

# EXPERIÊNCIA 3

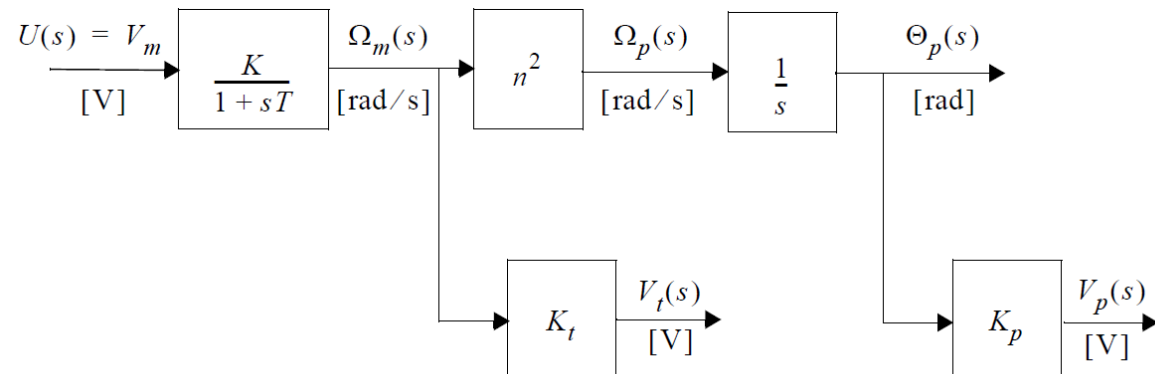
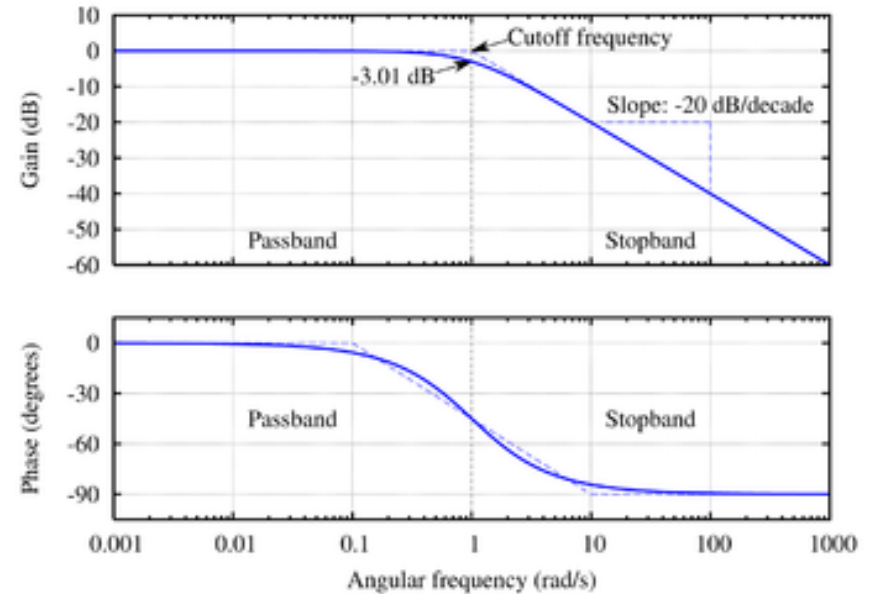
## Identificação: Resposta em frequência

PTC 3312 – Laboratório de Controle  
2º semestre de 2018  
Bruno Angélico

Laboratório de Automação e Controle  
Departamento de Engenharia de Telecomunicações e Controle  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

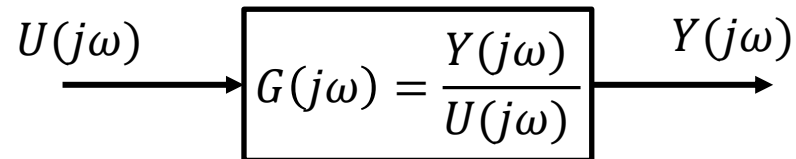
# Objetivo

- Obter um modelo matemático linear para o servomecanismo MS15 por meio de sua resposta em frequência.



