

Pode-se observar uma melhora no desempenho do CSD quando este utiliza a adaptação em relação ao CSD com parâmetros constantes. O CSDA foi mais uniforme.

Os parâmetros estimados não chegam a coincidir com os parâmetros reais devido ao baixo nível de excitação do sistema e o ajuste conservador do algoritmo de estimação. Quando maior Σ_0 , menor é a sensibilidade do estimador frente a ruídos. Quando o processo é operado em laço fechado, deseja-se que o mesmo permaneça o mais próximo possível da referência, portanto, não são desejáveis altos níveis de excitação na planta. A utilização de Σ_0 pequeno favorece o *estimator windup* e isto pode desestabilizar o controlador.

7.3.1.c MPC com parâmetros constantes e restrições (MPCPCR-TAV-S)

Como em 7.3.1.a, foram realizadas duas simulações: uma aplicando os parâmetros do tanque com menor diâmetro e outra com os parâmetros do tanque de maior diâmetro.

- Primeira simulação:

Tabela 7.8: Parâmetros utilizados no MPCPCR na primeira simulação (MPCPCR-TAV-S)

Parâmetro	Valor
K	38,72 cm/mA
τ	6,05 s
M	5
P	30
Q	1
R	1500
$U_{\min}$	9,7 mA
$U_{\max}$	14 mA
$\Delta U_{\max}$	1 mA
Δt	1 s

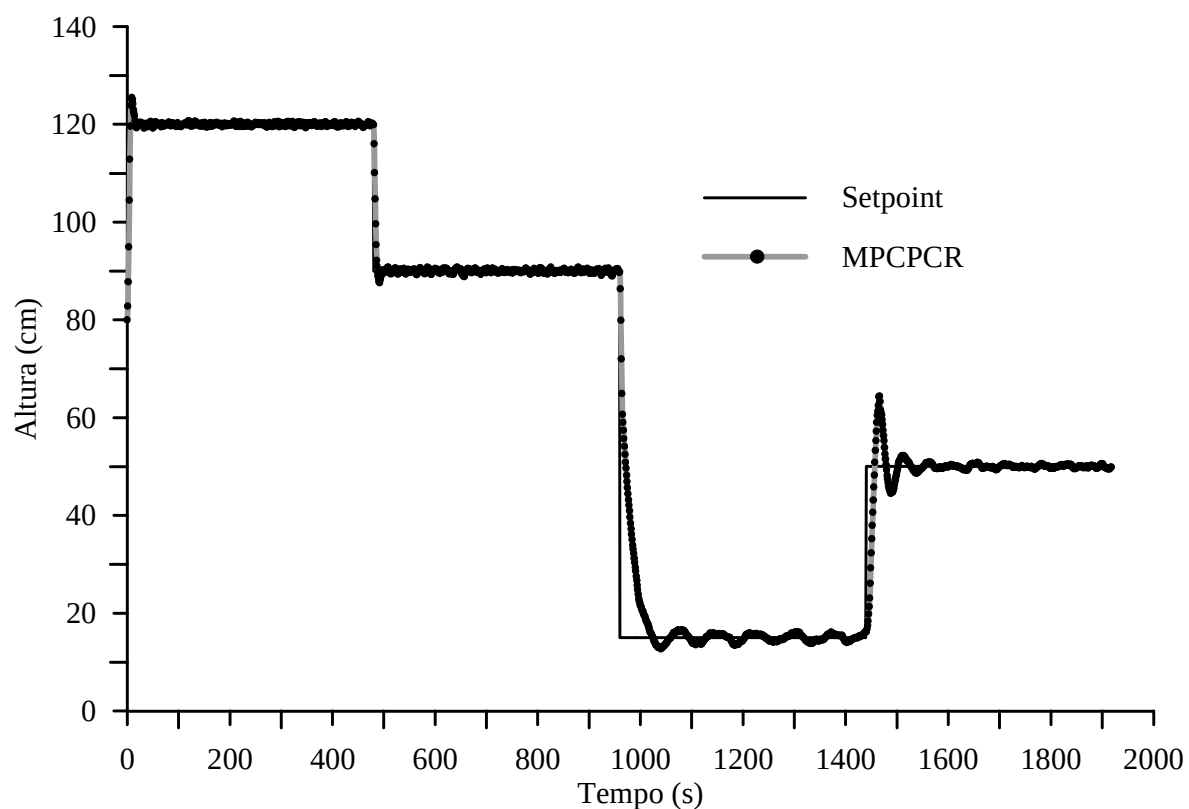


Figura 7.48: Desempenho do MPCPCR na primeira simulação (MPCPCR-TAV-S)

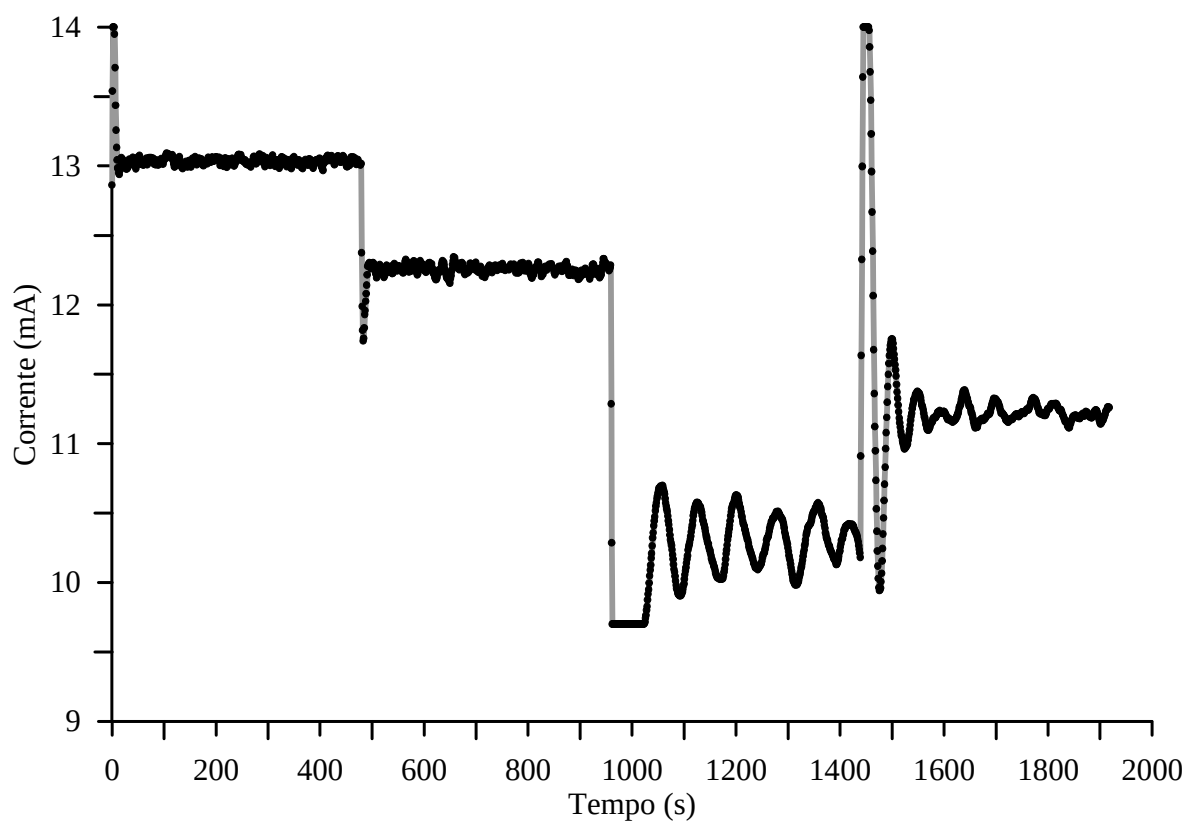


Figura 7.49: Ações de controle do MPCPCR na primeira simulação (MPCPCR-TAV-S)

