

# Processamento Digital de Sinais

## Soluções para Tutorial 10 - Espectro de Potência

Fabio Casagrande Hirono

### 1 Tarefas

#### 1.1 Tarefa 1

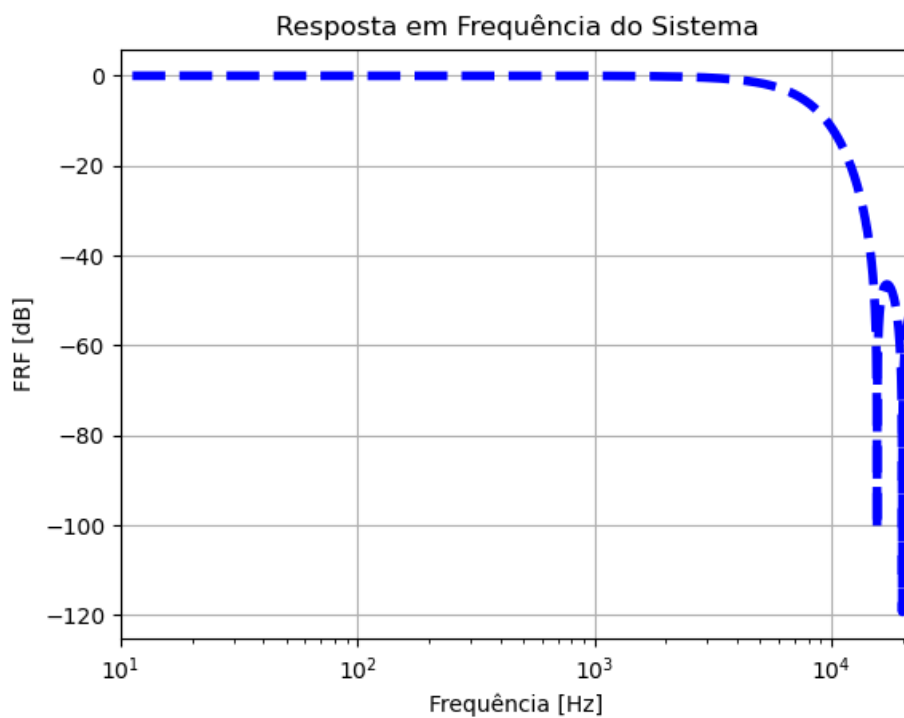


Figura 1: Magnitude da Resposta em Frequência conforme extraída do arquivo `tutorial10.mat`.

#### 1.2 Tarefa 2

Complementar os dados da resposta em frequência fornecida de modo que corresponda ao resultado da DFT de um sinal no domínio do tempo de valor real produz a resposta ao impulso representada na Figura 2.

Note que apenas as primeiras 11 amostras da resposta ao impulso estão representadas no gráfico de hastes.