# Método

- Considerando um sistema linear invariante no tempo:



$$G(j\omega) = |G(\omega)|e^{j\phi} \text{ sendo } \phi = \arctg \frac{\text{Im}[G(j\omega)]}{\text{Re}[G(j\omega)]}$$

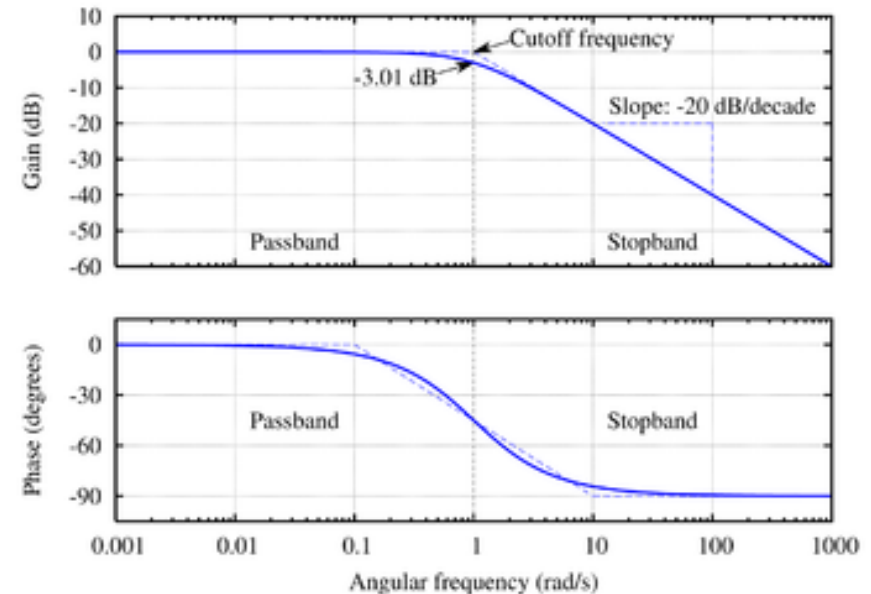
- A resposta em frequência se relaciona com a função de transferência  $G(s)$  do sistema por meio da expressão

$$G(j\omega) = G(s)|_{s=j\omega}$$

- Ou seja, dado que se tenha a resposta em frequência, é possível se obter a função de transferência do sistema

# Método

- Comumente a resposta em frequência é expressa por meio de *diagramas de Bode*



# Método

- Otimização numérica
  - Fitting senoidal através das curvas de entrada e saída do sistemas