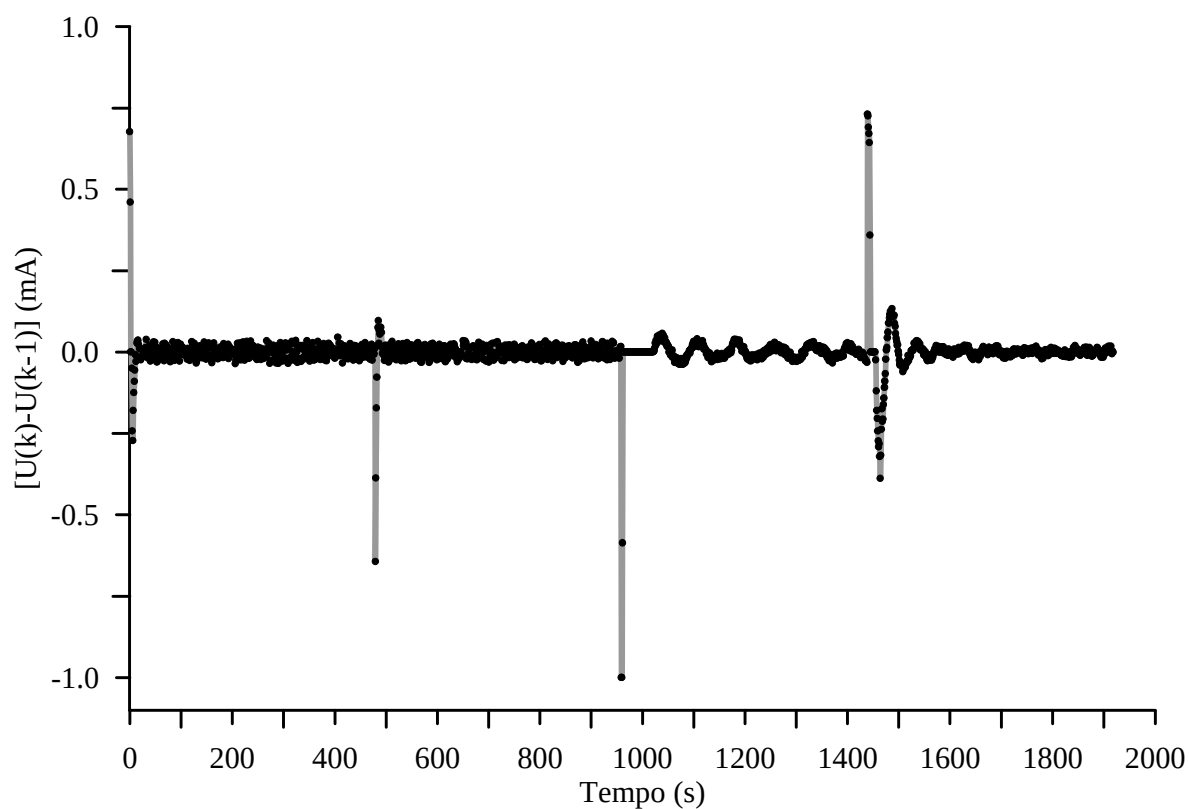


Figura 7.50: Variações das ações de controle do MPCPCR na primeira simulação (MPCPCR-TAV-S)

- Segunda simulação:

Tabela 7.9: Parâmetros utilizados pelo MPCPCR na segunda simulação (MPCPCR-TAV-S)

Parâmetro	Valor
K	38,72 cm/mA
τ	96,90 s
M	5
P	30
Q	1
R	1500
$U_{\min}$	9,7 mA
$U_{\max}$	14 mA
$\Delta U_{\max}$	1 mA
Δt	1 s

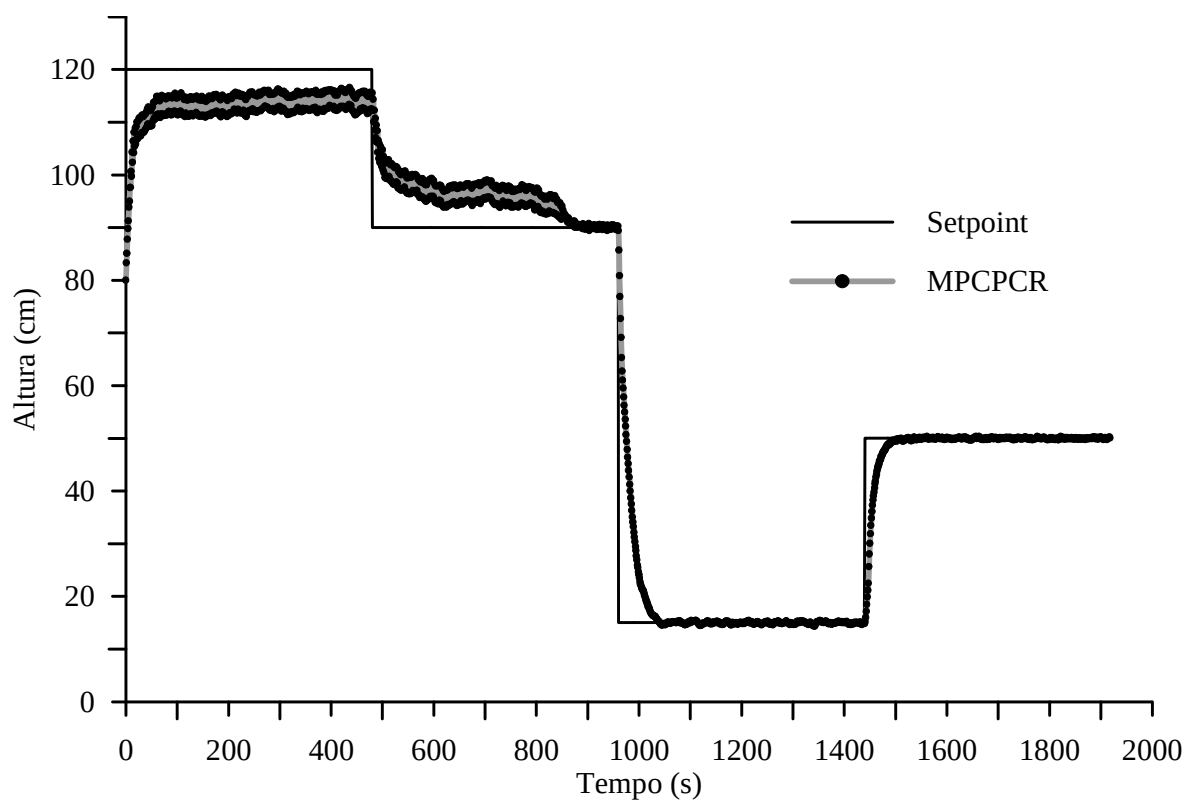


Figura 7.51: Desempenho do MPCPCR na segunda simulação (MPCPCR-TAV-S)

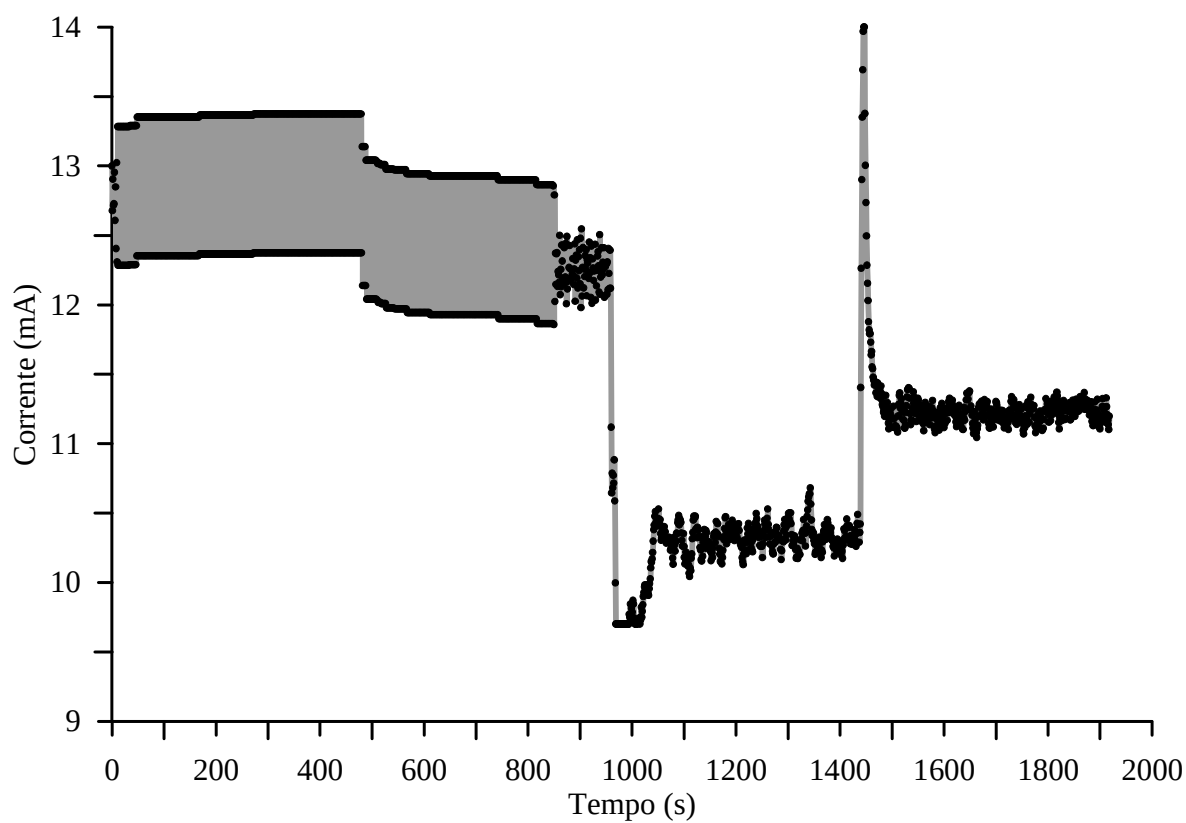


Figura 7.52: Ações de controle do MPCPCR na segunda simulação (MPCPCR-TAV-S)

