



164887 - Laboratório de Controle Digital

CDigPrj3 – Terceiro Projeto

Rejeição de Perturbações Senoidais

1. Objetivo:

Projetar um controlador no espaço de estados com canal integral e observador de perturbações senoidais. Verificar em simulação se a saturação do atuador não prejudica as especificações de projeto. Verificar experimentalmente a rejeição de perturbações constantes e senoidais.

2. Resultado Esperado:

Mostrar na tela do PC, em tempo real, a referência, saída e sinal de controle para o sistema com rejeição de perturbações constantes e senoidais.

3. Experimento Proposto:

- O experimento terá duração total de 30min.
- A referência é uma onda quadrada entre 40°C e 50°C, período 800seg.
- A partir de 600seg será acionado um ventilador gerando uma perturbação senoidal com nível DC. Período=64seg e amplitude PWM entre 256-1023 (evitando a zona morta do ventilador).

4. Especificações de Projeto:

- Sobrepasso ao sinal de referência em malha fechada $\leq 20\%$.
- Tempo de acomodação à referência projetado (2%) ≤ 200 seg.
- Rejeição de perturbações constantes e de perturbações senoidais (2%) ≤ 400 seg.
- Período de amostragem de 1seg.
- Resolução da temperatura $\leq 0,1^\circ\text{C}$.

