



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

ES828 - Laboratório de Controle de Sistemas

Relatório - Experimento 5

Controle de plantas eletrônicas utilizando um
controlador atraso-avanço digital

Nome:

Daniel Dello Russo Oliveira

Marcelli Tiemi Kian

RA

101918

117892

22 de abril de 2015

1 Objetivos

O objetivo desse experimento é a familiarização com o projeto e implementação de controladores Atraso-Avanço, que atendam a requisitos pré-especificados, utilizando técnicas de controle no domínio da frequência.

2 Projeto do Controlador Atraso-Avanço

Consideramos a planta cuja função de transferência é representada pela equação 1, que foi obtida seguindo o método apresentado no experimento 2 [2], consideramos também os controladores Avanço-Atraso projetados no pré relatório do experimento 5 [5], cuja função vemos na equação 2 e os parâmetros numéricos na tabela 2.

$$G(s) = \frac{\kappa_1 * \kappa_2 * \kappa_3 * \kappa_4}{(s * \tau_2 + 1)(s * \tau_3 + 1)s} \quad (1)$$

Tabela 1: Parâmetros numéricos da função de transferência

| Componente | Valor |
|------------|---------|
| κ_1 | -0.1005 |
| κ_2 | -2.1508 |
| κ_3 | -4.6448 |
| κ_4 | -5.6307 |
| τ_2 | 0.0210 |
| τ_3 | 0.0244 |

$$C(s) = \kappa \frac{\alpha_v \tau_v s + 1}{\tau_v s + 1} \frac{\alpha_t \tau_t s + 1}{\tau_t s + 1} \quad (2)$$

Tabela 2: Parâmetros numéricos da função de transferência dos controladores Avanço-Atraso

| Parâmetro | Controlador 1 $M_d = 45^\circ$ | Controlador 2 $M_d = 50^\circ$ | Controlador 3 $M_d = 55^\circ$ |
|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| κ | 8.8445 | 8.8445 | 8.8445 |
| α_v | 2.7251 | 3.3345 | 4.1279 |
| τ_v | 0.0257 | 0.0250 | 0.0243 |
| α_t | 0.3670 | 0.2999 | 0.2423 |
| τ_t | 1.9108 | 2.7768 | 4.1334 |

3 Análise dos Resultados

Seguindo a metodologia descrita no roteiro [1], implementamos o sistema planta-controlador digital e medimos sua resposta a uma onda quadrada de amplitude de $1V$ e frequência de $0.25Hz$ com o auxílio do LabView e da plataforma de desenvolvimento Elvis. Para cada controlador (projetados para apresentar margem de fase de 45° , 50° e 55° respectivamente) podemos ver as características das suas resposta nas figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