#### 1.3 Tarefa 3

-

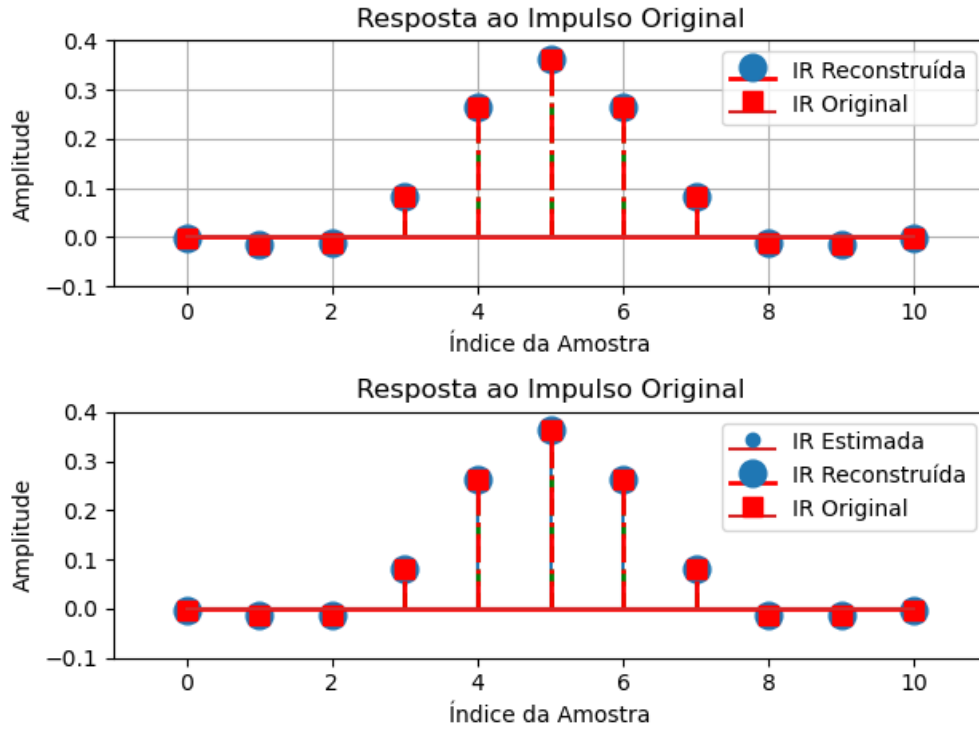


Figura 2: As primeiras 11 amostras da resposta ao impulso conforme foi reconstituída a partir da resposta em frequência fornecida.

## 1.4 Tarefa 4

## 1.5 Tarefa 5

A coerência entre o sinal de ruído branco  $x$  e a saída do sistema  $y$  é apresentada na Figura 3.

A razão para a coerência despencar em torno de duas frequências além de  $f = 10$  kHz pode ser encontrada na resposta em frequência do sistema na Figura 1. As duas frequências são precisamente aquelas onde o sistema tem a menor magnitude de resposta.

## 1.6 Tarefa 6

Pode-se observar nas Figuras 4a e 4b que as estimativas mostram uma correspondência razoavelmente boa (embora não perfeita) com o sistema original.

## 1.7 Tarefa 7

Pode-se observar da estimativa obtida de dados ruidosos, que embora as primeiras 11 amostras da IR pareçam não ser muito diferentes da estimativa anterior feita a partir de dados limpos (veja Fig. 4b e 5b), a resposta em frequência (veja Fig. 5a) mostra impacto substancial. Isso pode ser explicado ao observar a IR identificada completa, que mostra muito ruído na parte da IR além da 11ª amostra. Precisamente este ruído é a razão para a qualidade degradada da resposta em frequência.

## 1.8 Tarefa 8

Os resultados são exibidos nas Figuras 7a e 7b. Como pode ser esperado, a estimação da resposta em frequência para  $M = 200$  é razoavelmente boa. Para  $M=1000$  o atraso relativamente grande

