^T t^2}$  tem média zero pelo item anterior e  $\lim_{T \rightarrow \infty} \mathbb{V} \left[ \frac{\sum_{t=1}^T t u_t}{\sum_{t=1}^T t^2} \right] = 0$ , nós concluiremos (não precisa demonstrar) que  $\text{plim}_{T \rightarrow \infty} \frac{\sum_{t=1}^T t u_t}{\sum_{t=1}^T t^2} = 0$ .

4. Usando a conclusão anterior, mostre que  $\text{plim}_{T \rightarrow \infty} \hat{\beta} = \beta$ .

**Questão 4:** Vamos considerar dois passeios aleatórios **independentes**.

$$y_t = y_{t-1} + u_t, \quad t = 1, 2, \dots,$$

$$x_t = x_{t-1} + v_t, \quad t = 1, 2, \dots,$$

com  $y_0 = 0$  e  $x_0 = 0$ , e de tal forma que os processos  $\{u_t\}_t$  e  $\{v_t\}_t$  são **independentes** um do outro.

1. Simule os processos acima por cem períodos (por exemplo, usando as funções `ar.sim` ou `arima.sim` duas vezes, uma para cada processo). Esboce uma figura com a evolução dos dois processos no tempo.
2. Usando as observações geradas, ajuste via MQO um modelo linear para prever  $y_t$  como função de  $x_t$  e um intercepto. Teste, a 5% de significância, a hipótese nula de que o coeficiente associado a  $x_t$  é zero. Qual é a conclusão do teste?
3. Simule os dois processos novamente, mas agora por 500 períodos. Repita o procedimento do item anterior. Qual é a conclusão do teste?
4. Simule os dois processos novamente, mas agora por 1000 períodos. Repita o procedimento do item (3). Qual é a conclusão do teste? Os resultados estão de acordo com o que você esperaria para a relação entre  $y_t$  e  $x_t$ ? Por quê?