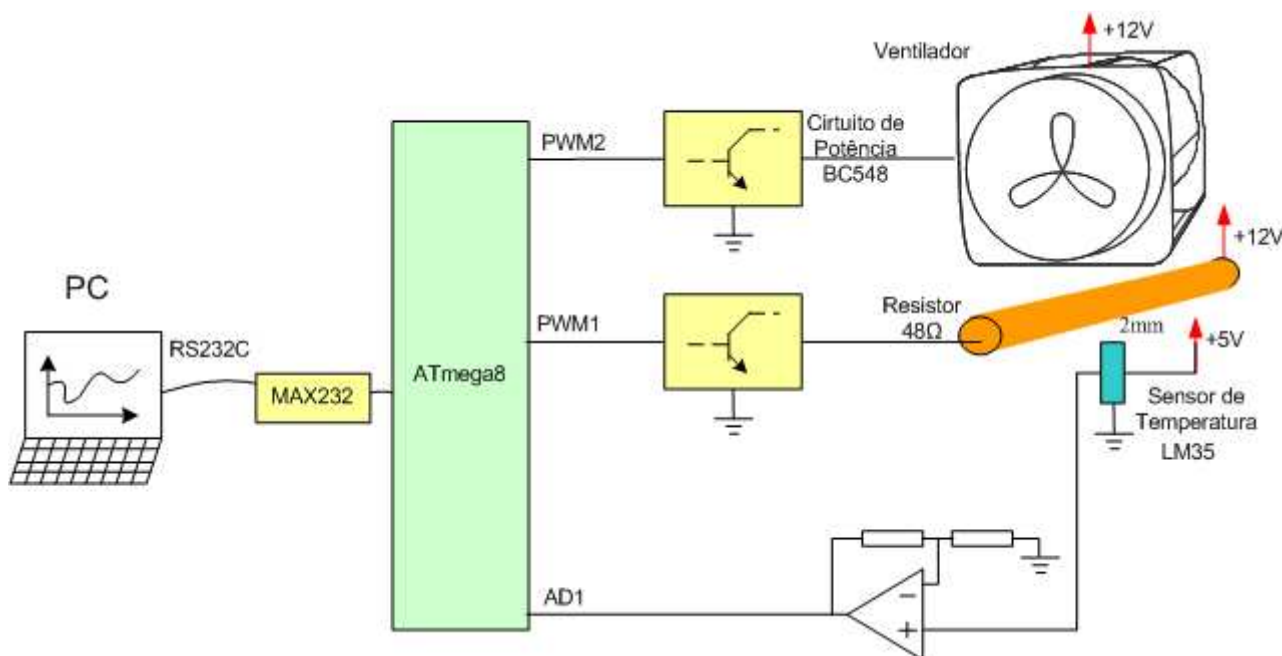
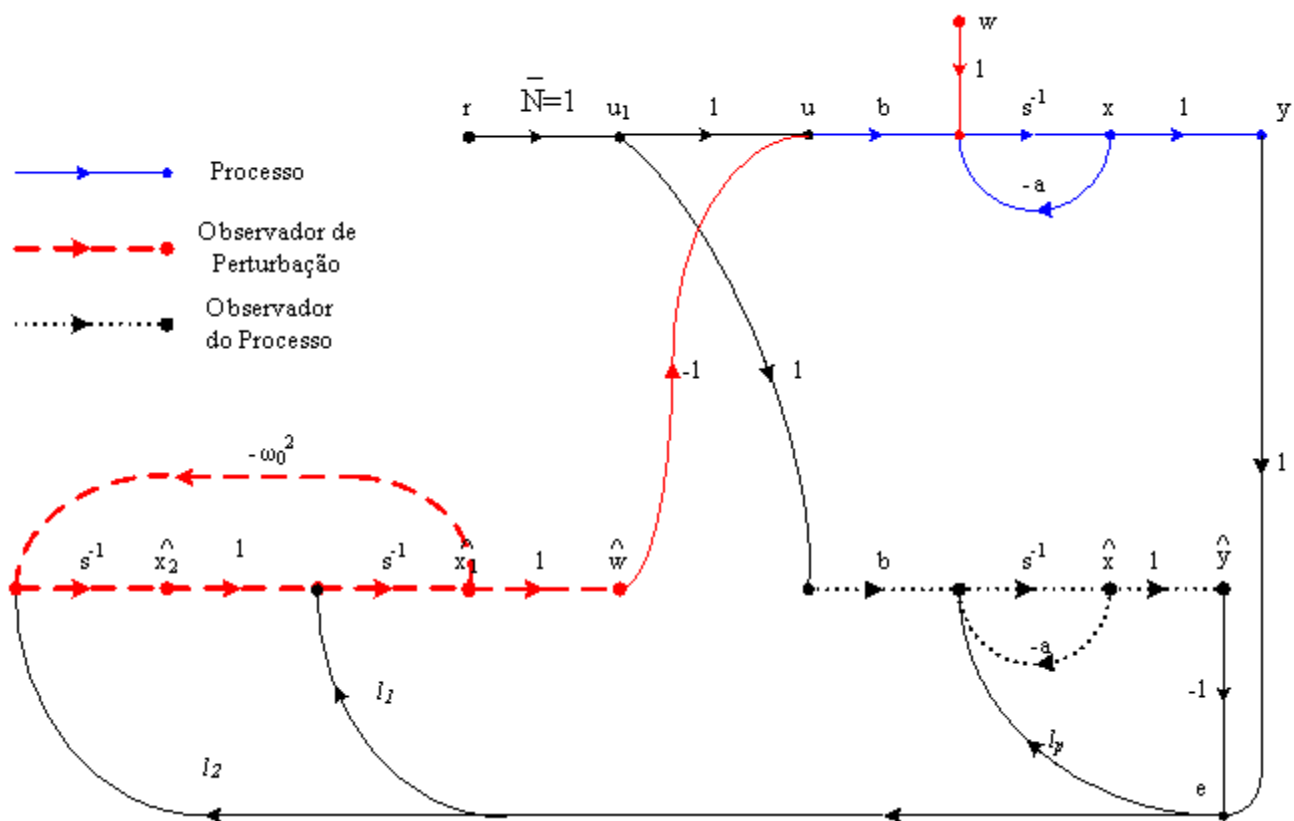