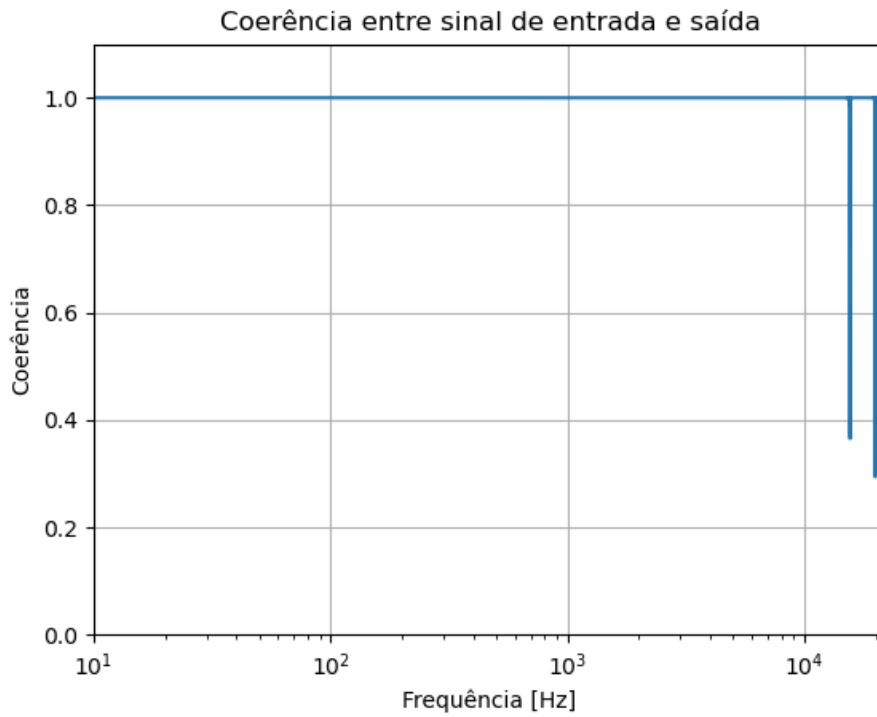
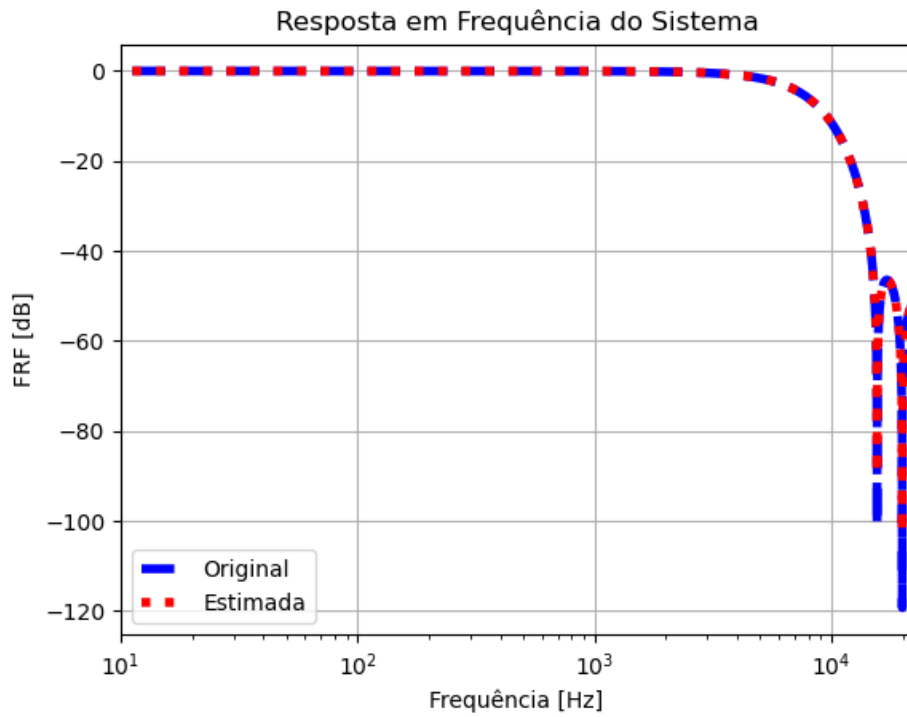
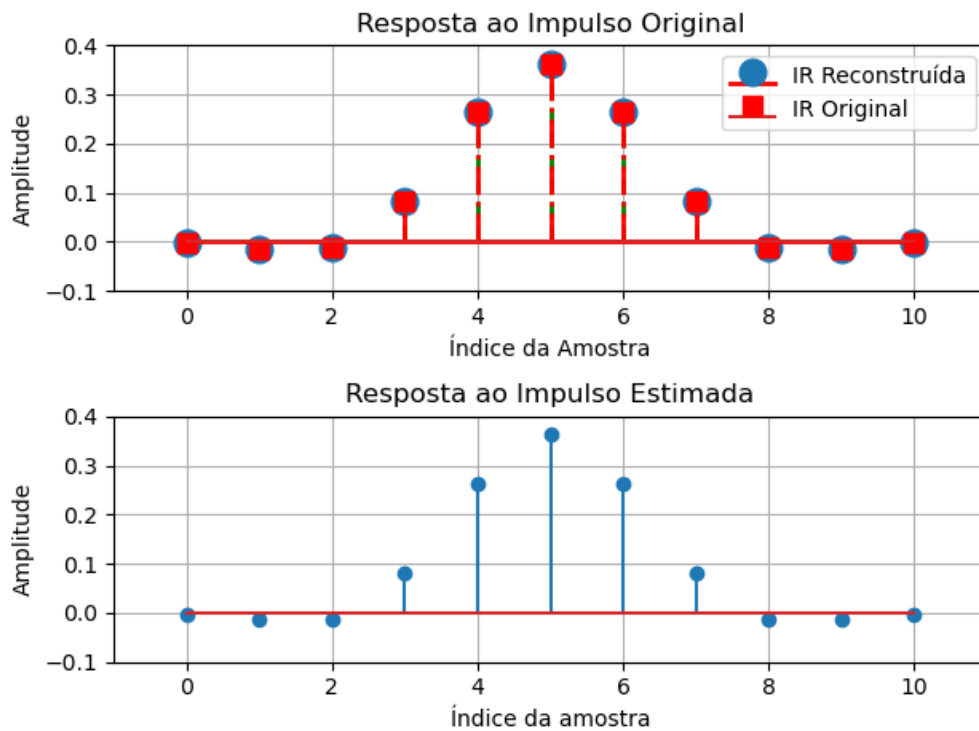


