



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESCOLA DE ENGENHARIA

ELT016 - TÉCNICAS DE MODELAGEM DE SISTEMAS
DINÂMICOS

Tarefa 3:
Sinais PRBS e funções de correlação

Felipe Bartelt de Assis Pessoa 2016026841

9 de janeiro de 2022

1 Parte 1

1.1 Exercício 3.10

Por meio das Figuras 1-4, nota-se que é possível estimar o sistema de forma satisfatória tanto para uma entrada impulsiva quanto aleatória, ao se avaliar as 10 primeiras componentes do sistema h estimado na Figura 1 e Figura 2. Contudo, ao se comparar o sistema obtido nessas com os sistemas obtidos quando há ruído de medição, Figura 3 e Figura 4, percebe-se o problema do método utilizado, que é muito sensível a ruído, causando uma grande discrepância entre as componentes de h , que também pode ser notado pela diferença entre resposta real e estimada do sistema.

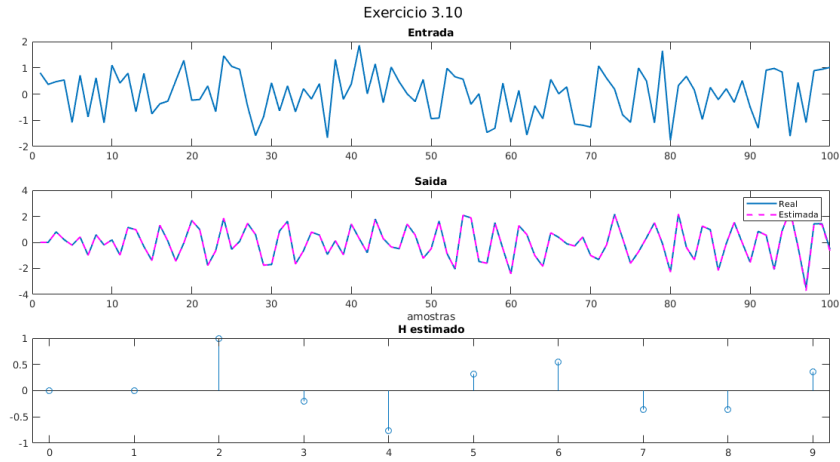


Figura 1: Entrada aleatória

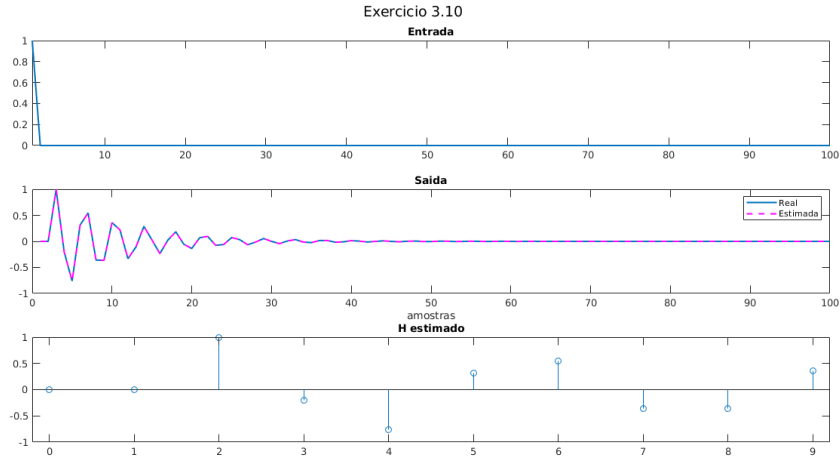


Figura 2: Entrada impulsiva

1.2 Exercício 4.15

É esperado de um sinal aleatório, uma função de autocorrelação impulsiva. Assim, ao se avaliar um sinal PRBS de 190 amostras, $T_b = 1$, utilizando 6 bits, obteve-se a função de correlação na Figura 5, que é bastante próxima de um impulso. Dessa forma, pode-se considerar o sinal como aleatório.