$$u(t) = A_u \text{sen}(\omega_u t + \phi_u)$$

$$y(t) = A_y \text{sen}(\omega_y t + \phi_y)$$

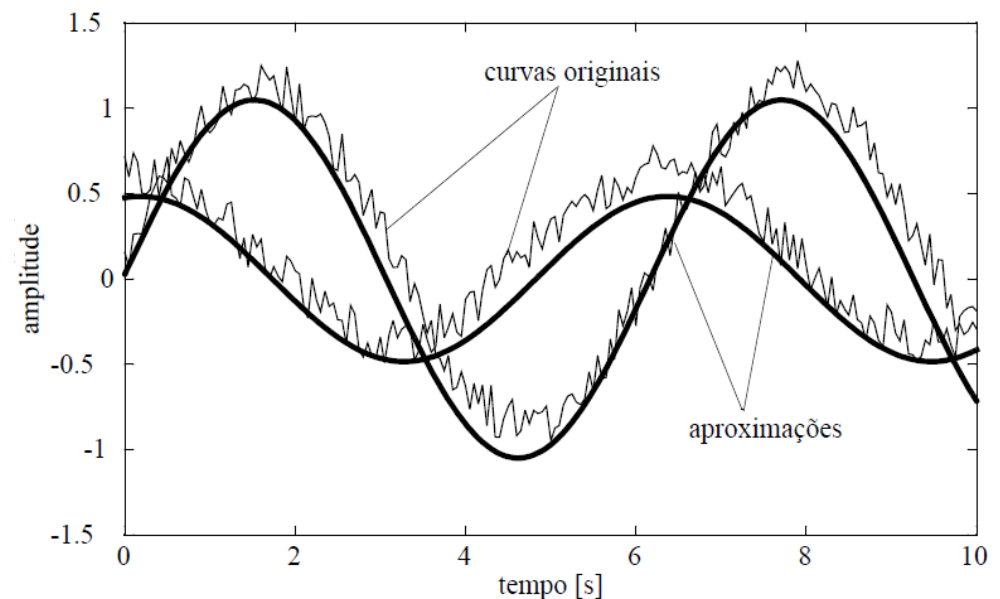
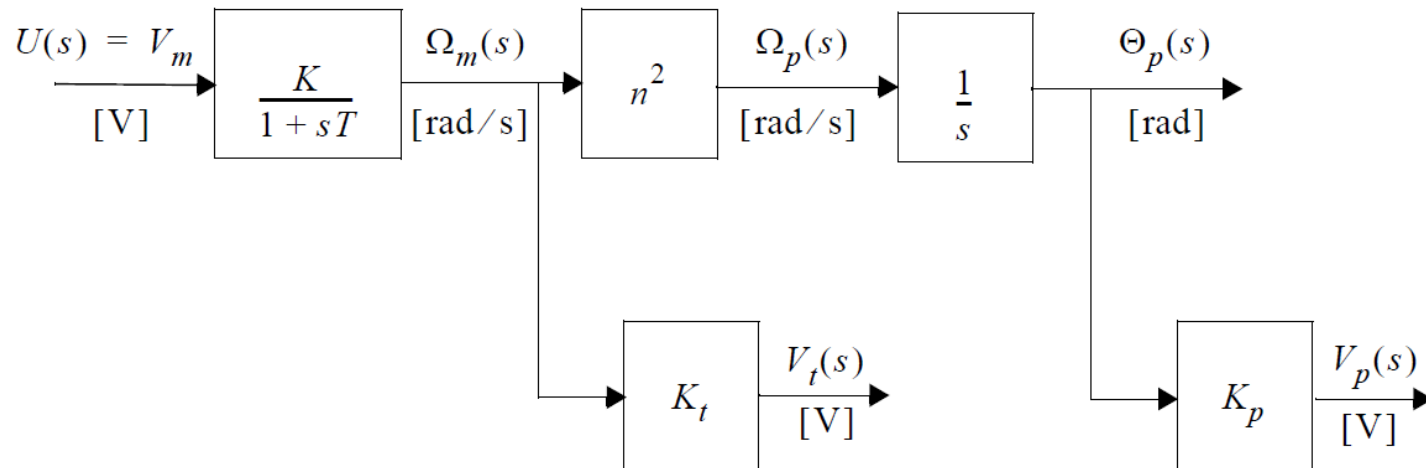