Figura 3: Função de coerência entre o ruído branco de entrada  $x$  e o sinal na saída do sistema  $y$ .

da IR causa uma coerência ligeiramente pior entre os dados de entrada e saída, o que também afeta a precisão da estimativa da FRF. Para o caso de  $M=6000$  a coerência despenca em direção a zero, mostrando que a estimativa da FRF obtida deve ser considerada nada mais que ruído. Isso é facilmente compreendido já que o atraso é tão grande que não será identificado dentro do quadro de observação dado. Isso também é o que causa a queda da coerência em direção a zero.

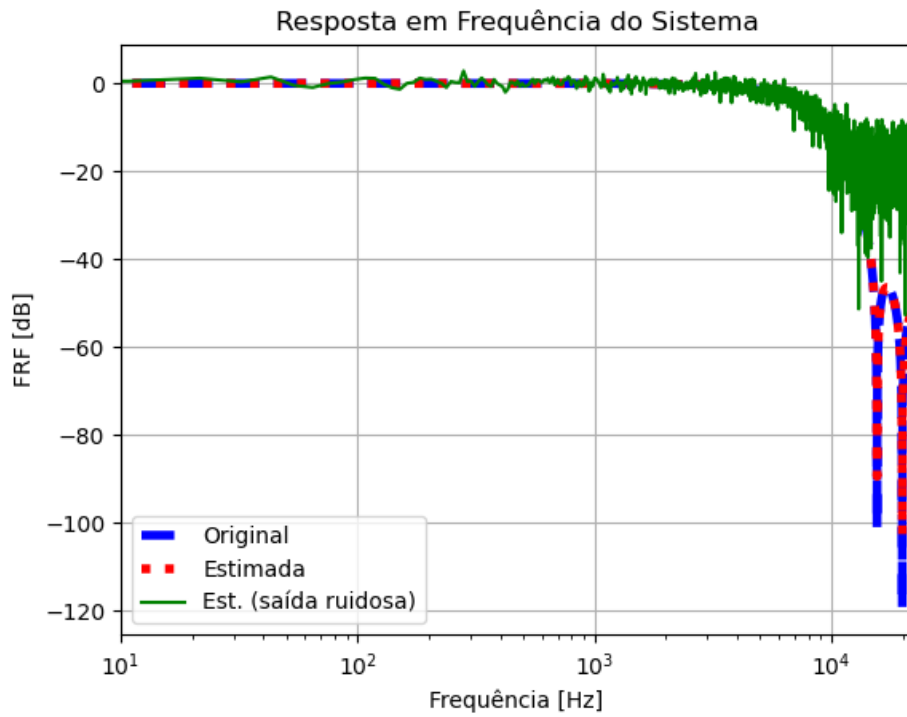


(a) Respostas em frequência conforme fornecidas pelos dados originais e pela estimativa obtida pelo método H1.