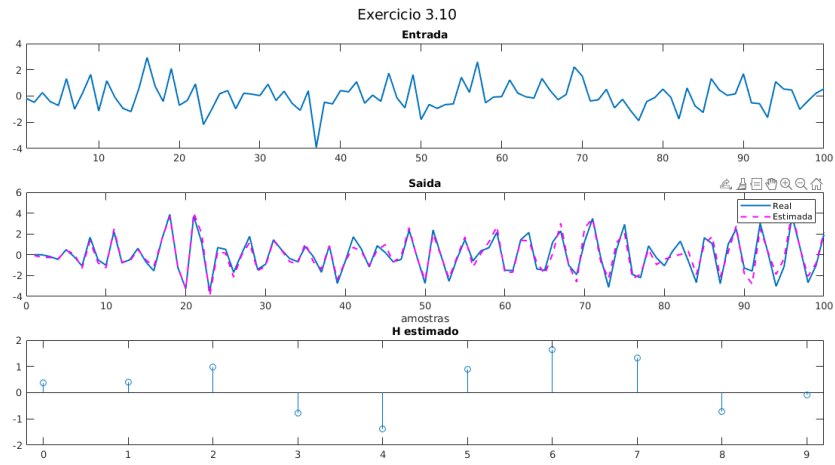


Figura 3: Entrada aleatória com ruído de medição

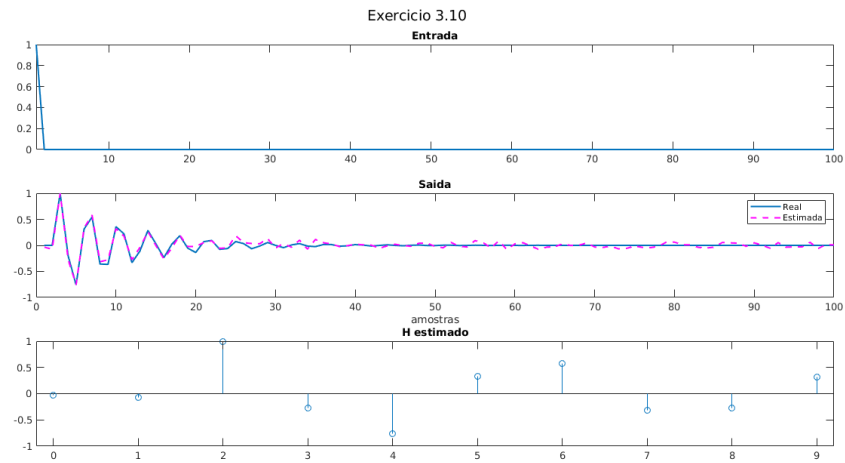


Figura 4: Entrada impulsiva com ruído de medição

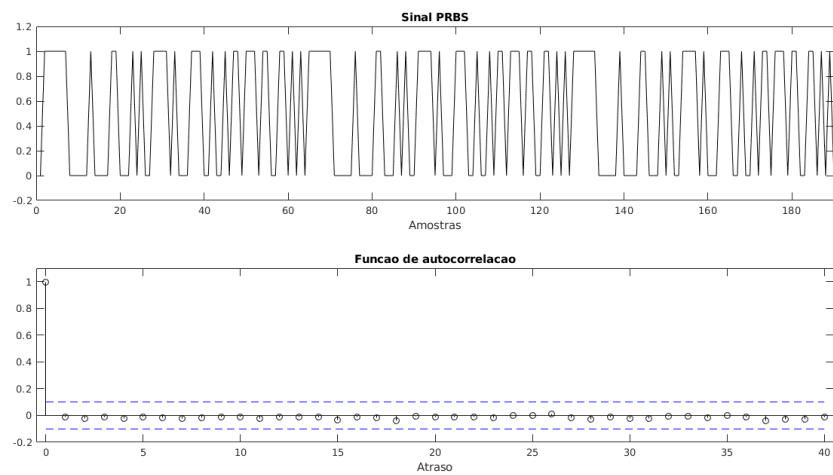


Figura 5: Sinal PRBS e sua função de autocorrelação

1.3 Exercício 4.16

De forma a se avaliar os efeitos do aumento de T_b no sinal PRBS, tomou-se os gráficos do sinal, sua função de autocorrelação e espectro para $T_b = 6, 12, 18, 24$, Figuras 6-9. Nota-se, obviamente, que com o acréscimo de T_b , o número de trocas de bits do sinal é menor. A função de autocorrelação se torna cada vez menos representativa de um sinal aleatório, isso é, torna-se cada vez menos impulsiva. Quanto ao espectro, nota-se um decréscimo de magnitude nas componentes de alta frequência, o que pode ser explicado pelo sinal ser enxergado como oscilatório com período cada vez maior.