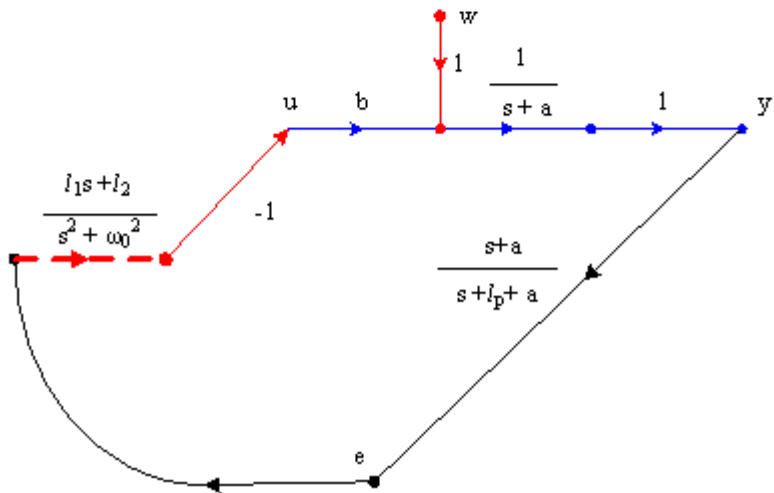
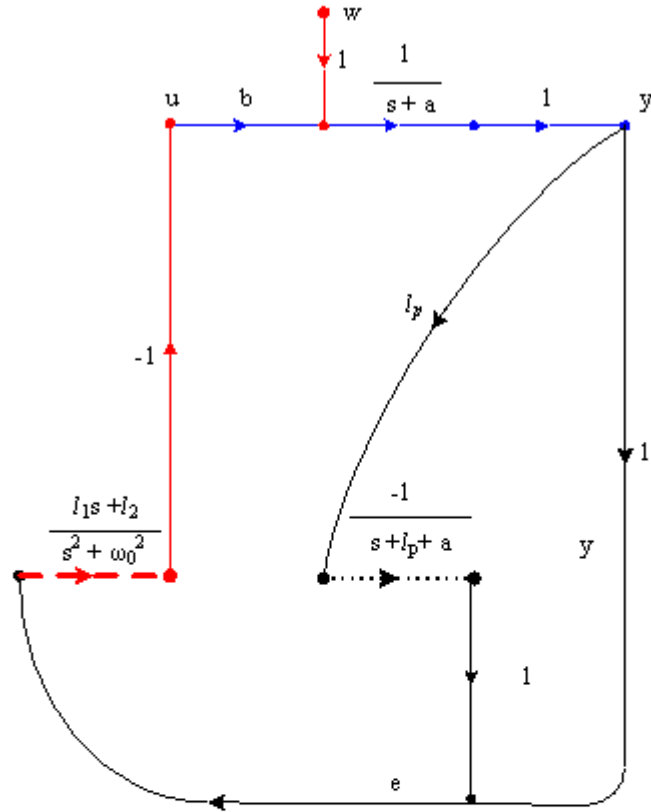