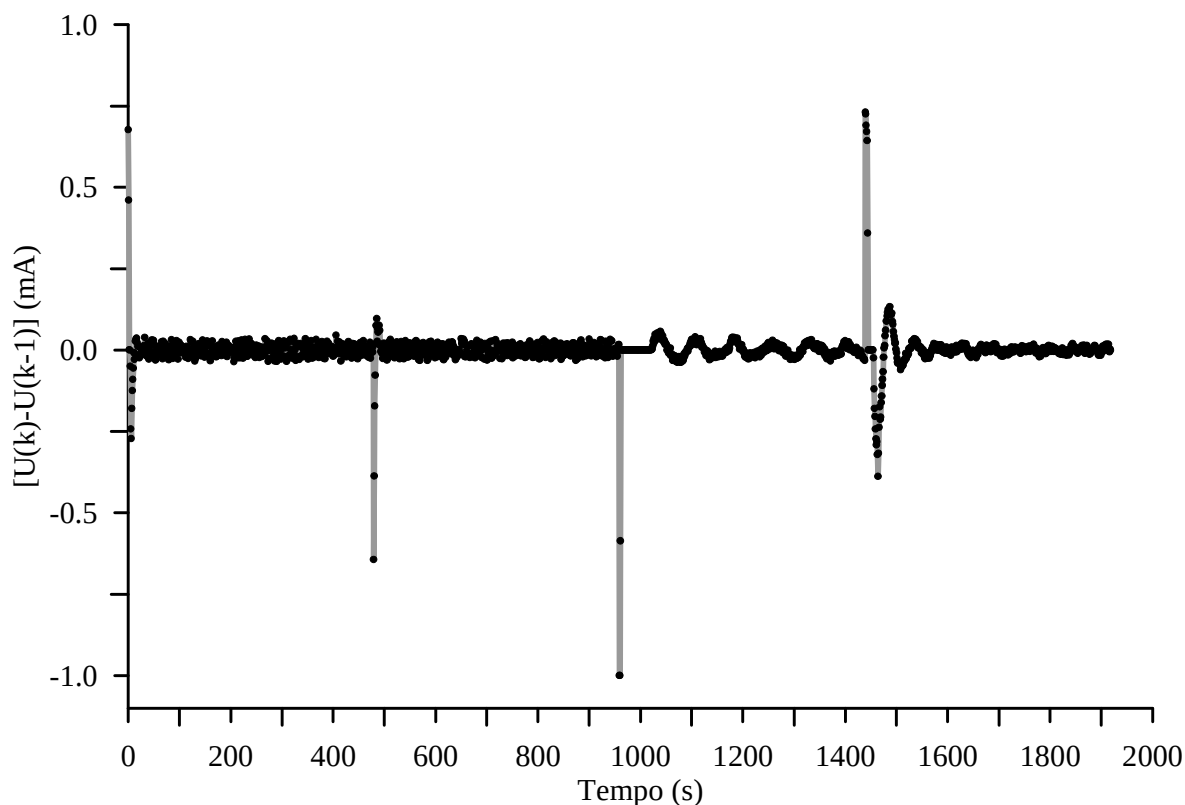


Figura 7.53: Variações das ações de controle do MPCPCR na segunda simulação (MPCPCR-TAV-S)

Como em 7.3.1.a o controlador que foi ajustado para a região superior não tem bom desempenho na região inferior, e vice-versa. Observa-se na Figura 7.48 que o controlador teve bom desempenho na parte superior, entretanto na parte inferior apresentou oscilações e *overshoot*. Nas Figuras 7.51 e 7.52 nota-se que o controlador não foi estável nas seções superiores mas teve bom desempenho nas seções inferiores.

7.3.1.d MPC com adaptação e restrições (MPCAR-TAV-S)

Foram utilizados os seguintes parâmetros:

Tabela 7.10: Parâmetros utilizados no MPCAR (MPCAR-TAV-S)

Parâmetro	Valor
Σ_0	1
ξ	400
α	10000
M	5
P	30
Q	1
R	1500
$\Delta U_{\max}$	1
$U_{\min}$	9,7 mA
$U_{\max}$	10 mA
Δt	1 s

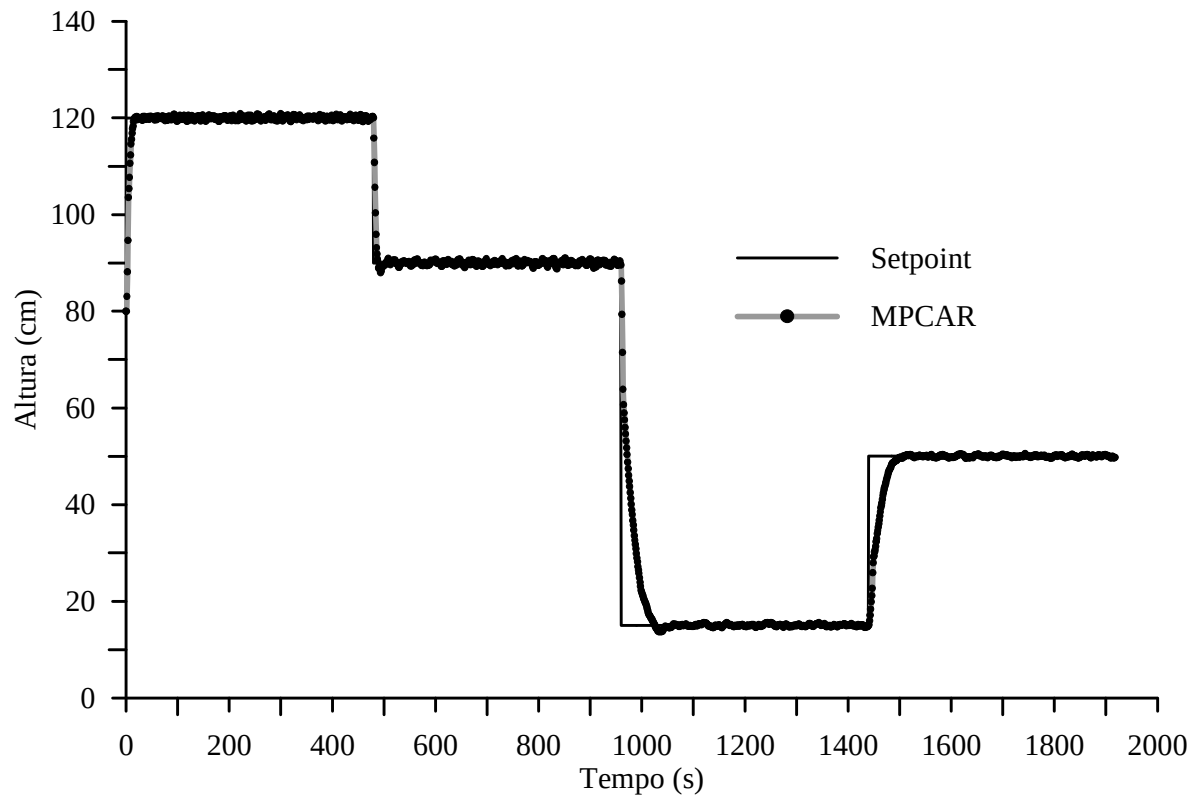


Figura 7.54: Desempenho do MPCAR (MPCAR-TAV-S)