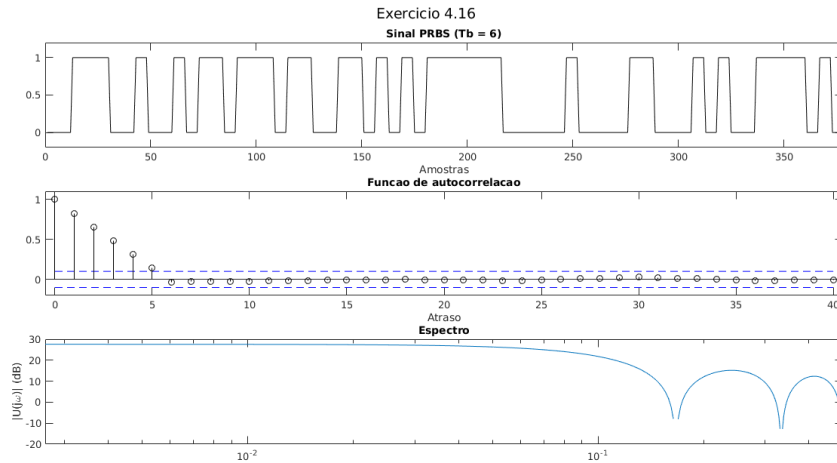


Figura 6: Sinal PRBS, função de autocorrelação e espectro para $T_b = 6$

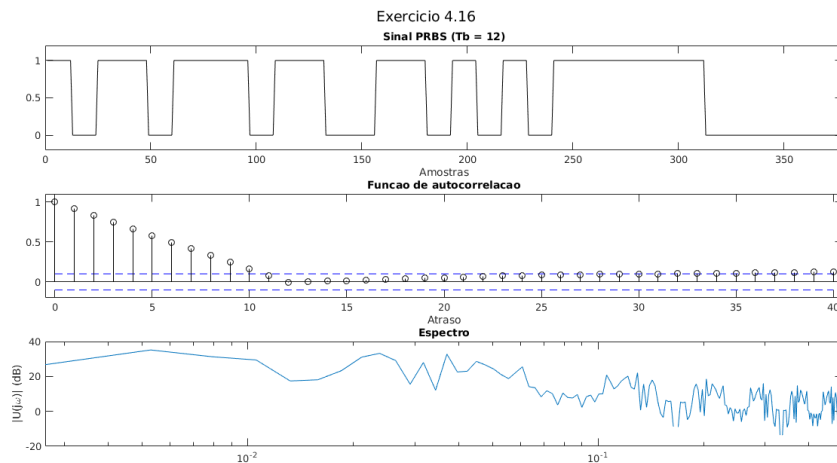


Figura 7: Sinal PRBS, função de autocorrelação e espectro para $T_b = 12$

1.4 Exercício 4.20

A identificação de sistemas por meio de sinais PRBS, é necessário que o sinal tenha um valor de T_b grande o suficiente para o sistema ser capaz de responder a tempo, e um T_b pequeno o suficiente para o sistema não atingir o estado estacionário. Assim, observando-se as respostas do sistema à um sinal PRBS com T_b variado, Figuras 10 - 13, pode-se considerar a situação $T_b = 1000$, Figura 12, como a melhor situação para a identificação do sistema.