Figura 3.3 Sinais originais e aproximações senoidais

$$M(\omega) = \frac{A_y}{A_u} \quad \phi(\omega) = \phi_y - \phi_u$$

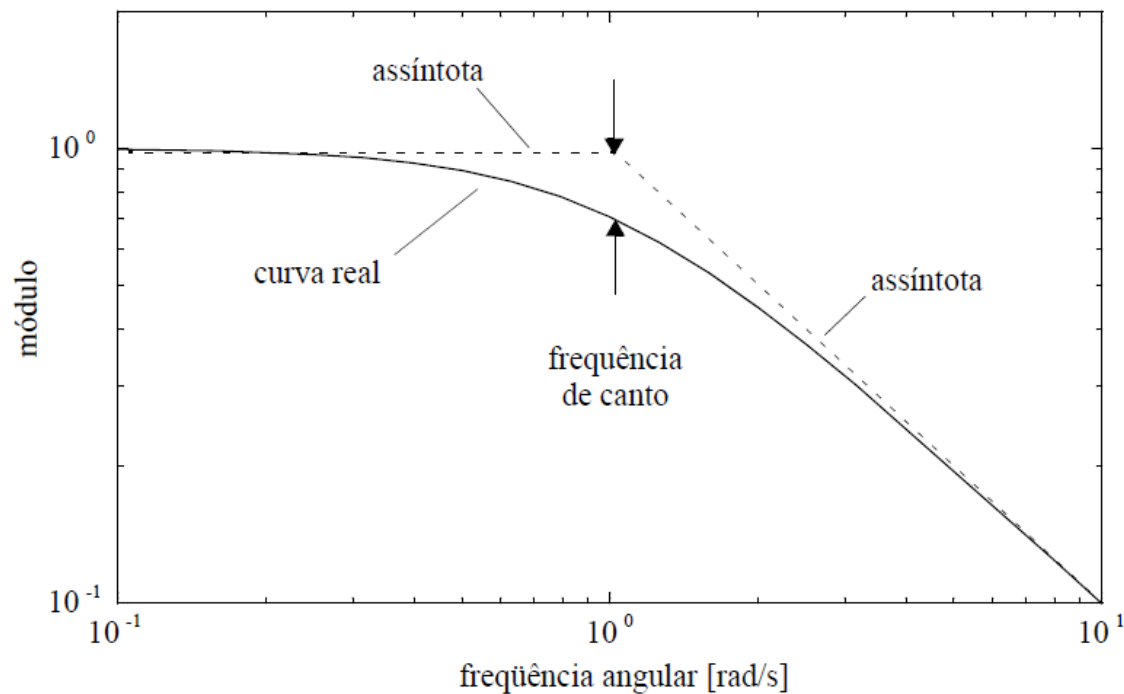
# Método



- Obtenção da função de transferência
  - Ajuste manual por assíntotas
  - Ajuste por otimização numérica