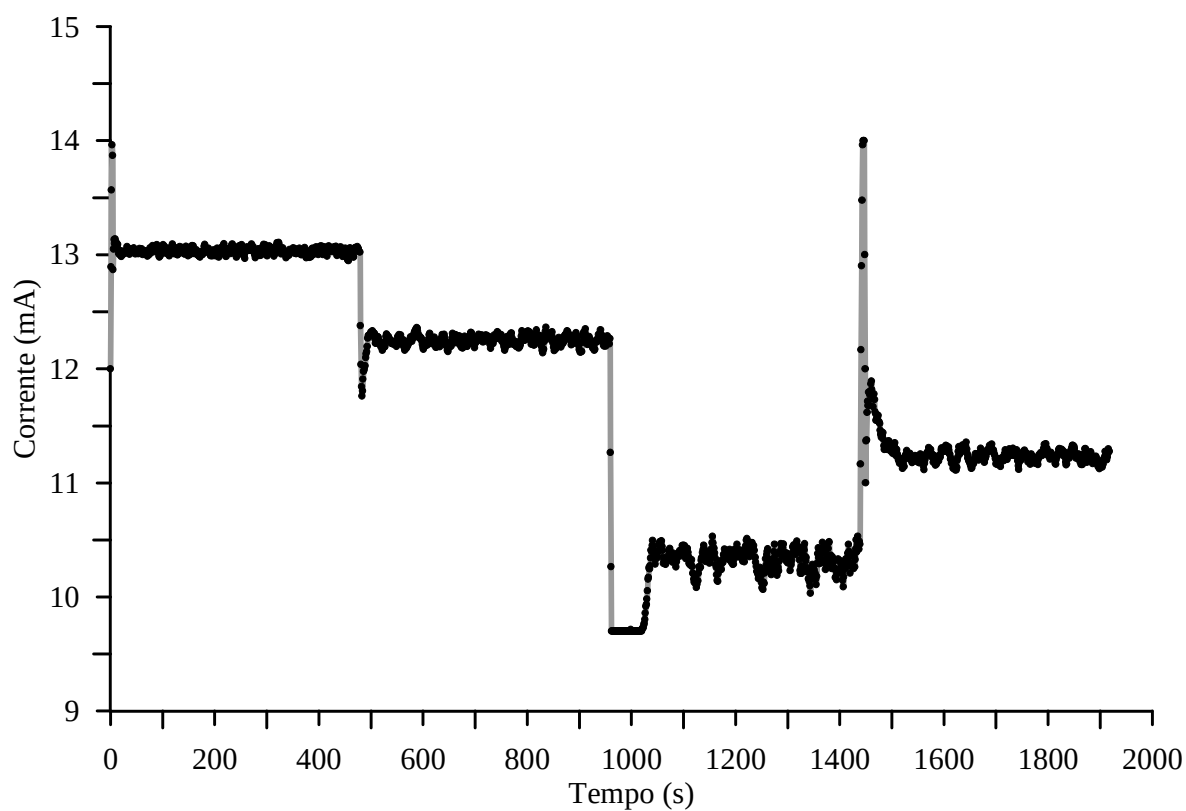


Figura 7.55: Ações de controle do MPCAR (MPCAR-TAV-S)

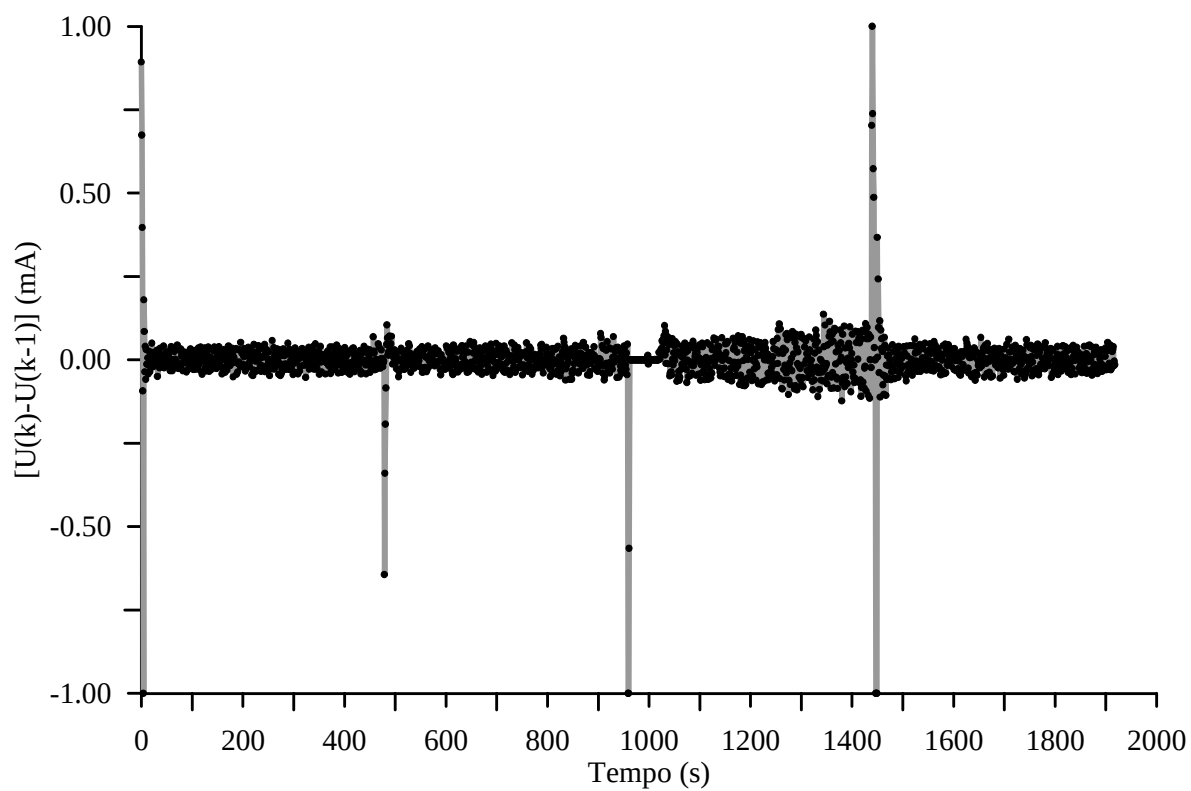


Figura 7.56: Variações das ações de controle do MPCAR (MPCAR-TAV-S)

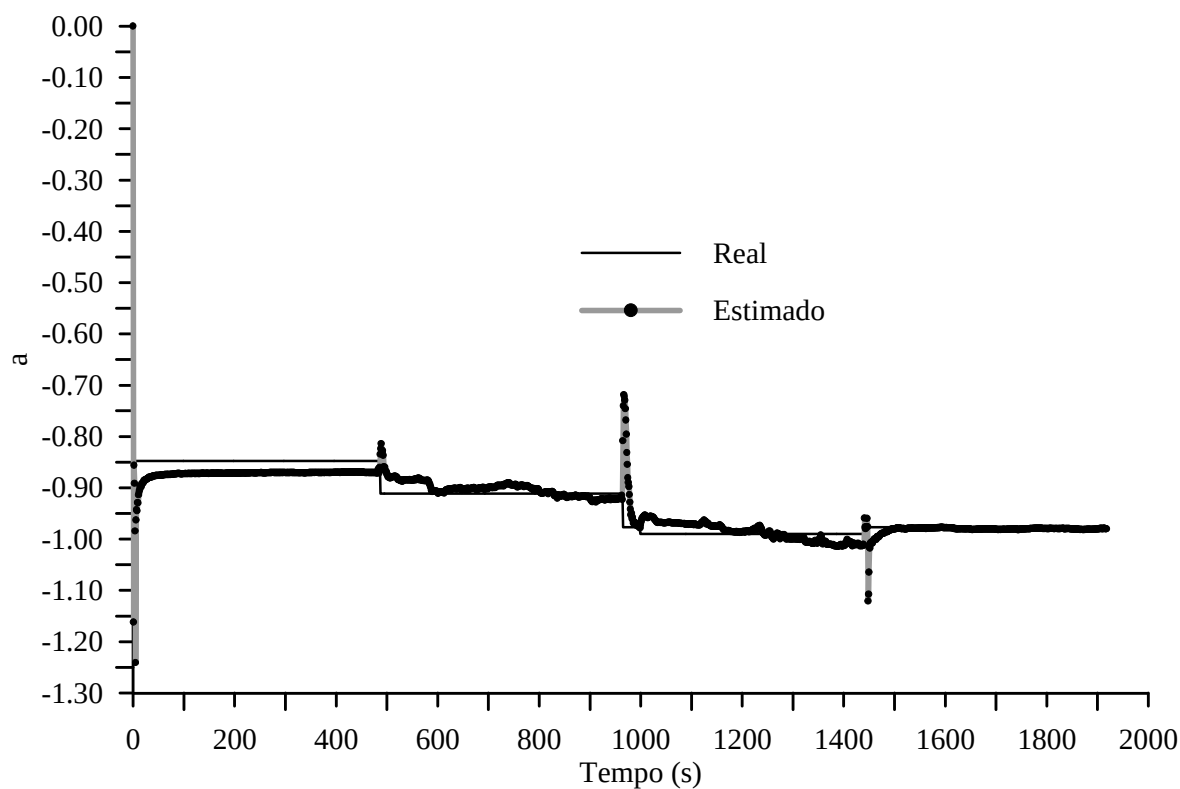


Figura 7.57: Parâmetro a , real e estimado (MPCAR-TAV-S)