Figura 1 - Visão esquemática do experimento 3.



Associando os blocos:



Obtêm-se:

$$\frac{Y(s)}{W(s)} = \frac{(s^2 + \omega_0^2)(s + a + l_p)}{(s + a)[(s^2 + \omega_0^2)(s + a + l_p) + b(l_1s + l_2)]}$$

$$\frac{Y(s)}{W(s)} = \frac{(s^2 + \omega_0^2)(s + a + l_p)}{(s + a)[s^3 + (a + l_p)s^2 + (\omega_0^2 + bl_1)s + (a + l_p)\omega_0^2 + bl_2]}$$

$$\Delta(s) = (s + a)[s^3 + \Delta_2s^2 + \Delta_1s + \Delta_0]$$

Equação característica desejada para o observador completo é: $\Delta(s) = (s + a)[s^3 + \Delta_2s^2 + \Delta_1s + \Delta_0]$

$$\Delta'(s) = s^3 + \Delta_2s^2 + \Delta_1s + \Delta_0 = s^3 + (p_1 + p_2 + p_3)s^2 + (p_1p_2 + p_2p_3 + p_1p_3)s + p_1p_2p_3$$

Onde p_1, p_2 e p_3 representam os dois pólos do observador de perturbações senoidais e o pólo do observador do processo.

$$p_1 + p_2 + p_3 = a + l_p$$

$$p_1 p_2 + p_2 p_3 + p_1 p_3 = \omega_0^2 + b l_1$$

$$p_1 p_2 p_3 = (a + l_p) \omega_0^2 + b l_2$$

Alternativamente pode-se resolver

$$\Delta_2 = a + l_p$$

$$\Delta_1 = \omega_0^2 + b l_1$$

$$\Delta_0 = (a + l_p) \omega_0^2 + b l_2$$

para obter l_p e l_1 e l_2 .

Obs: A escolha de $l_1 = 0$ não altera significativamente a posição dos pólos do observador.

5.4. Projetar o controlador no espaço de estados com canal integral para atender às especificações de sobrepasso e tempo de acomodação.

```
pcl=...; p2=...;
```

```
k=...;
```

```
Ki=...;
```

```
%Cancelamento de um dos pólos, para não aumentar a ordem do sistema.
```

```
Nb=Ki/pcl;
```

5.5. Simular o processo considerando perturbação e saturação do atuador.

Verificar que o atuador não esteja saturado por mais de alguns segundos (senão seria necessário utilizar *anti-windup*).

5.6. Refinamento do projeto, caso necessário.

6. Verificação experimental:

6.1. Implementar o controlador contínuo via RS232C no simulink.

6.2. O microcontrolador (PIC/AVR) apenas recebe u e escreve no PWM. Lê o valor de temperatura e o escreve na RS232C.

6.3. Refinamento do projeto, caso necessário.

7. Relatório:

Incluir no relatório o projeto, simulações, circuito implementado, código fonte e resultados experimentais.