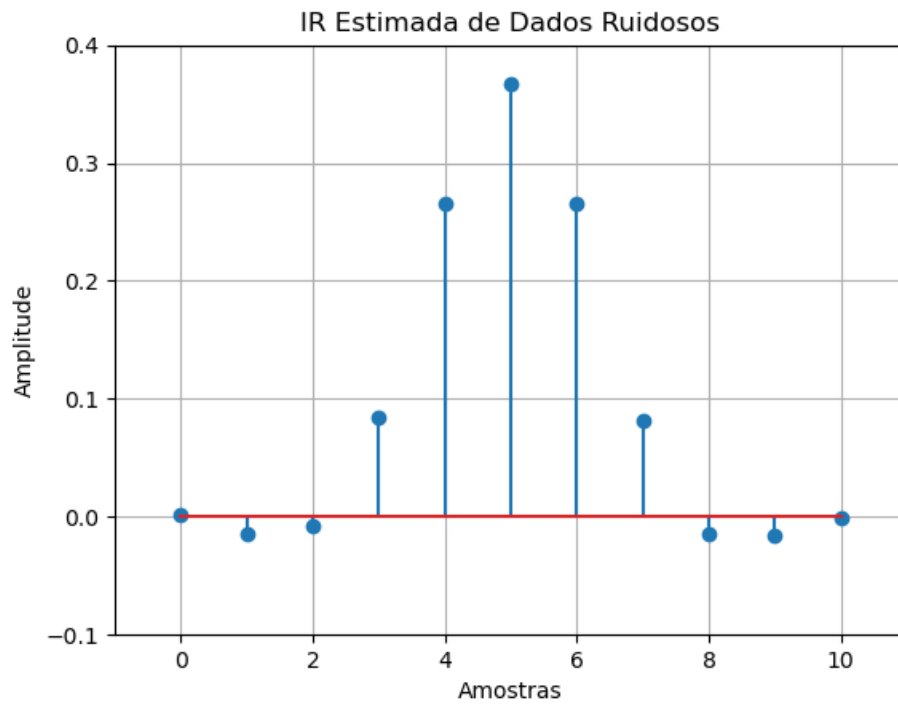


(b) Respostas ao impulso conforme fornecidas pelos dados originais e pela estimativa obtida pelo método H1.

Figura 4: Respostas ao Impulso e em Frequência fornecidas pelos dados originais e pelo estimador H1.