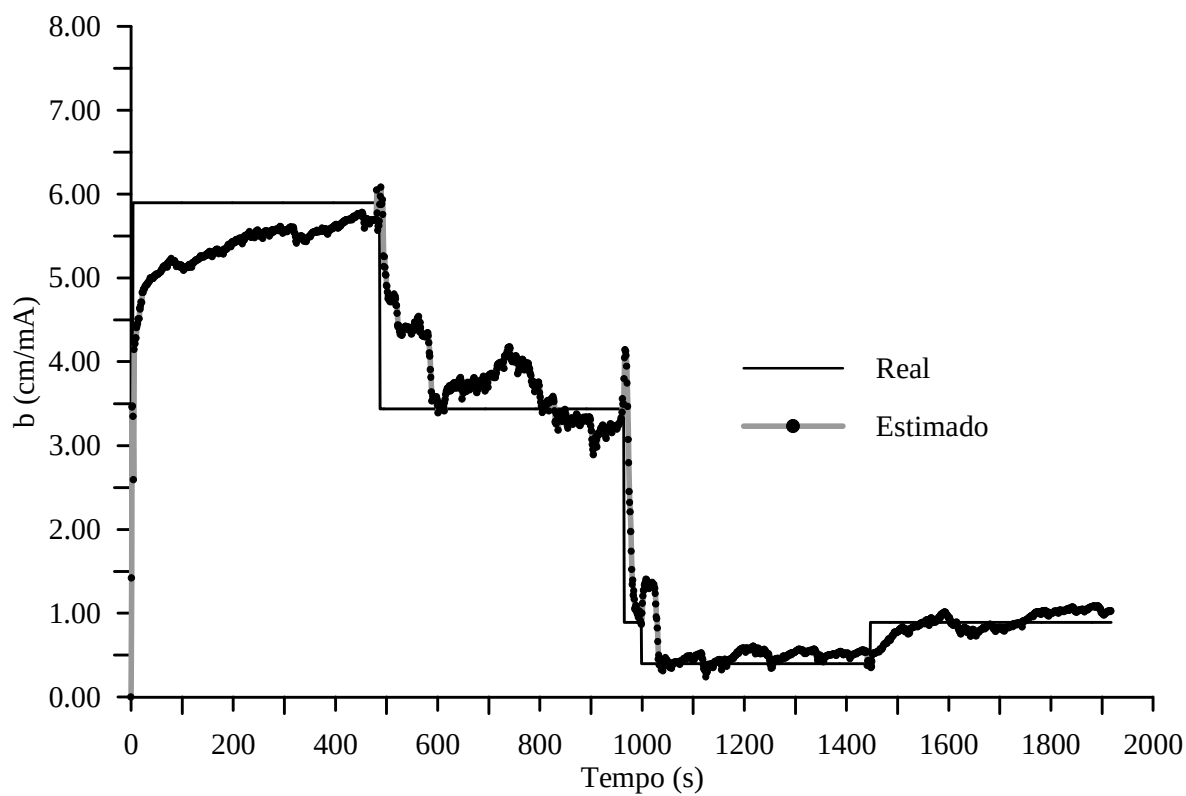


Figura 7.58: Parâmetro b , real e estimado (MPCAR-TAV-S)

Mais uma vez pode ser observada a melhora no desempenho do controlador quando este utiliza adaptação, não houve *overshoot* nas seções inferiores (Figura 7.48) e nem o controlador instabilizou na parte superior (Figura 7.51). O MPC pôde trabalhar com Σ_0 baixo, pois tem maior tolerância a variação bruscas nos parâmetros estimados. Note na Figura 7.58 como a diminuição no valor de Σ_0 e o aumento em ξ fez com que os parâmetros estimados ficassem mais sensíveis ao ruído.

7.3.2 Resultados experimentais

7.3.2.a Controlador via síntese direta com parâmetros constantes (CSDPC-TAV-E)

Aqui serão ilustrados dois experimentos: um utilizando os parâmetros da última seção (diâmetro menor) do tanque com área variável e outro com os parâmetros da primeira seção (diâmetro maior).

- Primeiro experimento:

Os parâmetros utilizados são os mesmos da Tabela 7.5.

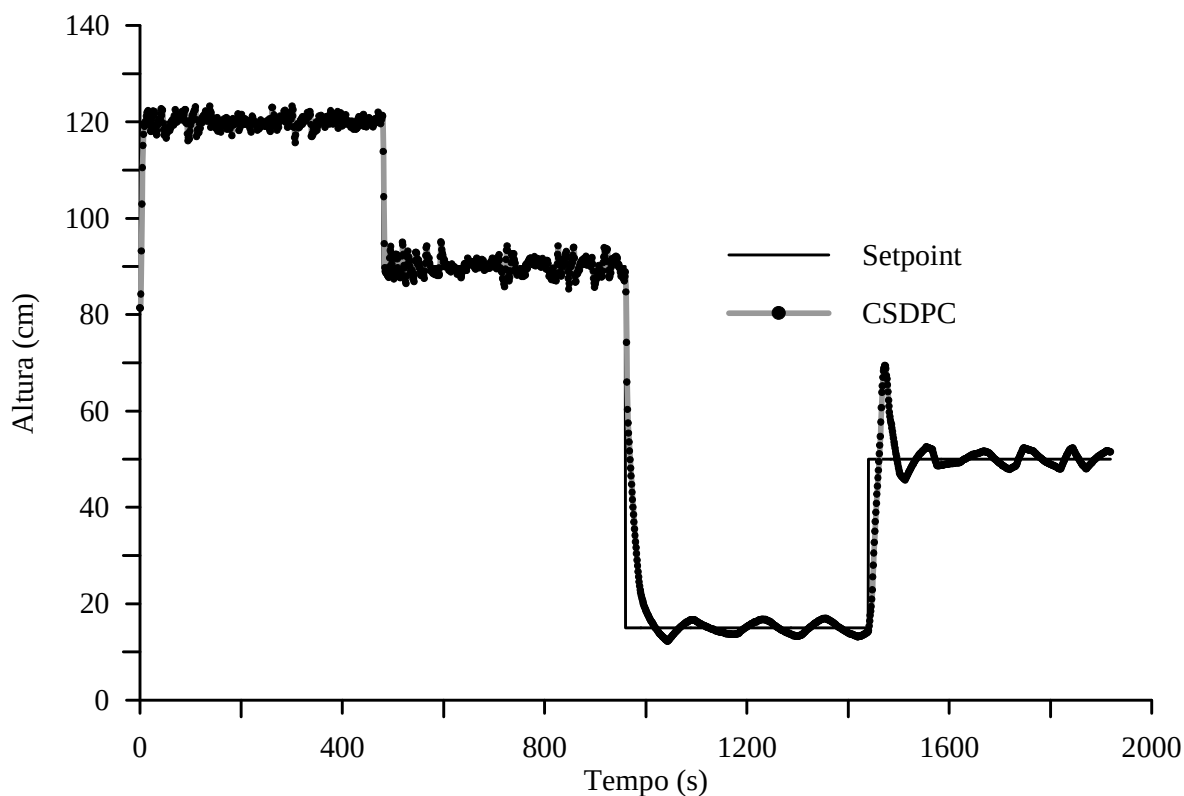


Figura 7.59: Desempenho do CSDPC no primeiro experimento (CSDPC-TAV-E)