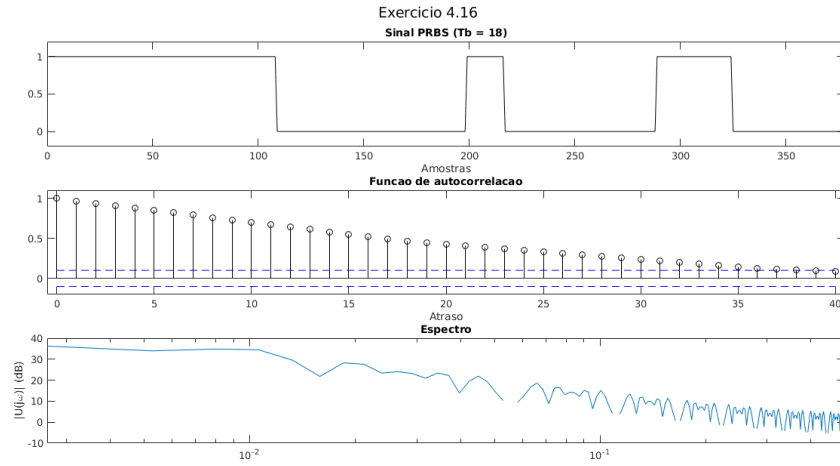


Figura 8: Sinal PRBS, função de autocorrelação e espectro para $T_b = 18$

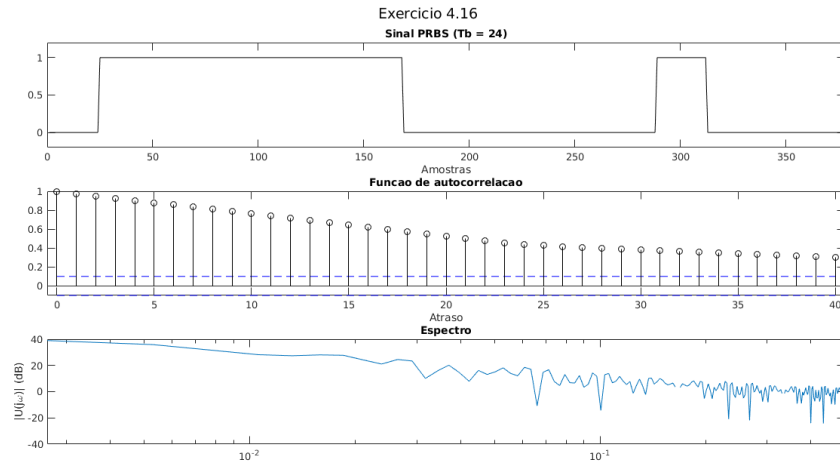


Figura 9: Sinal PRBS, função de autocorrelação e espectro para $T_b = 24$

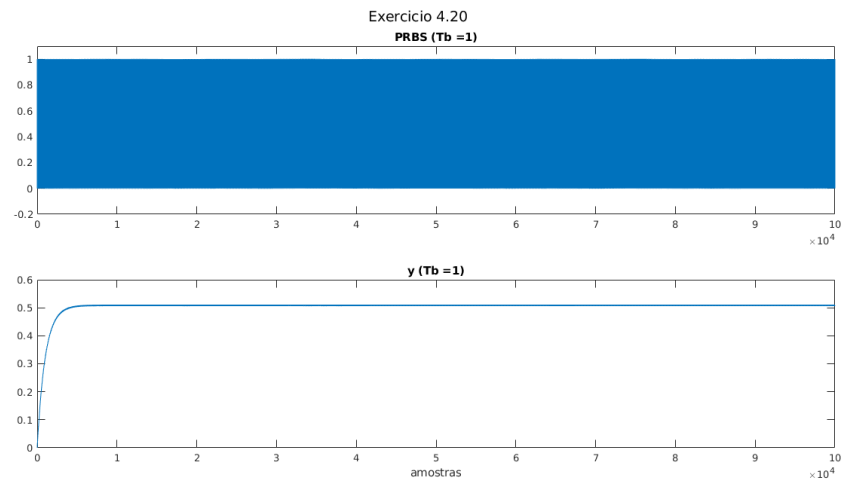


Figura 10: Resposta do sistema para entrada PRBS com $T_b = 1$

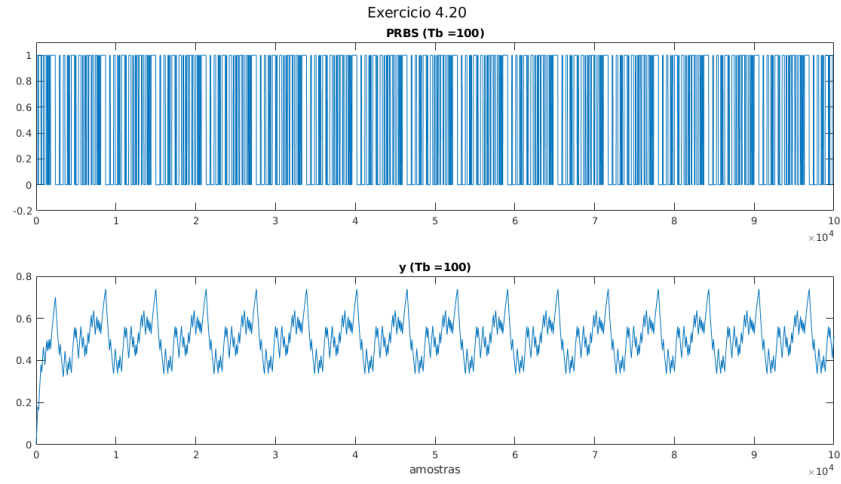


Figura 11: Resposta do sistema para entrada PRBS com $T_b = 100$

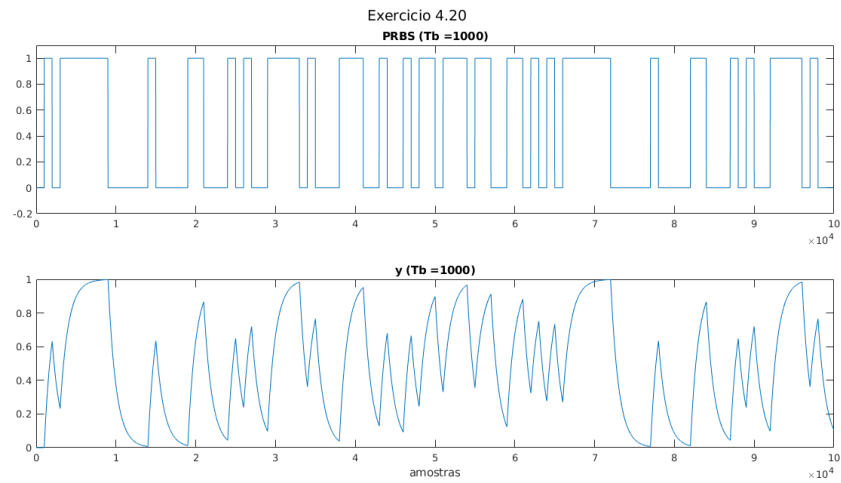


Figura 12: Resposta do sistema para entrada PRBS com $T_b = 1000$

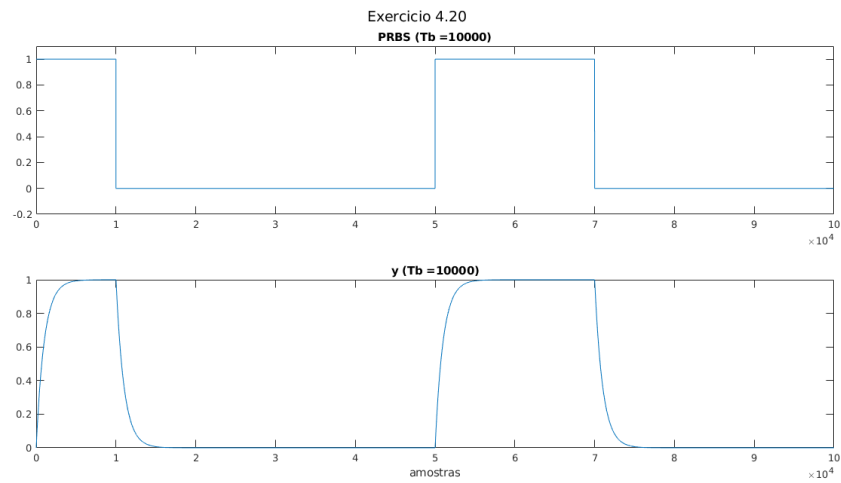


Figura 13: Resposta do sistema para entrada PRBS com $T_b = 10000$

2 Parte 2

Tomou-se a constante de tempo τ do sistema como a obtida no trabalho anterior, via métodos de identificação de sistema de primeira ordem. Essa constante $\tau = 0.0165$, foi utilizada como referência para a determinação de T_b , que, como deve ser um valor inteiro, ao menos no *script* fornecido, foi tomado como 1 s. Assim, obteve-se o sinal PRBS da Figura 14. Pela função de autocorrelação (FCA) do mesmo, pode-se notar que têm comportamento aleatório, uma vez que a FCA é praticamente impulsiva.