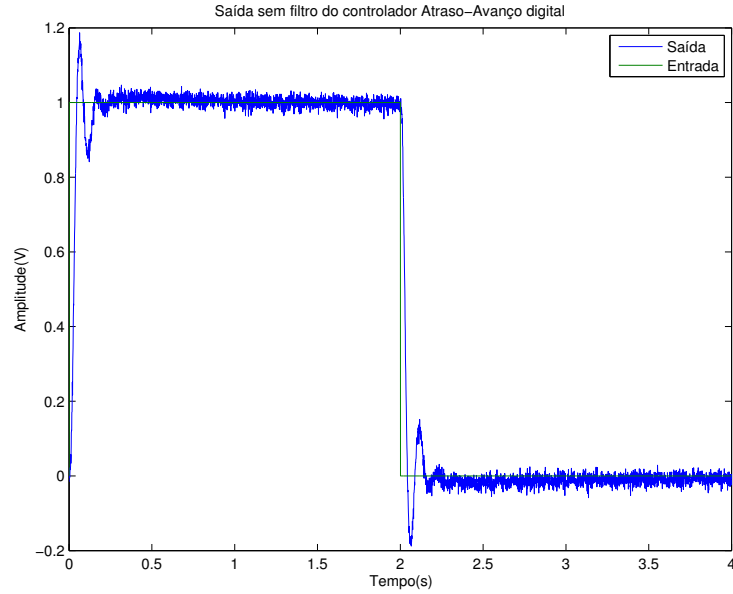


Figura 1: Resposta do controlador Avanço-Atraso 1 para onda quadrada

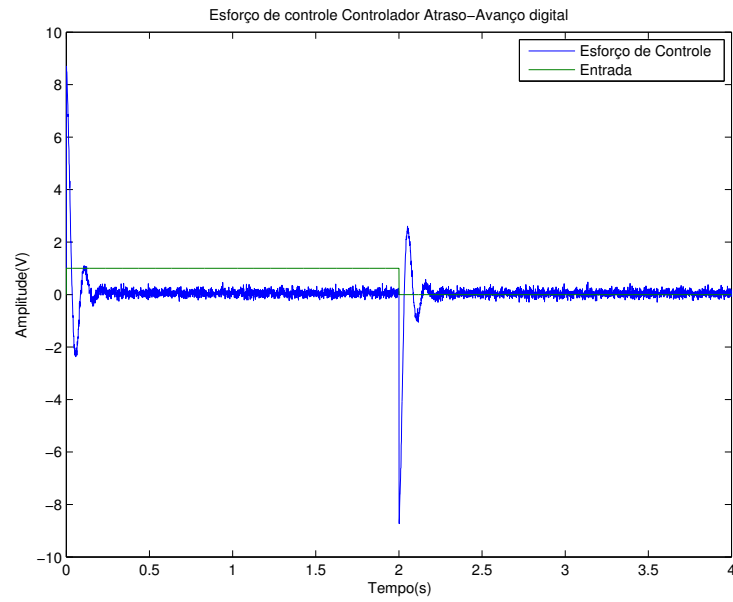


Figura 2: Esforço de controle do controlador Avanço-Atraso 1 para onda quadrada

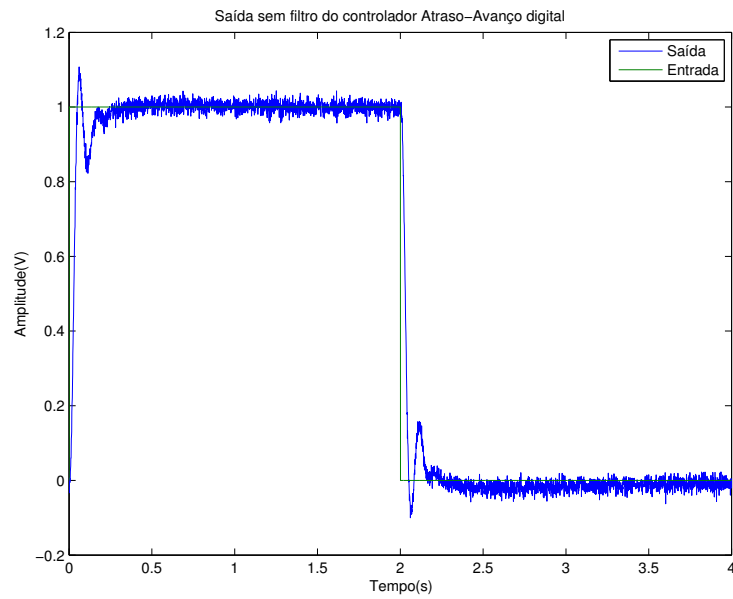


Figura 3: Resposta do controlador Avanço-Atraso 2 para onda quadrada

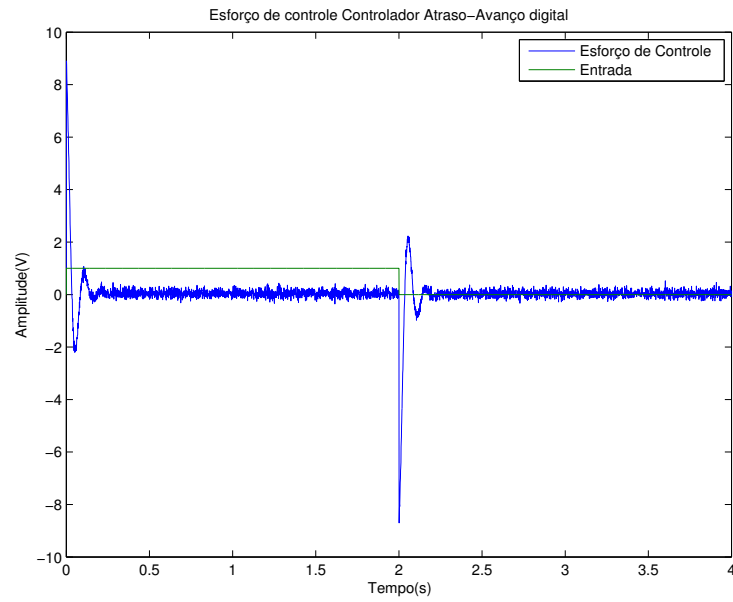


Figura 4: Esforço de controle do controlador Avanço-Atraso 2 para onda quadrada

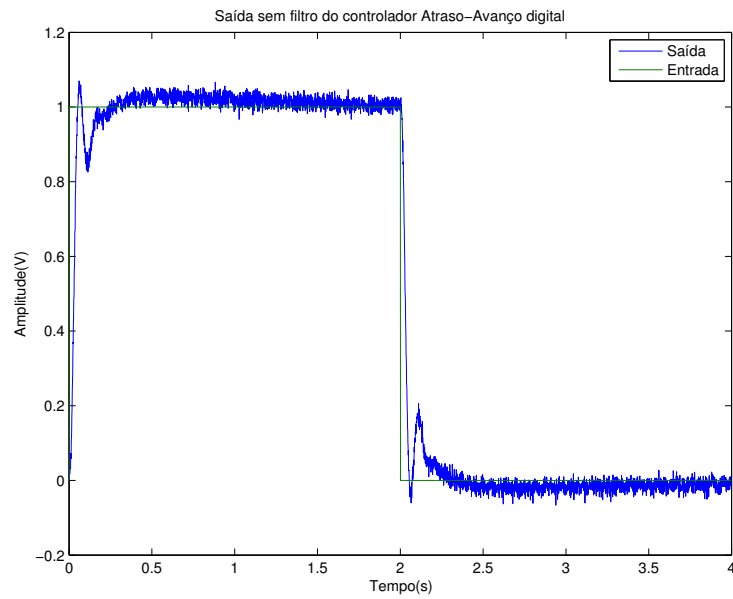


Figura 5: Resposta do controlador Avanço-Atraso 3 para onda quadrada

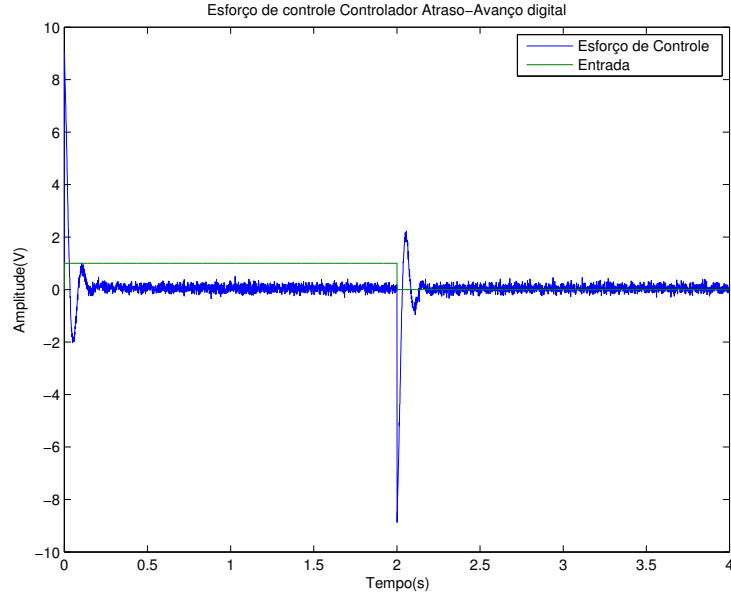


Figura 6: Esforço de controle do controlador Avanço-Atraso 3 para onda quadrada

É notável que o esforço de controle apresenta um pico no momento das transições, porém o mesmo se mantém dentro dos 10V aceitáveis. Com o auxílio da função *stepinfo* do Matlab obtivemos alguns indicadores de desempenho para esses controladores, após filtrar a saída para eliminar os ruídos, que estão apresentados na tabela 3