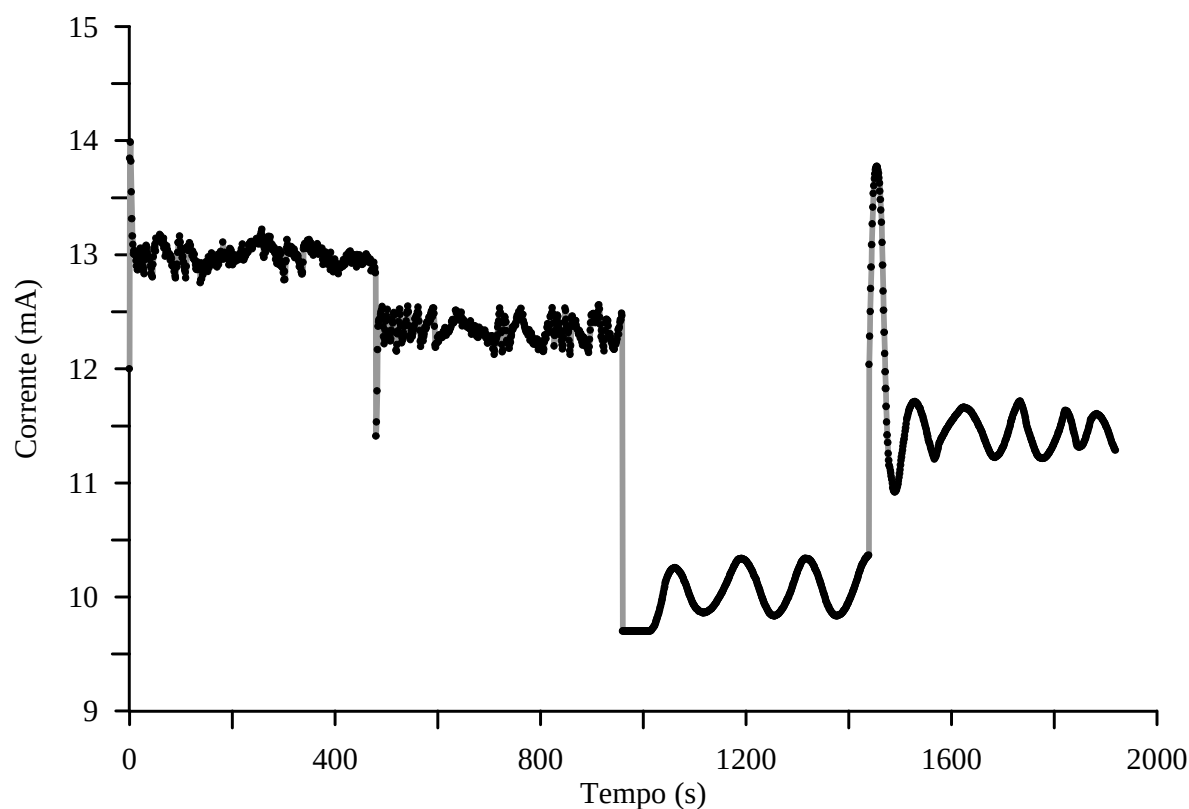


Figura 7.60: Ações de controle do CSDPC no primeiro experimento (CSDPC-TAV-E)

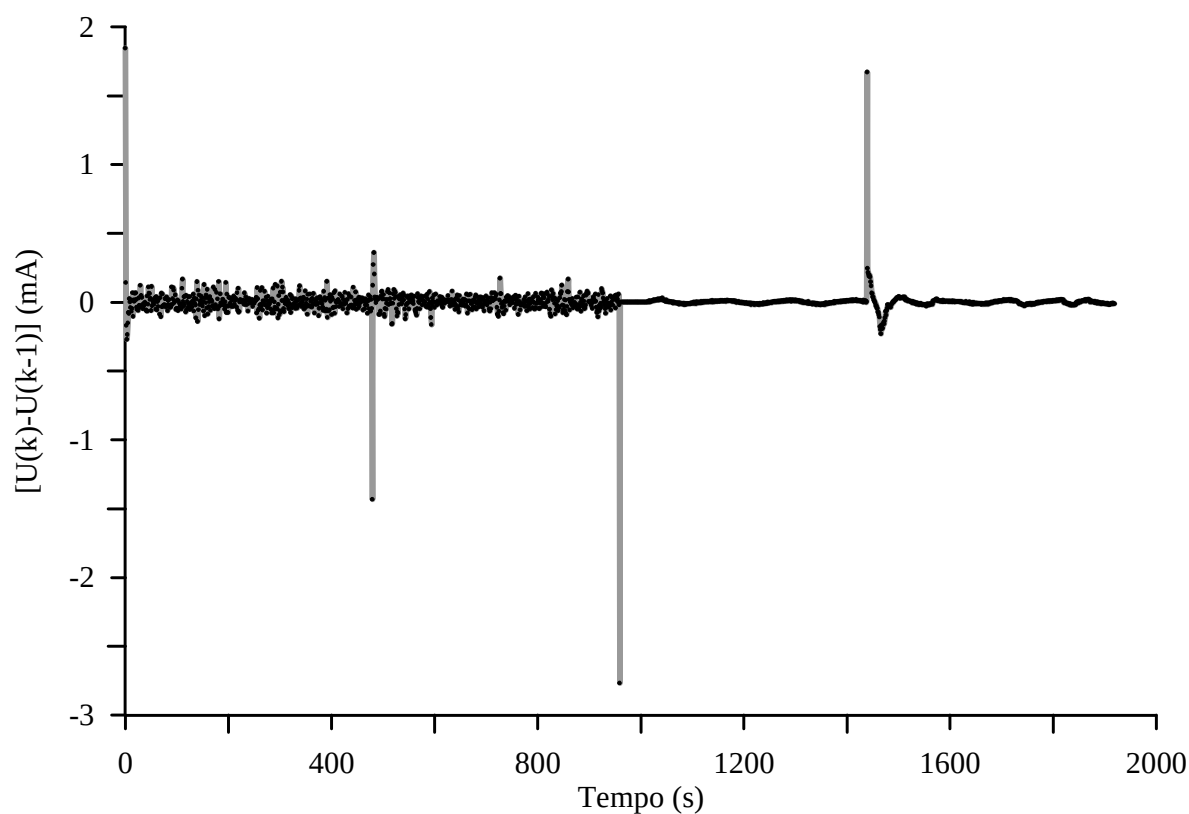


Figura 7.61: Variações nas ações de controle do CSDPC no primeiro experimento (CSDPC-TAV-E)

- Segundo experimento:

Foram utilizados os mesmos parâmetros da Tabela 7.6.

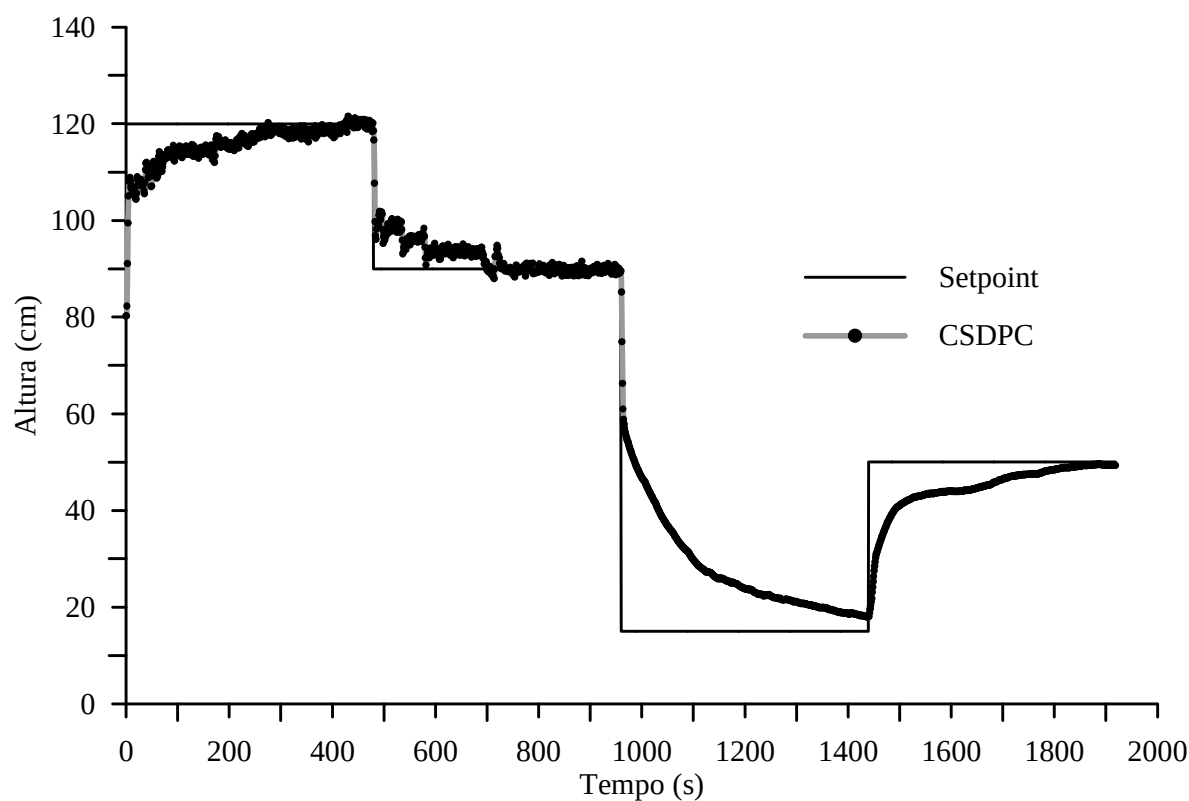


Figura 7.62: Desempenho do CSDPC no segundo experimento (CSDPC-TAV-E)