8. Resultados Típicos:

Controle Espaço de Estados com Canal Integral e Observador de Perturbações Senoidais

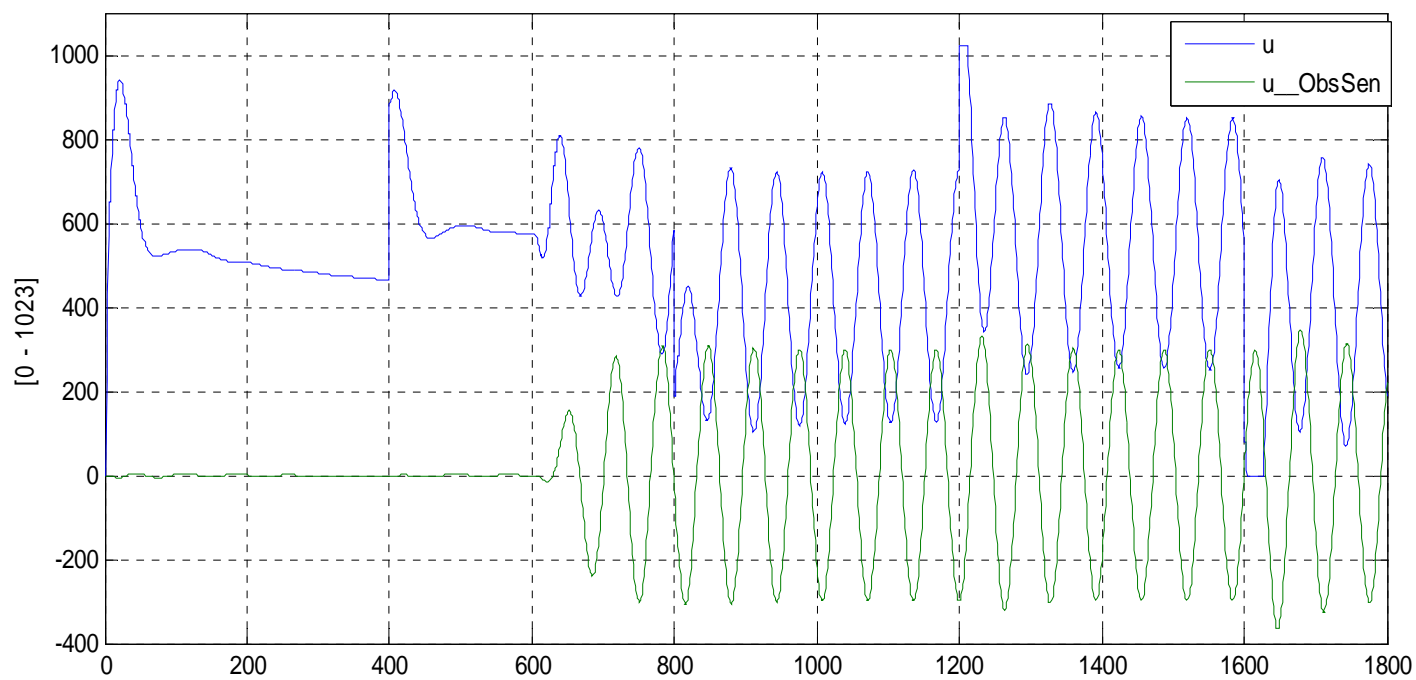
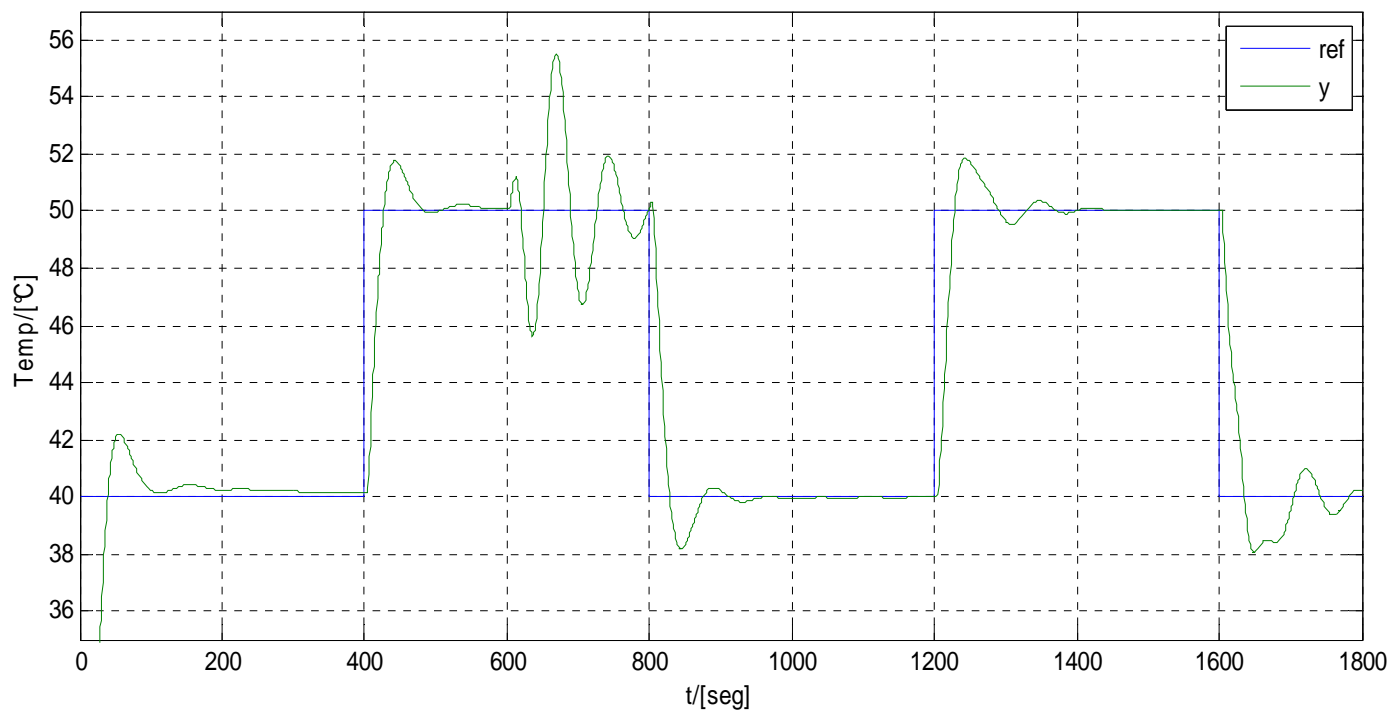