Tabela 3: Características da resposta dos controladores Avanço-Atraso Digitais

| Características | Controlador 1 $M_d = 45^\circ$ | Controlador 2 $M_d = 50^\circ$ | Controlador 3 $M_d = 55^\circ$ |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Sobrelevação | 15.2890% | 7.9620% | 4.8429% |
| Tempo de estabilização | 0.1569s | 0.2576s | 1.2578s |
| Tempo de subida | 0.0294s | 0.0309s | 0.0328s |
| Erro estacionário (degrau) | 0V | 0V | 0.004V |

Como podemos ver, ao aumentar a margem de fase desejada, nós diminuimos a sobrelevação (que sempre está abaixo dos 20% desejados), porém também diminuimos a velocidade de resposta do sistema.

4 Comparação com a Resposta Simulada

Durante as simulações realizadas para o pré roteiro [5] nós encontramos os valores apresentados na tabela 4.

Tabela 4: Características da resposta dos controladores Avanço-Atraso Simulados

| Características | Controlador 1 $M_d = 45^\circ$ | Controlador 2 $M_d = 50^\circ$ | Controlador 3 $M_d = 55^\circ$ |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Sobrelevação | 12.3698% | 4.0867% | 3.4618% |
| Tempo de estabilização | 0.7454s | 1.0142s | 1.3472s |
| Tempo de subida | 0.0503s | 0.0553s | 0.0628s |
| Erro estacionário (degrau) | 0.3% | 0.6% | 1% |
| Erro estacionário (rampa) | 2% | 2.5% | 3% |

Os controladores simulados apresentam um desempenho relativamente pior do que o implementado, seu tempo de estabilização é bem maior, e a diferença entre as sobrelevações não é tão grande. Essas diferenças são mais notáveis ao comparar as duas respostas (após filtrar a saída do sistema físico) como mostrado nas figuras 7, 8 e 9.

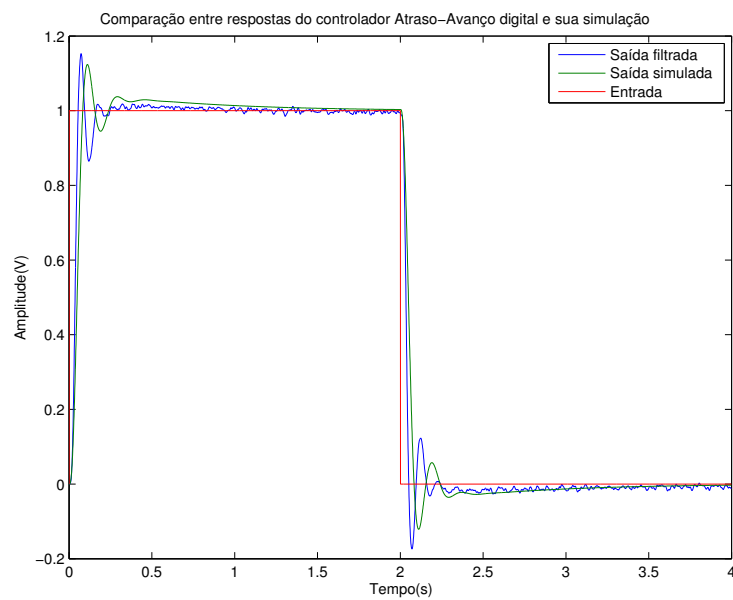


Figura 7: Respostas dos controladores Avanço-Atraso 1 físico e simulado para onda quadrada