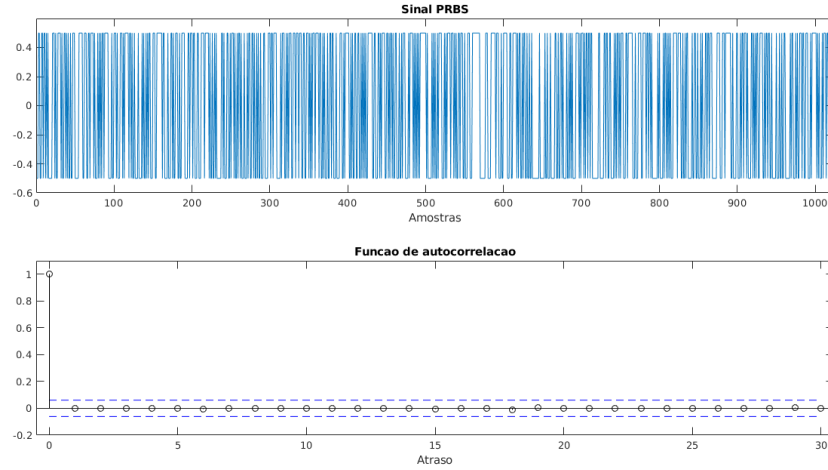


Figura 14: Sinal PRBS utilizado e sua função de autocorrelação

Utilizando os métodos já utilizados anteriormente, obteve-se a resposta do sistema, com condições iniciais nulas, para a entrada PRBS definida. Dessa forma, adicionando-se um ruído de medição, foi possível calcular a função de correlação cruzada entre entrada e saída da Figura 15, na qual nota-se a existência de uma correlação ínfima negativa. Pensa-se que a baixa correlação entrada-saída esteja relacionada com o fato do sistema apresentar memória, não respondendo instantaneamente às alterações da entrada aleatória, o que pode fazer a relação entrada-saída aparentar ínfima.

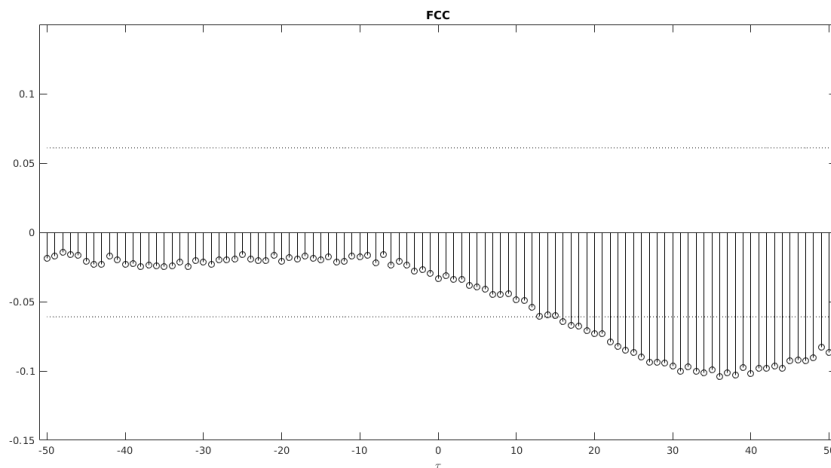


Figura 15: Função de correlação cruzada (FCC) entre entrada PRBS e saída do sistema

Por meio da equação de Wiener-Hopf, obteve-se uma estimativa para o sistema, apresentado na Figura 16. Essa estimativa foi validada ao se obter a resposta impulsiva do sistema parametrizado, comparando-se ambos. Nota-se que o modelo estimado apresenta comportamento

oposto em sinal que o sistema real. Contudo, dado o intervalo de confiança obtido na [Figura 15](#) e a possibilidade de modificar os ganhos do modelo obtido, considera-se a aproximação obtida razoável, pois, feita as alterações necessárias, permitiria uma estimativa grosseira da resposta real do sistema.

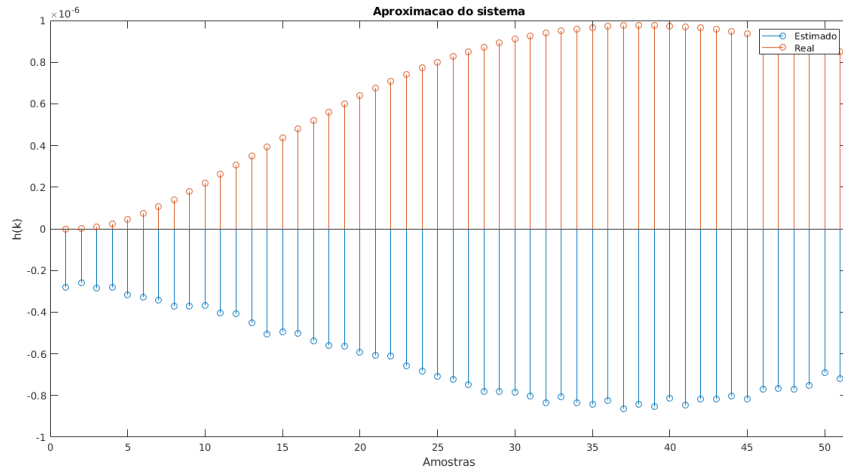


Figura 16: Sistema estimado em comparação com o sistema real

Referências

- [1] L. A. Aguirre, “Introdução à Identificação de Sistemas (Linked Data),” Research Gate, 03 2020. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/303679484_Introducao_a_Identificacao_de_Sistemas
- [2] —, *Introdução à Identificação de Sistemas*, 4th ed. Editora UFMG, 01 2015.