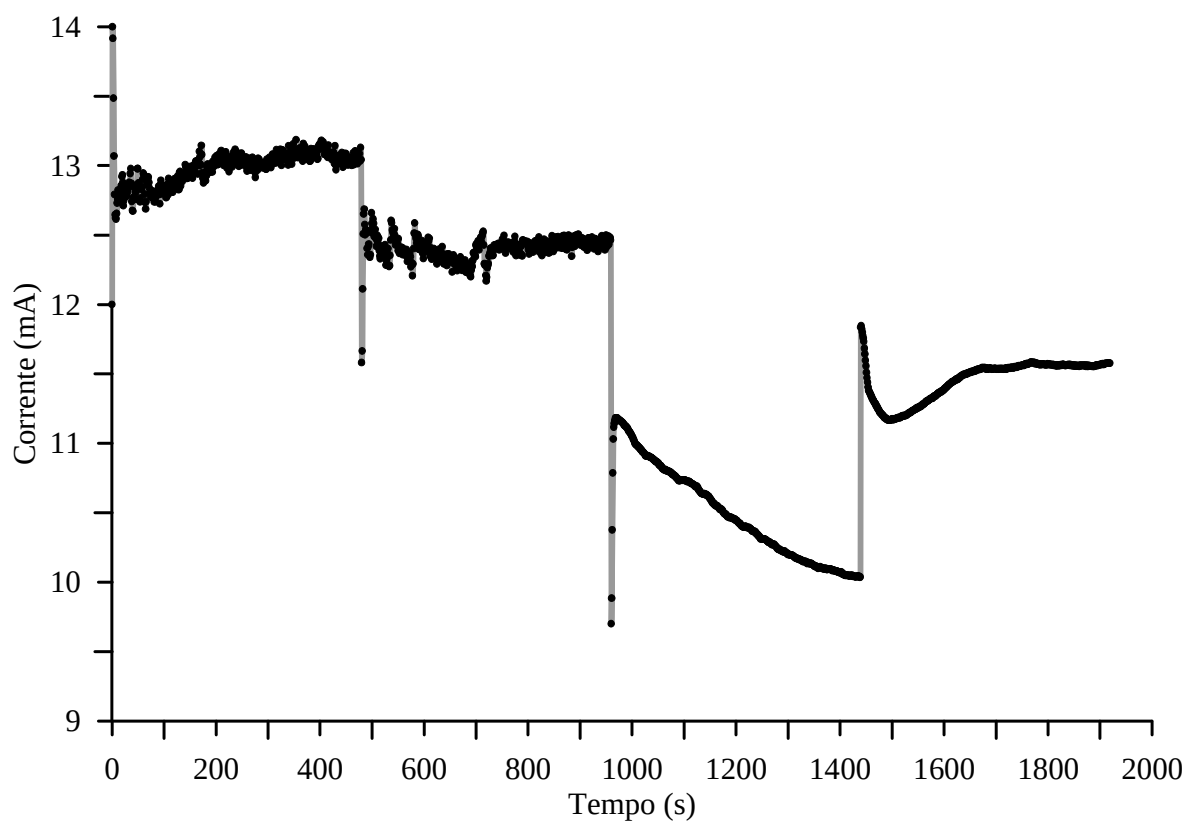


Figura 7.63: Ações de controle do CSDPC no segundo experimento (CSDPC-TAV-E)

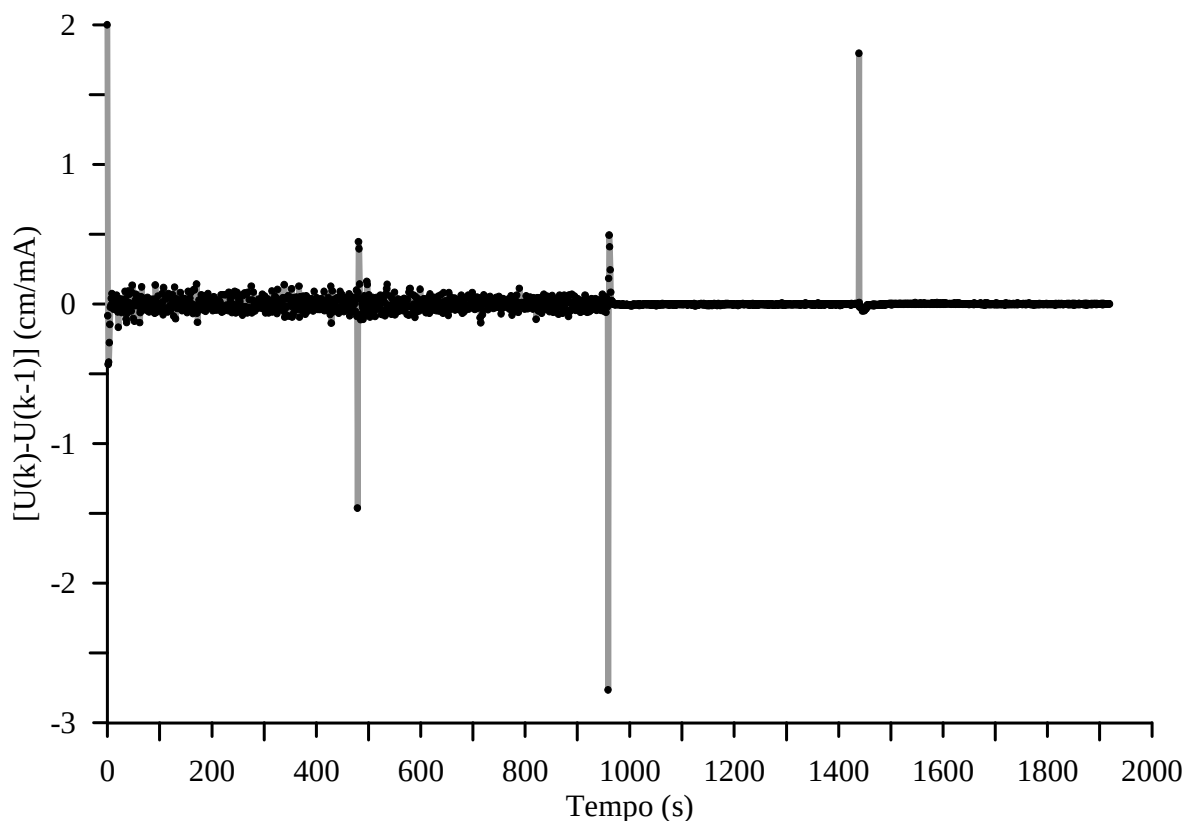


Figura 7.64: Variações das ações de controle do CSDPC no segundo experimento (CSDPC-TAV-E)

Há muito ruído na parte superior do tanque. Isto se deve a formação de bolhas (espuma) e ao impacto da água despejada pela bomba que é acentuado em tubos de baixo diâmetro como no sistema estudado. Como pode ser observado na Figura 7.59 o controlador gerou oscilações e *overshoot* nas seções inferiores mas foi bem na parte superior, na Figura 7.63 as ações de controle foram muito lentas.

O sistema experimental apresentou o comportamento previsto pela simulação.