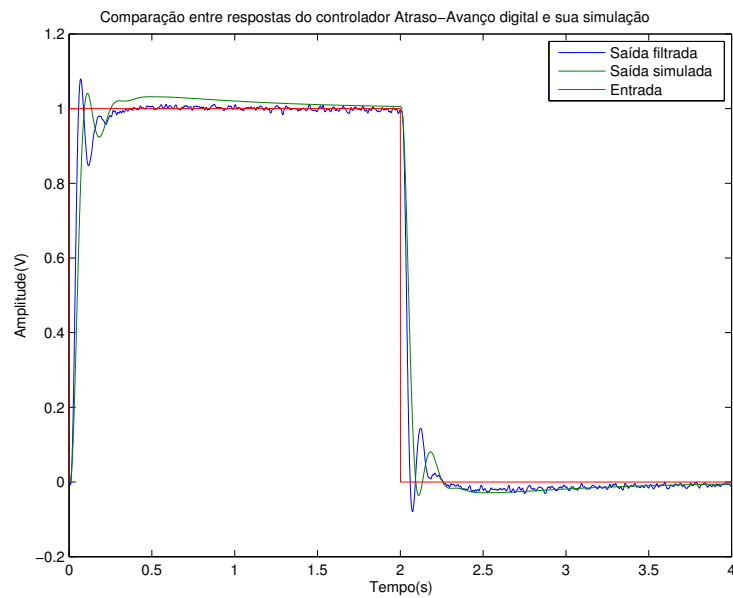


Figura 8: Respostas dos controladores Avanço-Atraso 2 físico e simulado para onda quadrada

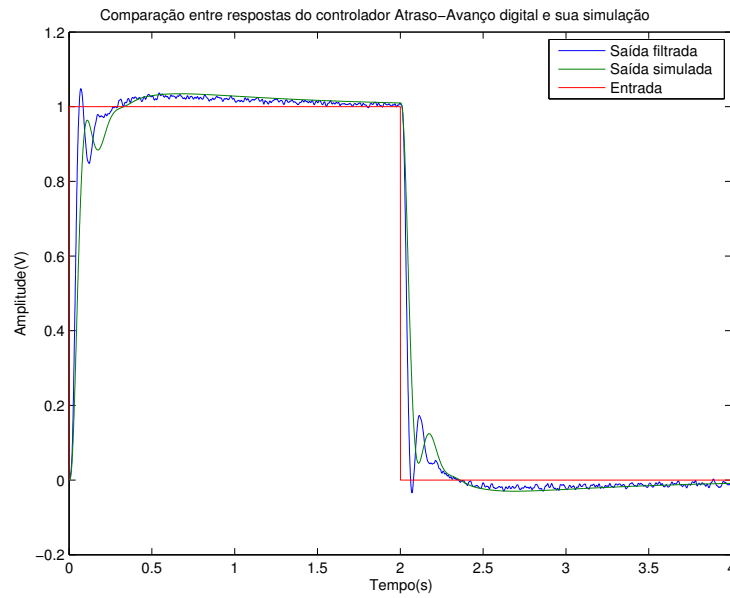


Figura 9: Respostas dos controladores Avanço-Atraso 3 físico e simulado para onda quadrada

Acreditamos que essas diferenças se dão, em grande parte, do fato da planta calculada diferir da planta física.

Podemos ver também que os esforços de controle dos dois controladores são bastante semelhantes, como pode ser visto nas figuras 10, 11 e 12.