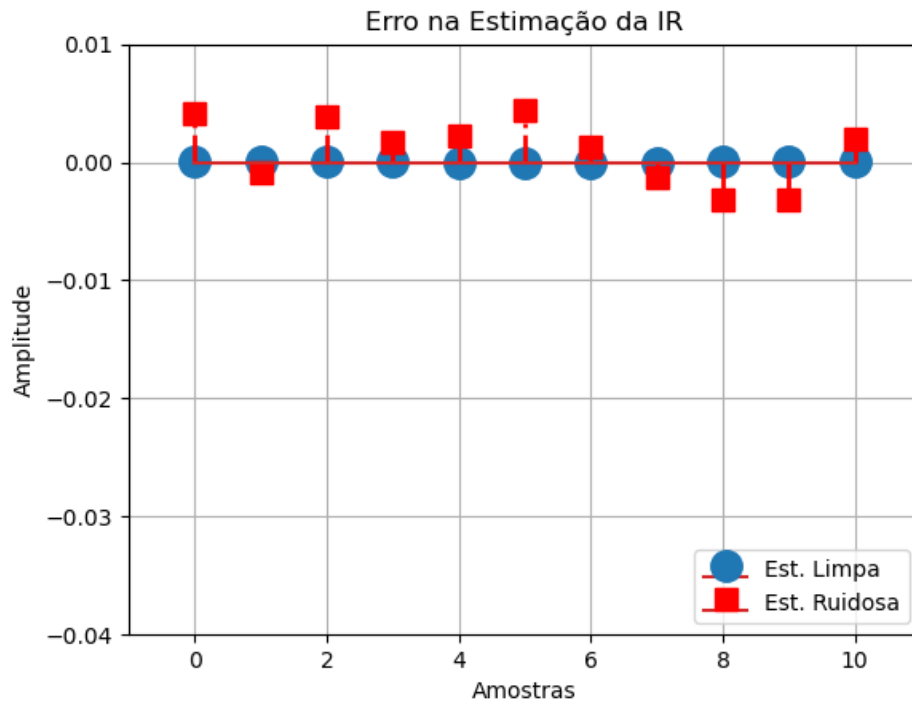


(a) Respostas em frequência conforme fornecidas pelos dados originais e estimadas com o método H1 com dados limpos e com dados ruidosos.

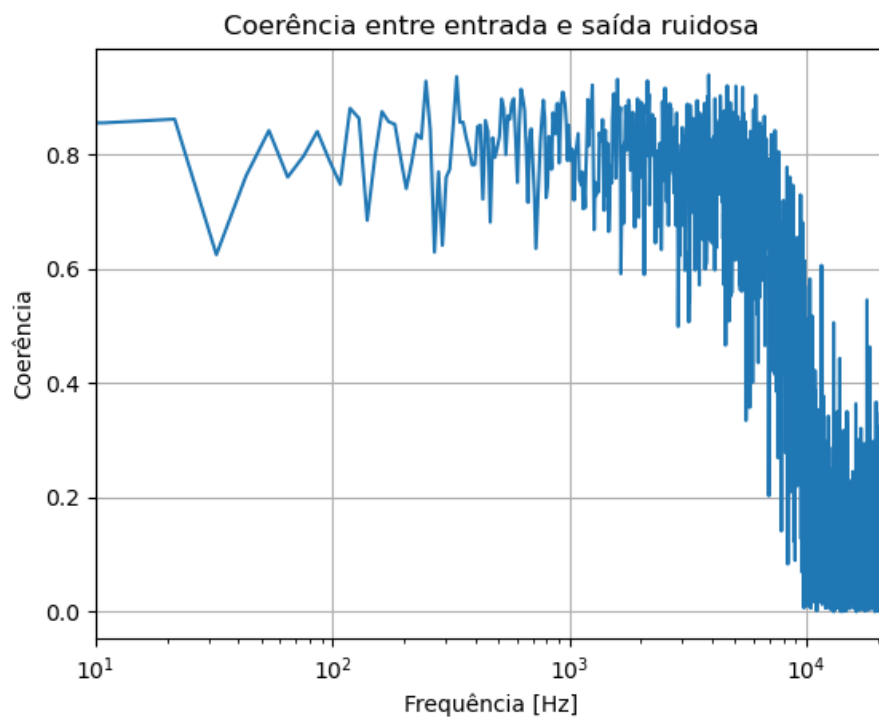


(b) Estimativa de resposta ao impulso obtida pelo método H1 com dados ruidosos.

Figura 5: Respostas em Frequência e ao Impulso obtidas pelo estimador H1 com dados ruidosos.