7.3.2.b Controlador via síntese direta com adaptação (CSDA-TAV-E)

Foram utilizados os seguintes parâmetros para o estimador e o controlador:

Tabela 7.11: Parâmetros utilizados no CSDA (DSDA-TAV-E)

Parâmetro	Valor
Σ_0	50
ξ	5
α	10000
g	2
$U_{\min}$	9,7 mA
$U_{\max}$	14 mA
Δt	1 s

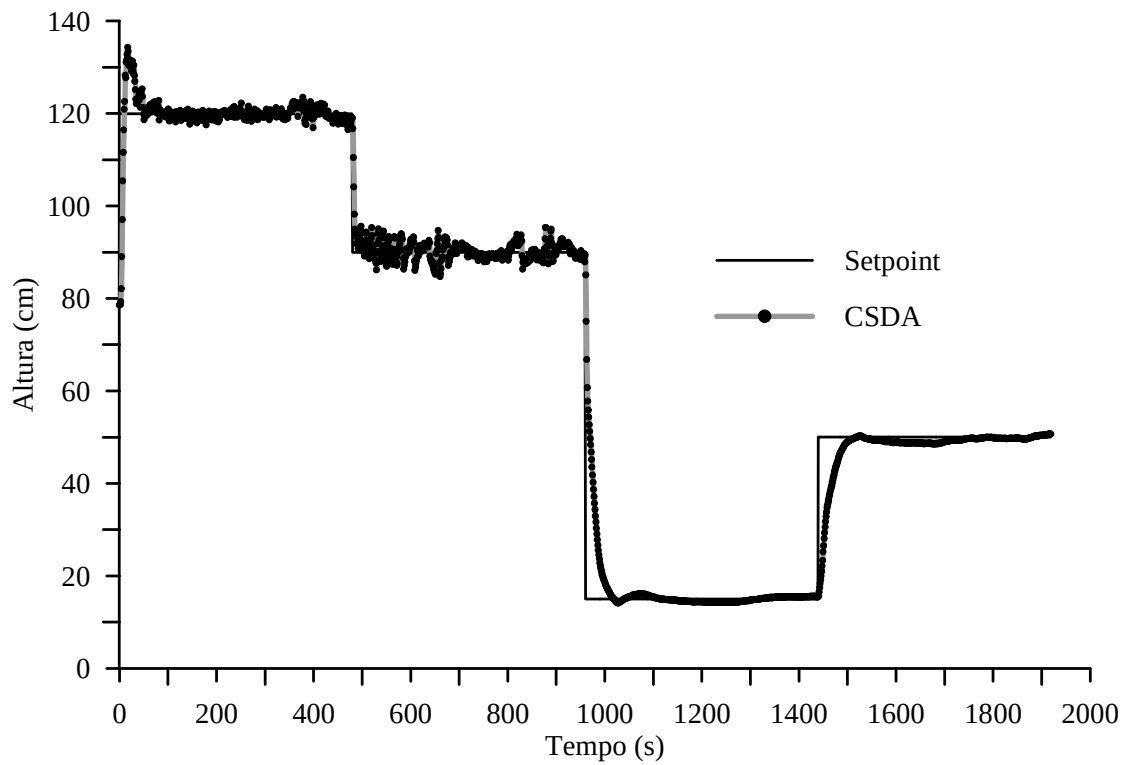


Figura 7.65: Desempenho do CSDA (CSDA-TAV-E)

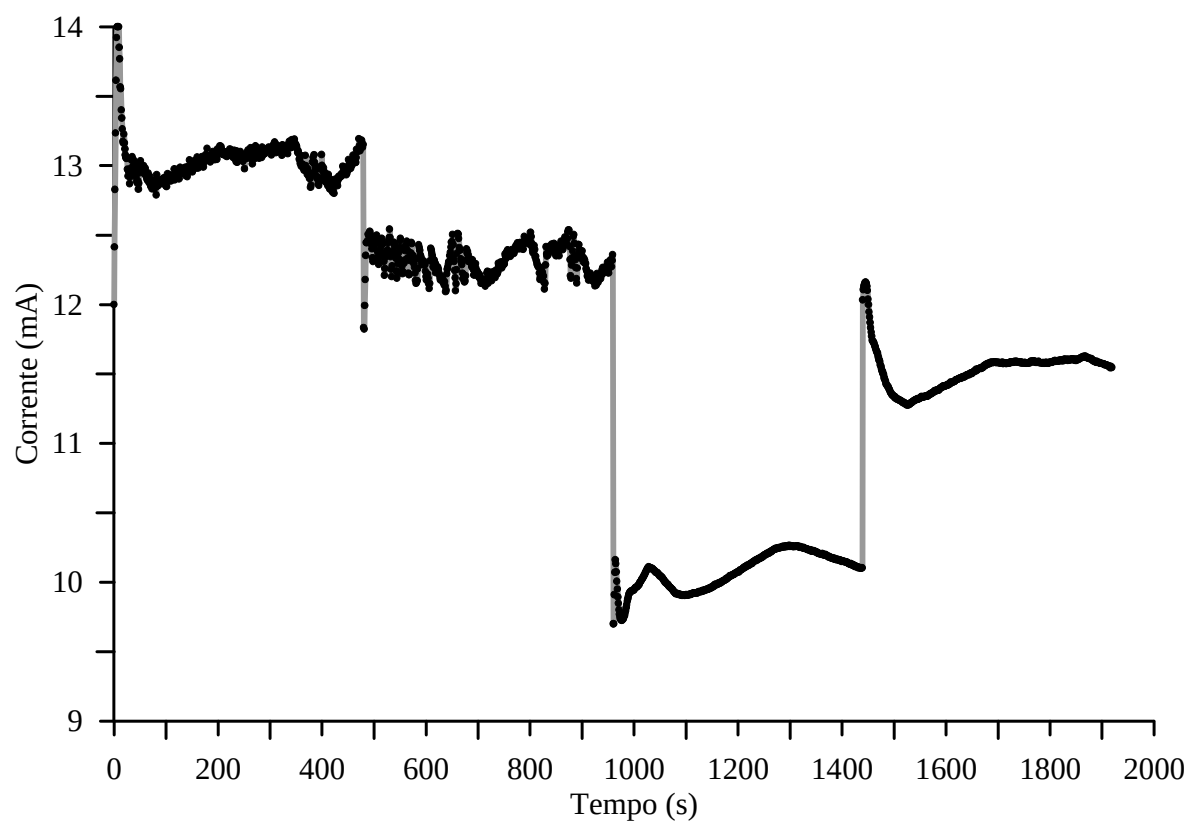


Figura 7.66: Ações de controle do CSDA (CSDA-TAV-E)

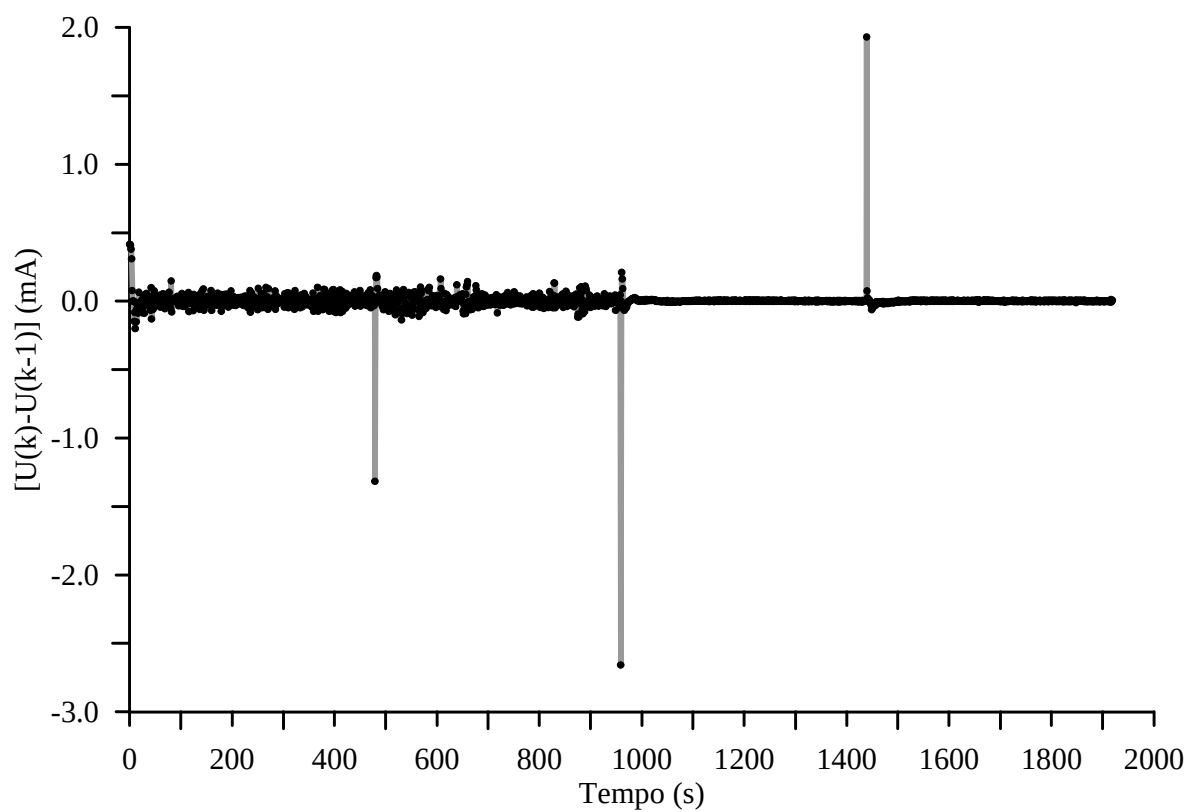


Figura 7.67: Variações das ações de controle do CSDA (CSDA-TAV-E)