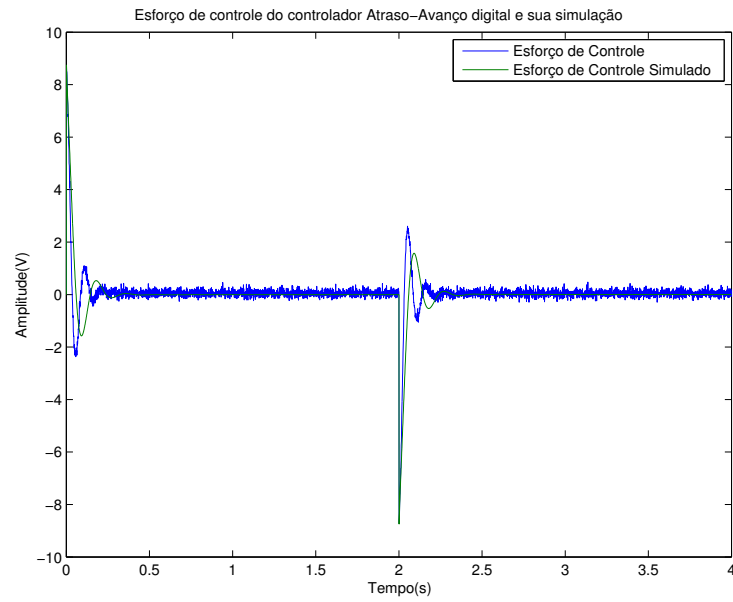


Figura 10: Esforços de controle dos controladores Avanço-Atraso 1 físico e simulado para onda quadrada

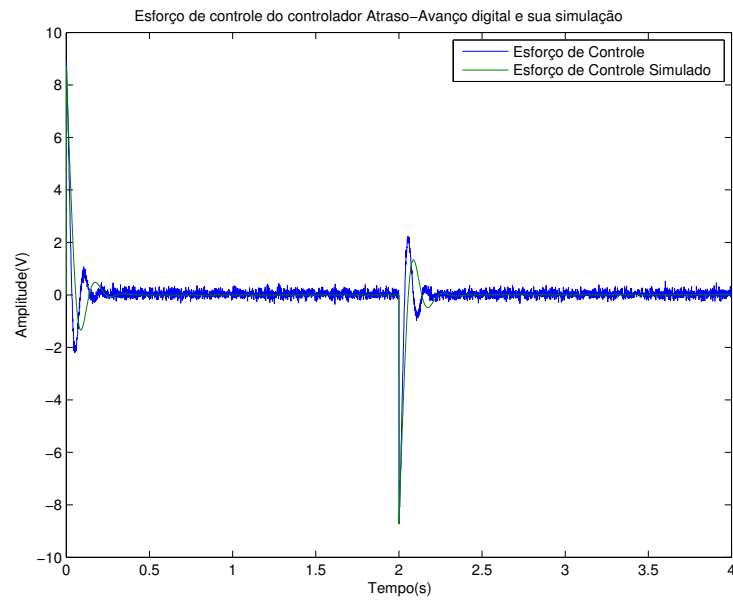


Figura 11: Esforços de controle dos controladores Avanço-Atraso 2 físico e simulado para onda quadrada