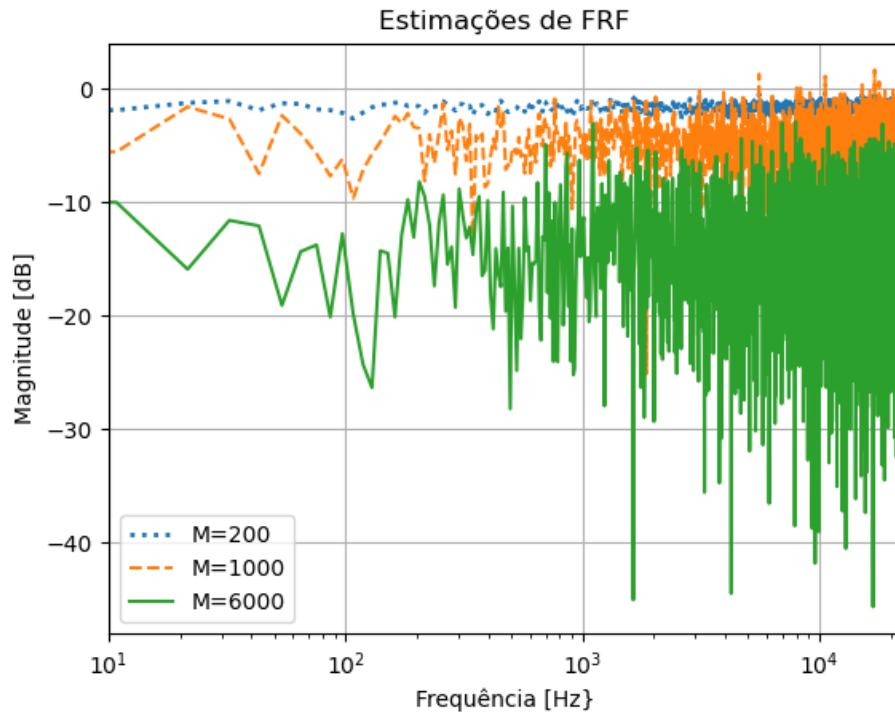


(a) Erro de Estimção da IR

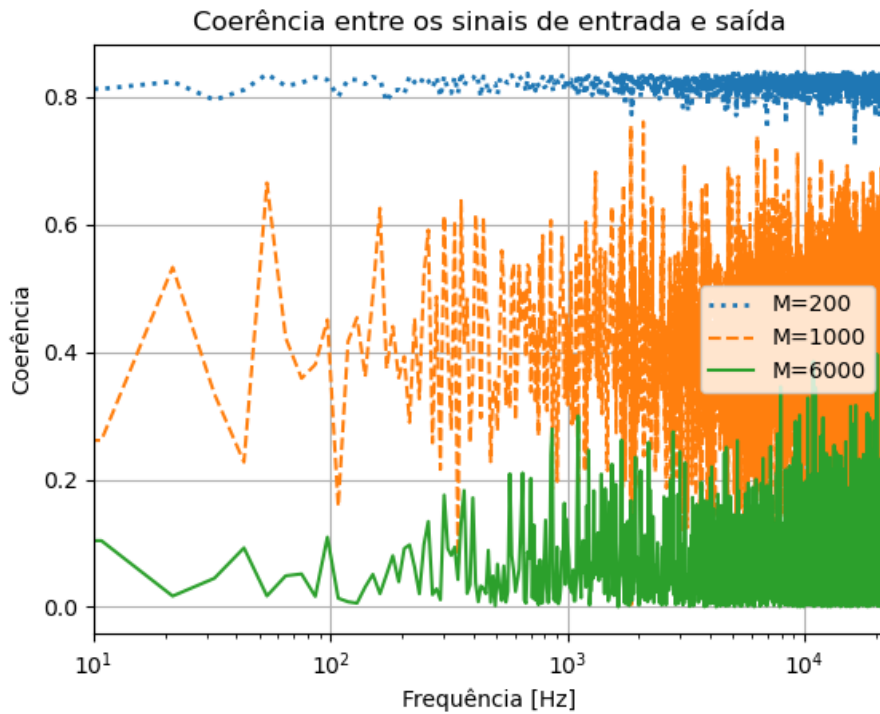


(b) Coerência entre entrada e saída ruidosa

Figura 6: Erro de estimação da Resposta ao Impulso e Coerência obtidos pelo estimador H1 com dados ruidosos.



(a) Respostas em frequência obtidas da estimação H1 para vários valores de  $M$ .



(b) Coerência entre sinais de entrada e saída para vários valores de  $M$ .

Figura 7: Efeito do parâmetro  $M$ .