Figura 3 – Resultado de simulação típico da rejeição de perturbações senoidais.

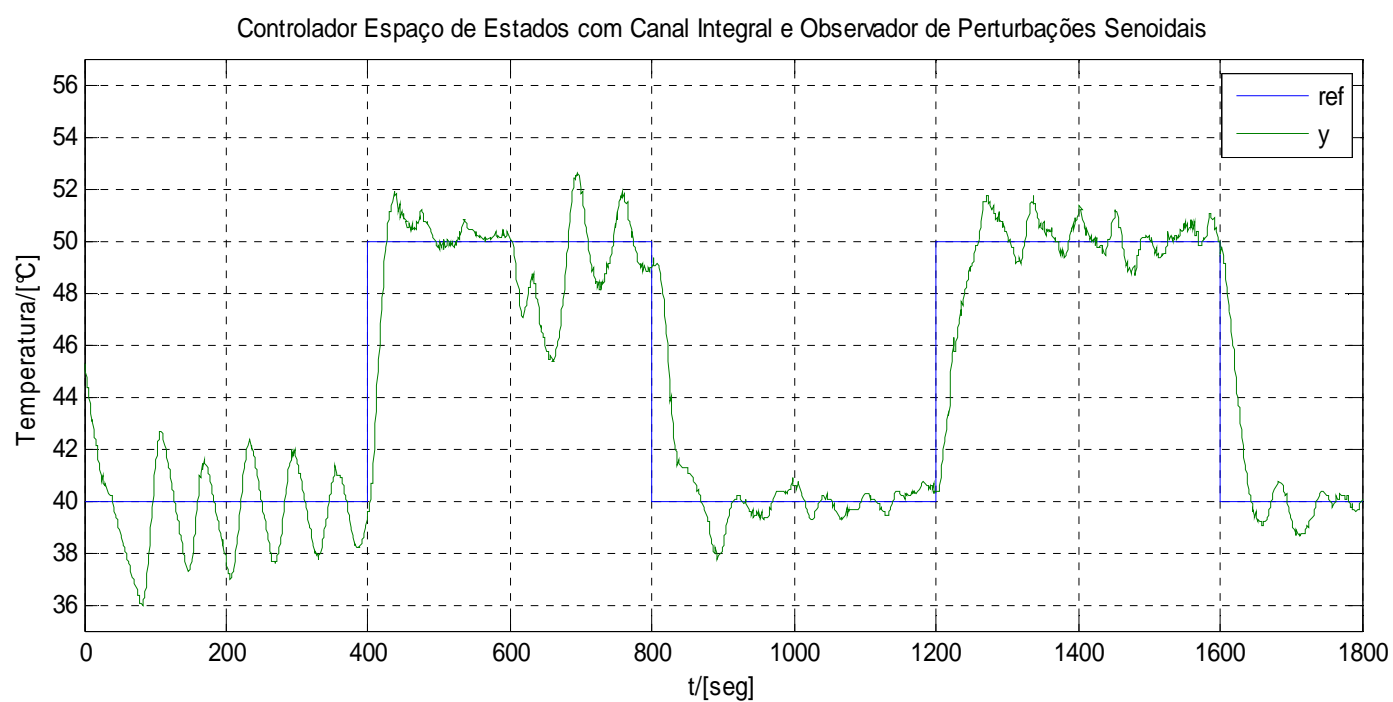
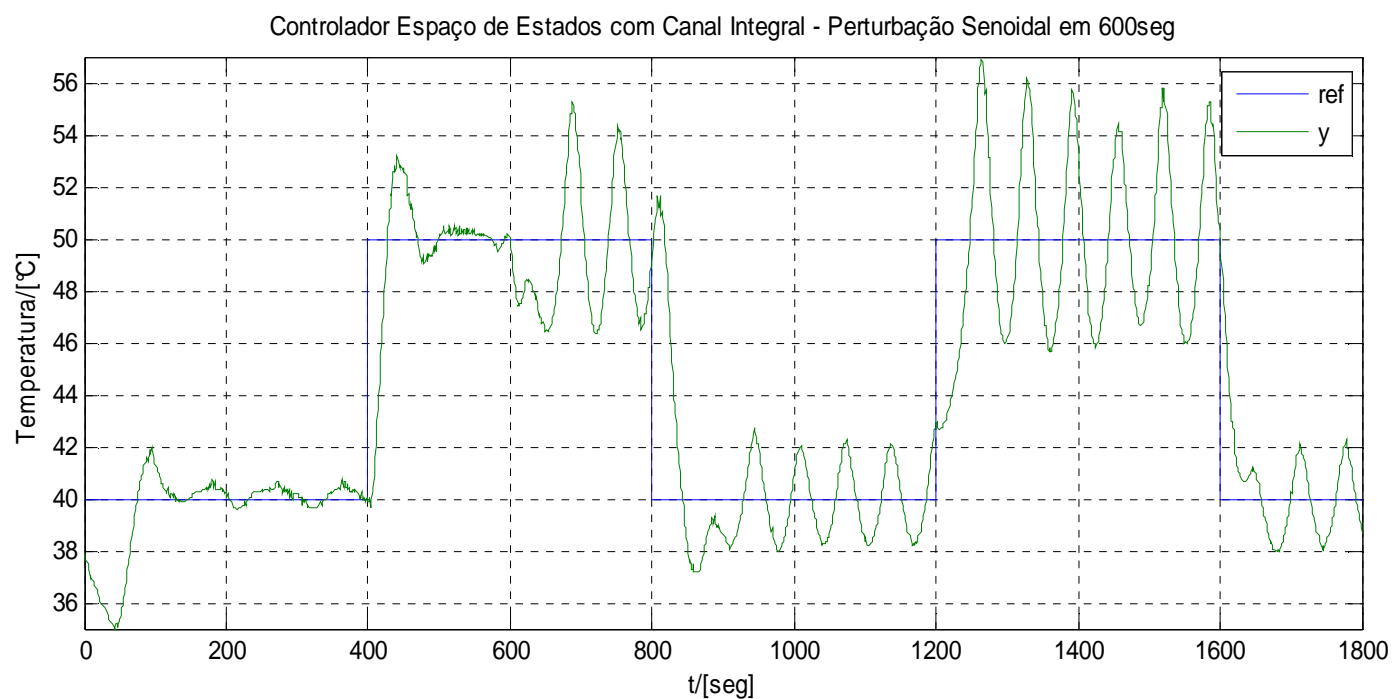


Figura 4 – Resultado experimental típico da rejeição de perturbações senoidais.