# Método

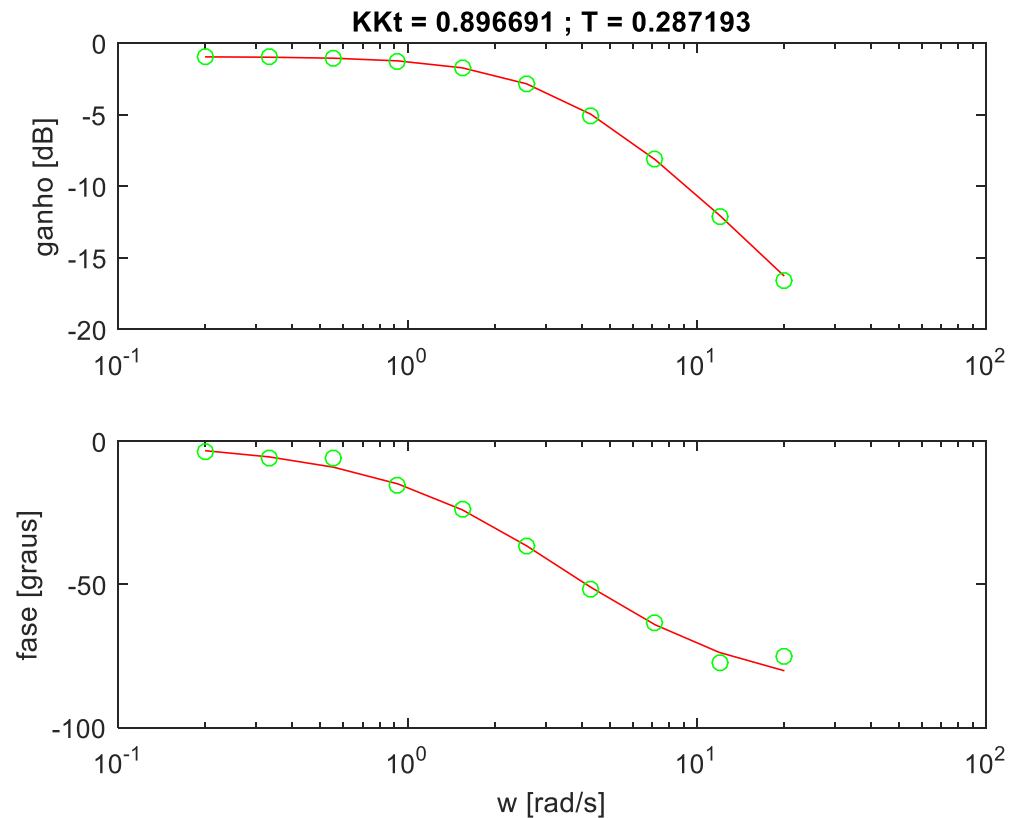
- Ajuste manual por assíntotas



**Figura 3.4** Aproximação de uma função de transferência por meio de assíntotas

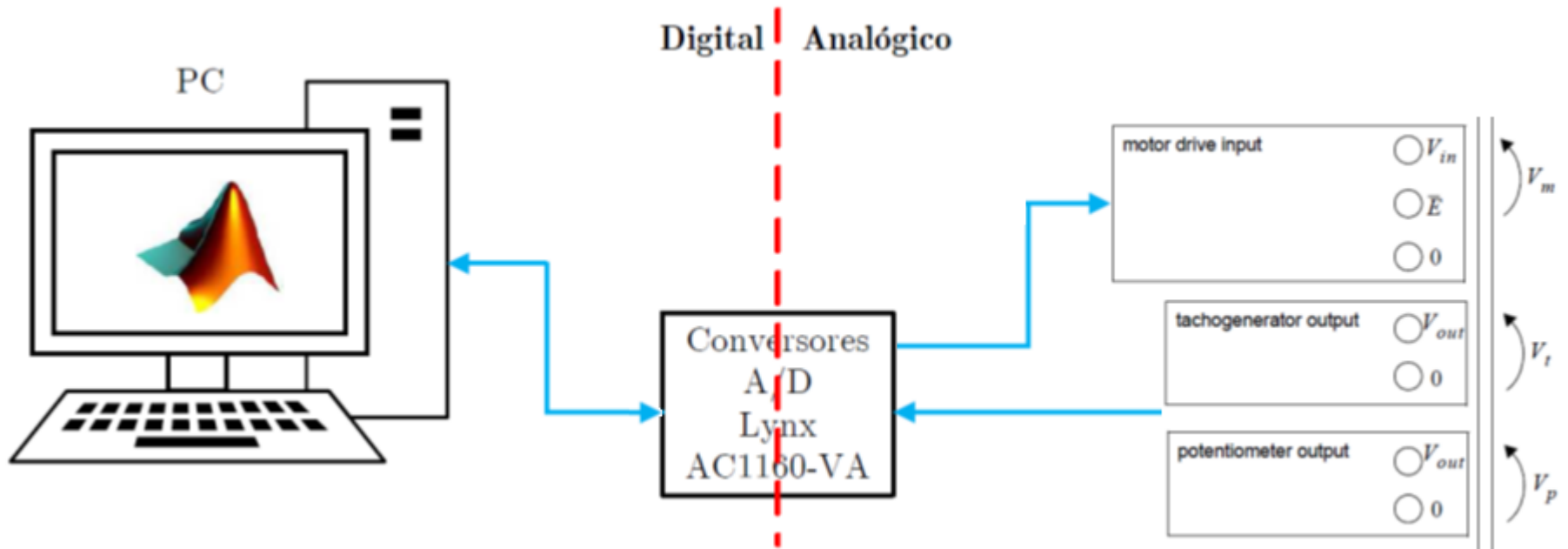
# Método

- Ajuste por otimização numérica
  - Fitting do diagrama de bode



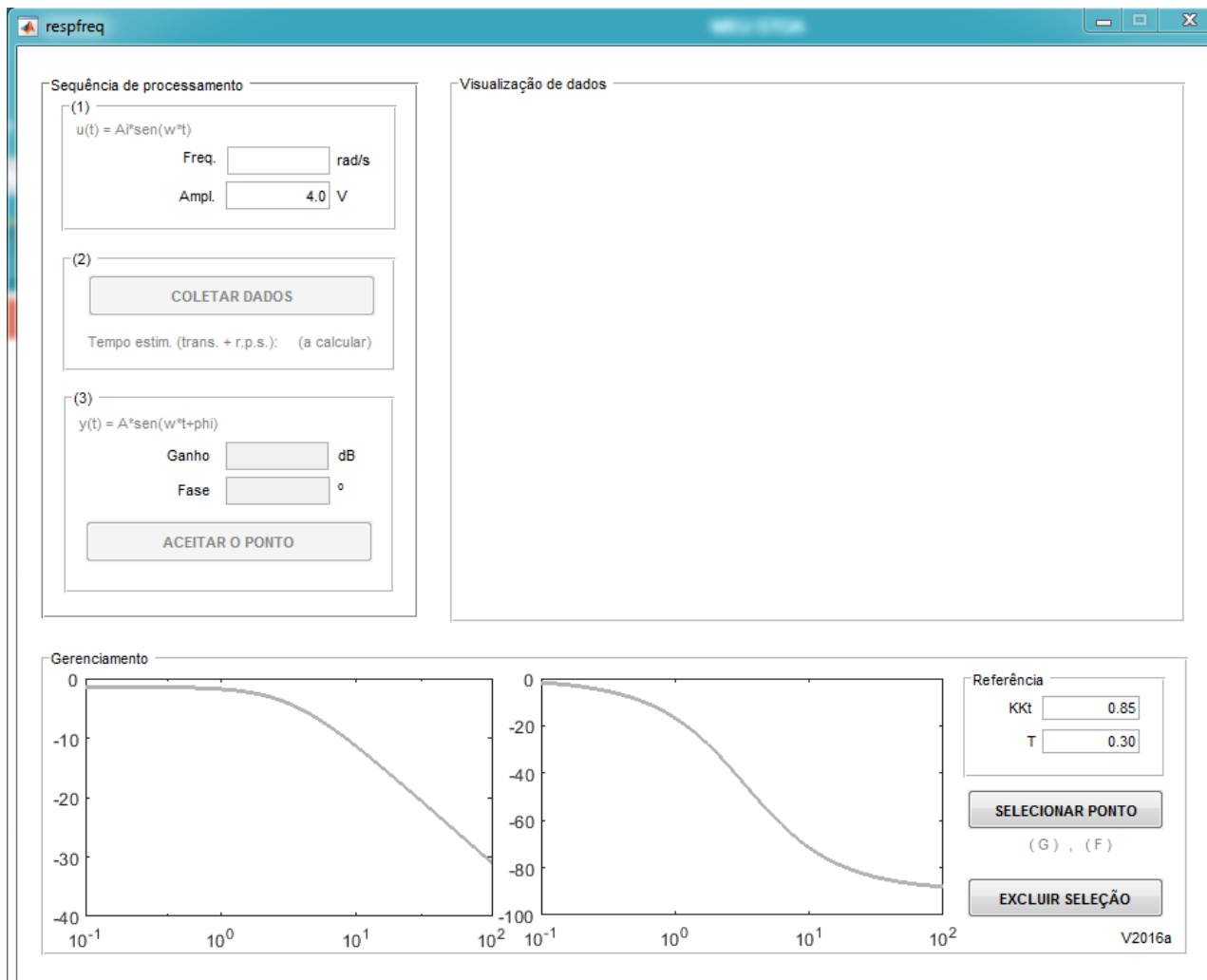


# Matlab/Simulink



- Vamos novamente utilizar nossa montagem usual
- Coletar os dados via Simulink
- E tratá-los via Matlab

# Função respfreq



Gerar pontos com espaçamento logarítimo:

$$y = \text{logspace}(a, b, n)$$

Isso gera n pontos de forma logarítmica de  $10^a$  até  $10^b$ .

Exemplo: de 0,2 a 20 com 10 pontos:

$$w\_vet = \text{logspace}(\log_{10}(2e-1), \log_{10}(20), 10)$$

# Função respfreq

O programa mantém automaticamente as seguintes variáveis no espaço de trabalho do Matlab, correspondentes aos pontos coletados e exibidos no painel de Gerenciamento:

`wdata` = vetor de frequências angulares em rad/s;

`Gdata` = vetor de ganhos em dB correspondente a `wdata`;

`Fdata` = vetor de fases em graus correspondente a `wdata`.

# Função respfreq

Adicionalmente um arquivo `respfreq_data.mat` (no formato binário padrão do Matlab) é criado no diretório corrente com as variáveis acima. Ele pode ser carregado a qualquer momento com o comando

```
>> load respfreq_data.mat
```