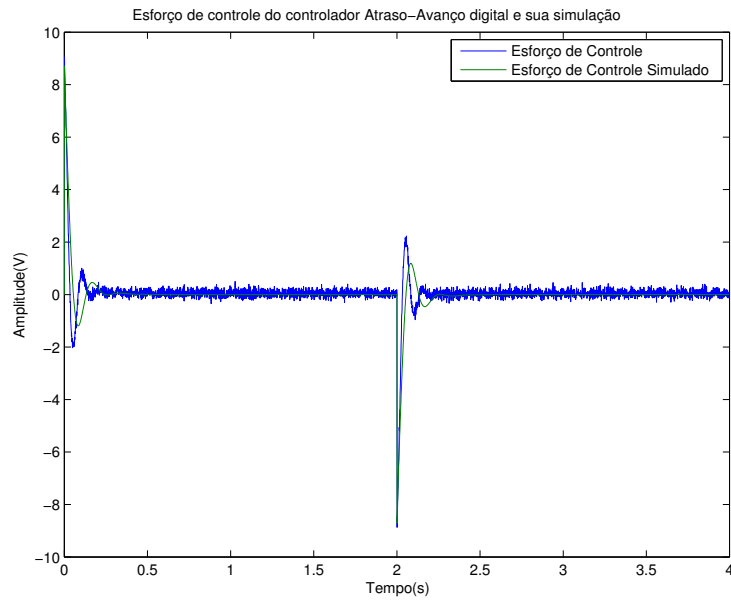


Figura 12: Esforços de controle dos controladores Avanço-Atraso 3 físico e simulado para onda quadrada

5 Comparação com outros Controladores

Por fim, mostramos na figura 13 uma comparação entre os resultados deste controlador analógico e os dos melhores controladores implementados nos relatórios anteriores: os controladores digitais proporcional com sobrelevação de 2% e PID projetado pelo método Ziegler-Nichols do experimento 3 [3] e o controlador PID analógico do experimento 4 [4].

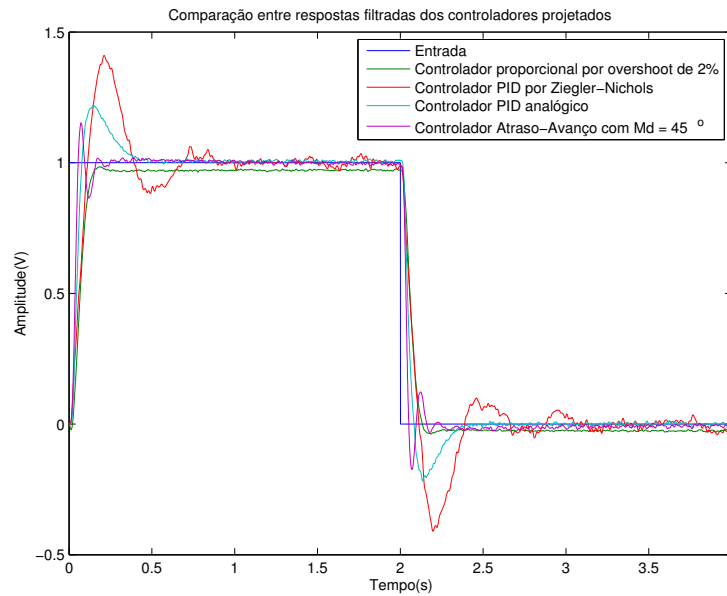


Figura 13: Comparação entre as respostas filtradas dos controladores para onda quadrada

A diferença em tempo de estabilização do controlador Avanço-Atraso é notável, apresentado a melhor resposta até agora. O único outro controlador que se aproxima do mesmo é o controlador proporcional projetado durante o experimento 3 [3], porém este apresenta um erro estacionário maior, especialmente quando a entrada é uma rampa.

6 Referências

- [1] Roteiro do experimento disponibilizado para os alunos
- [2] KIAN, Marcelli; OLIVEIRA, Daniel. *Relatório - Experimento 2: Identificação de plantas eletrônicas.*
- [3] KIAN, Marcelli; OLIVEIRA, Daniel. *Relatório - Experimento 3: Controle de plantas eletrônicas utilizando um controlador PID digital.*
- [4] KIAN, Marcelli; OLIVEIRA, Daniel. *Relatório - Experimento 4: Controle de plantas eletrônicas utilizando um controlador PID analógico.*

- [5] KIAN, Marcelli; OLIVEIRA, Daniel. *Pré Relatório - Experimento 5: Controle de plantas eletrônicas utilizando um controlador atraso-avanço digital.*