OBS. Ao iniciar, o programa `respfreq` carrega o arquivo `respfreq_data.mat` caso ele exista. Com isso, pontos levantados anteriormente ficam disponíveis nas variáveis acima e no painel de **Gerenciamento**. Caso isso não seja desejável, exclua os pontos manualmente, apague o arquivo ou mude seu nome.

# Atividades

- Obter a resposta em frequência do servo utilizando o gerador de funções da bancada.
  - Qual a amplitude do sinal de teste?
    - Sugestão: 4V e 2V
  - Qual a faixa de frequências a ser considerada?
    - Dica: obtenha o diagrama de bode do modelo revisado na Exp. 2.
  - Quantos pontos de frequência devem ser considerados?
    - Sugestão: 20 pontos. Note que a escala é logarítmica.

# Atividades

- Utilize o programa respfreq para obter a resposta em frequência considerando 4V e, depois 2V.
  - Procure sempre salvar os resultados.
  - Utilize a função `bodefit` para a melhor função de transferência de primeira ordem, segundo o critério de erro médio quadrático mínimo, que se adeque aos pontos medidos.
- ```
[KKt,T]=bodefit(w_vet,A_planta,Phi_planta);
```

# Apresentação de resultados

- Deve-se apresentar, no início da Exp. 4, o gráfico da resposta em frequência obtido (módulo e fase).
- Deve-se apresentar a função de transferência ajustada.
- Não é possível levantar a resposta em frequência (pelo menos como definida aqui) tomando como saída a tensão no potenciômetro . Explique o porquê.