

Controle Fuzzy

Jhonantans Moraes Rocha

Outubro 2016

1 Fase Mínima

Ponto de operação utilizado	
A1, A3	28
A2, A4	32
a1, a3	0.071
a2, a4	0.057
g	981
k1	3,33
k2	3.35
y1	0.70
y2	0.60

1.1 Linearização

Linearizando em:

8		% Fuzzy Sets
9	-	vec_h1 = [15];
10	-	vec_h2 = [15];
11		

Figure 1: Pontos de Linearização

Sintonizando o controlador LQI na forma:

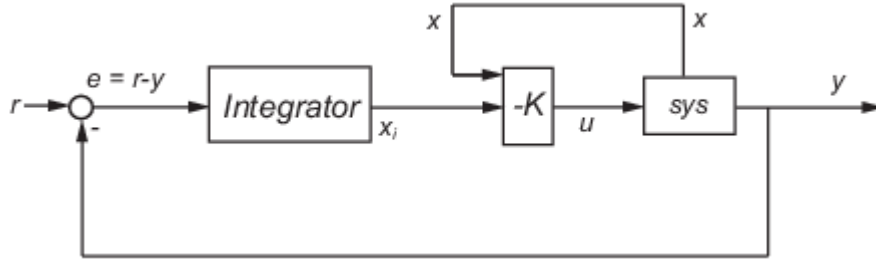


Figure 2: Esquemático do Sistema em Malha Fechada

Onde utiliza-se como entrada do canal integrador o erro entre as referências e os níveis h_1 e h_2 . Para a sintonia do controlador, são necessárias as matrizes Q e R , onde:

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Temos:

$$-K = \begin{bmatrix} -4.8384 & 0.0849 & -0.4874 & 0.0004 & 0.9999 & -0.0118 \\ -0.0413 & -5.6072 & -0.0125 & -0.4663 & 0.0118 & 0.9999 \end{bmatrix}$$

Simulando o controlador desenvolvido sobre o sistema não-linear, obtem-se:

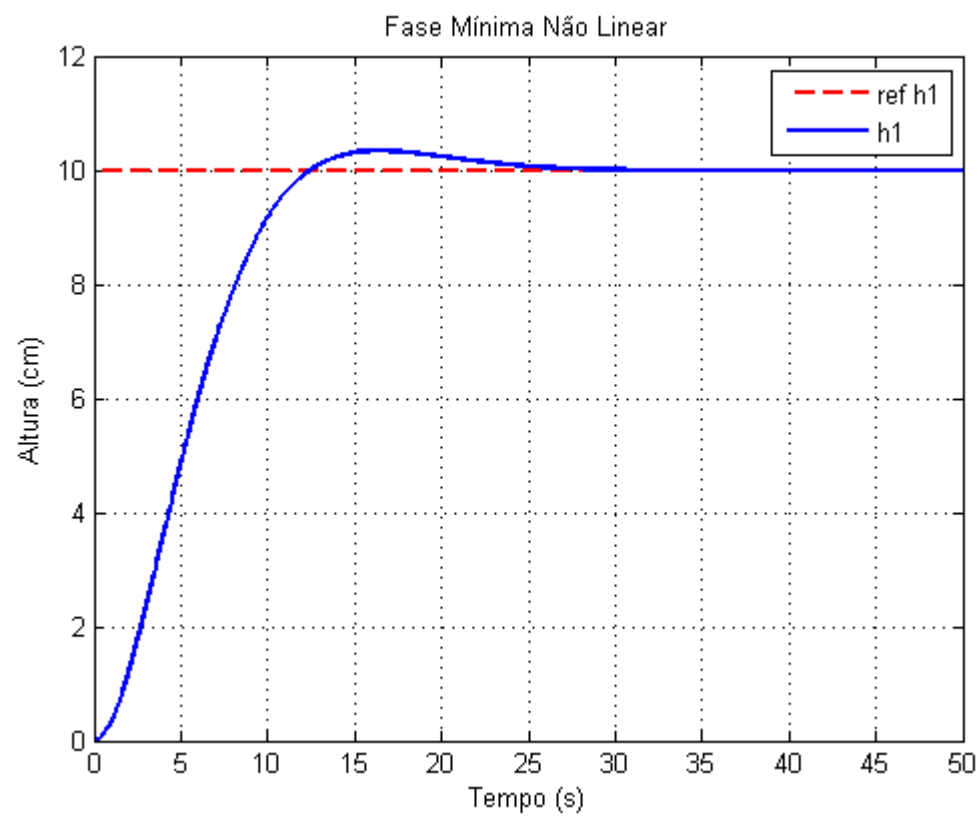


Figure 3: Resposta do nível h1 para a referência

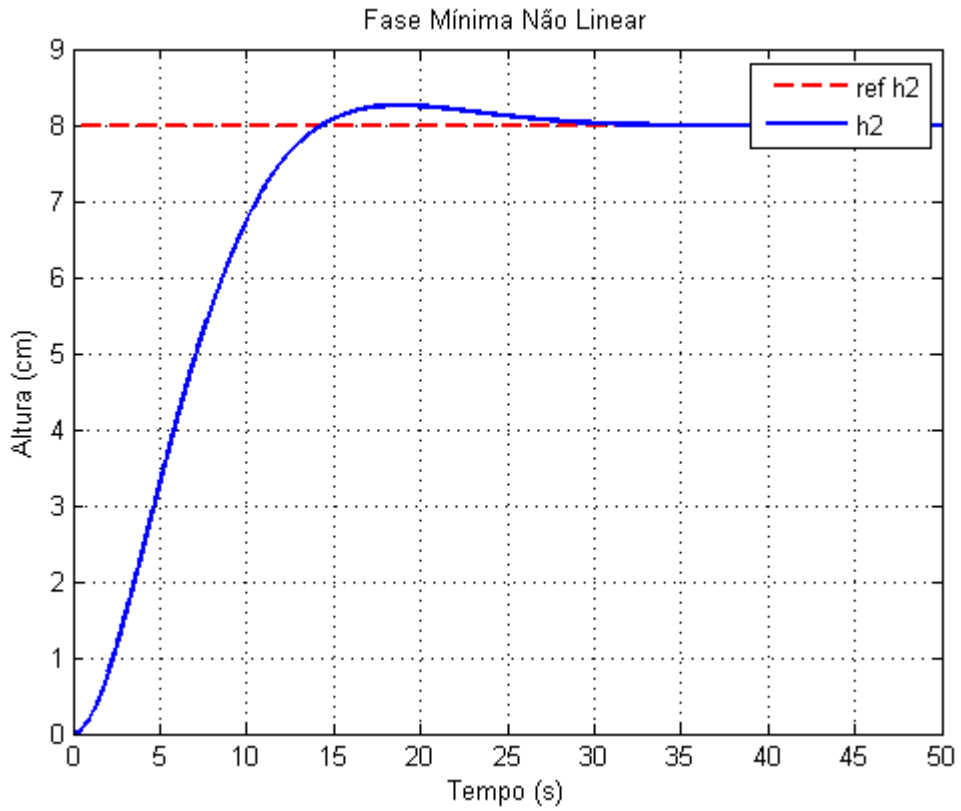


Figure 4: Resposta do nível h2 para a referência

1.2 Modelagem Fuzzy

Seguindo o mesmo princípio, desenvolve-se controladores para cada uma das combinações dos modelos a seguir:

8	% Fuzzy Sets
9 -	vec_h1 = [1 5 10 15];
10 -	vec_h2 = [1 5 10 15];
11	

Figure 5: Pontos de Linearização Fuzzy

Obtém-se um total de $4 \times 4 = 16$ matrizes K. Aplicando-se o controle

fuzzy sobre o sistema não-linear, obtém-se:

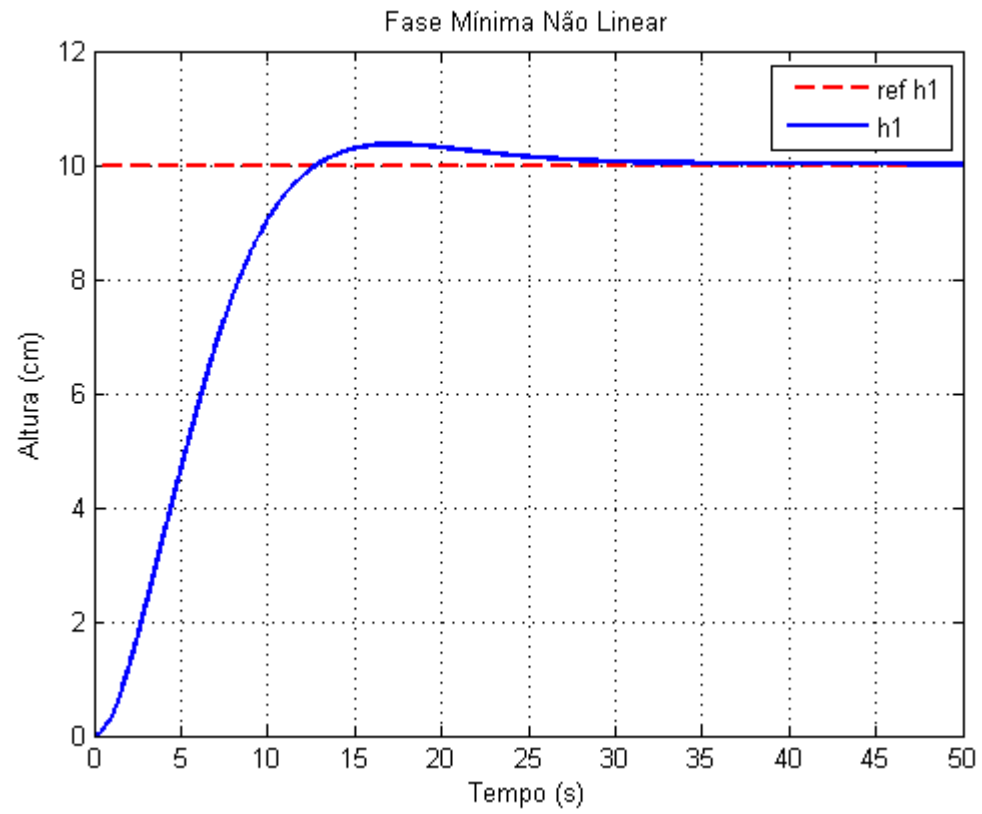


Figure 6: Resposta do nível $h1$ para a referência

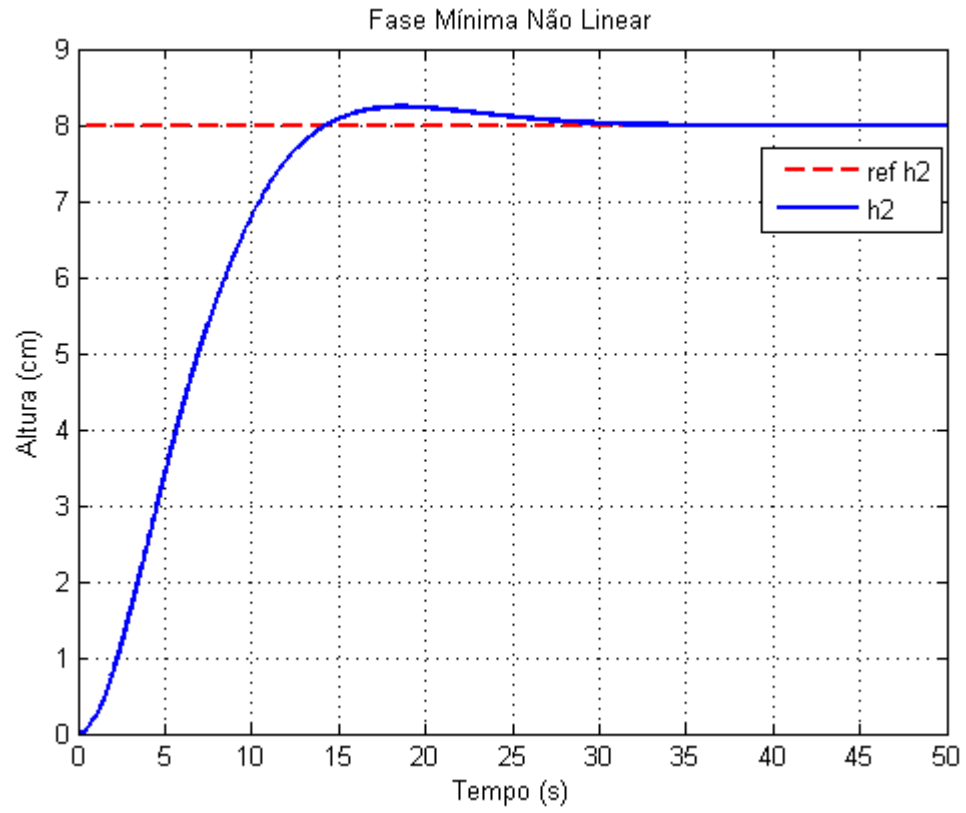


Figure 7: Resposta do nível h_2 para a referência

1.3 Comparação

Comparando os resultados para o nível h_1 em uma única imagem, nota-se uma leve diferença:

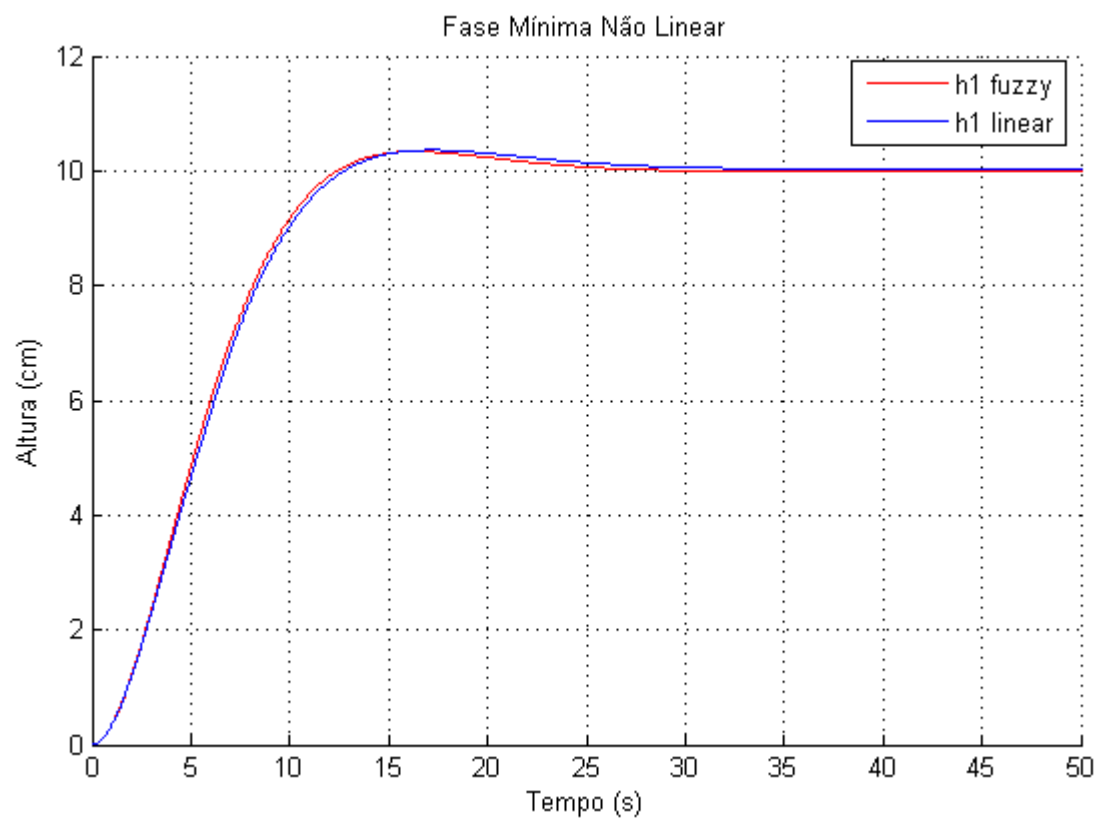


Figure 8: Comparação para h1

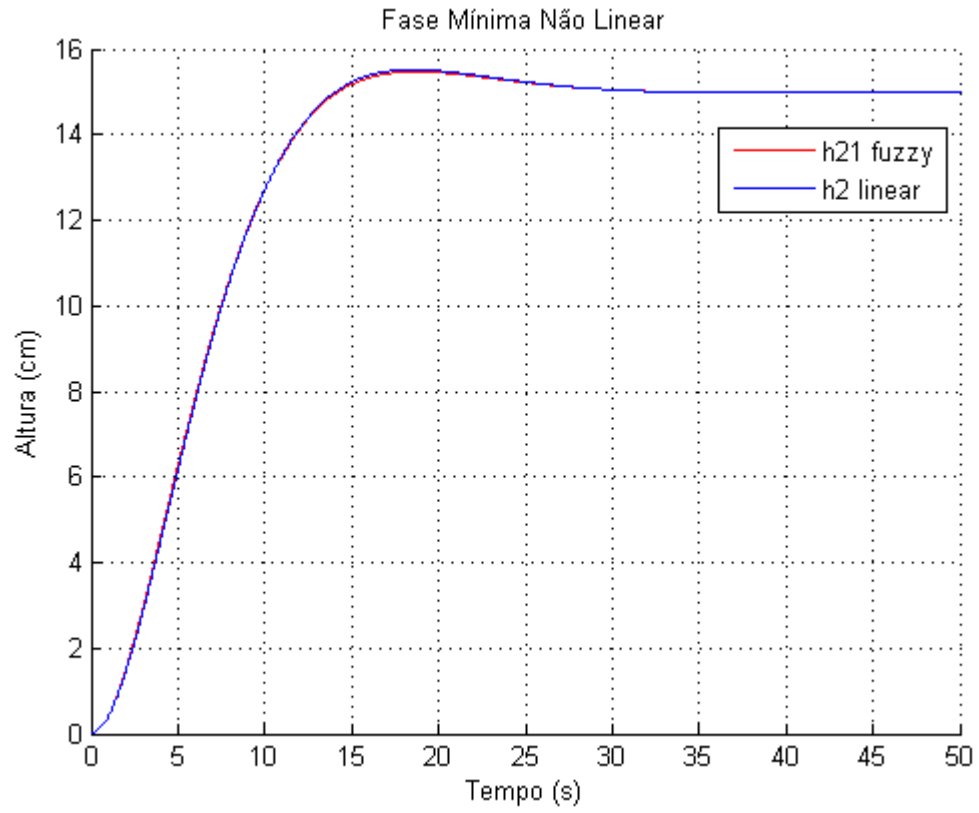


Figure 9: Comparação para h2

Como pode ver, o ganho pela utilização fuzzy foi muito pequeno, uma vez que os K obtidos para cada um dos sistemas foi praticamente idêntico.

2 Fase Não Mínima

Ponto de operação utilizado	
A1, A3	28
A2, A4	32
a1, a3	0.071
a2, a4	0.057
g	981
k1	3,15
k2	3.29
y1	0.43
y2	0.34

2.1 Linearização

Linearizando em:

<div style="background-color: #f0f0f0; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">8</div> <div style="background-color: #f0f0f0; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">9 -</div> <div style="background-color: #f0f0f0; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">10 -</div> <div style="background-color: #f0f0f0; padding: 2px;">11</div>	<pre>% Fuzzy Sets vec_h1 = [5]; vec_h2 = [5];</pre>
---	---

Figure 10: Pontos de Linearização

E sintonizando o controlador da mesma forma que anterior, obtemos:

$$-K = \begin{bmatrix} 14.9984 & -30.1819 & 13.2258 & -18.4241 & 0.1469 & 0.9892 \\ -23.8928 & 27.2788 & -15.8981 & 20.0756 & 0.9892 & -0.146 \end{bmatrix}$$

Simulando o controlador desenvolvido sobre o sistema não-linear, obtem-se:

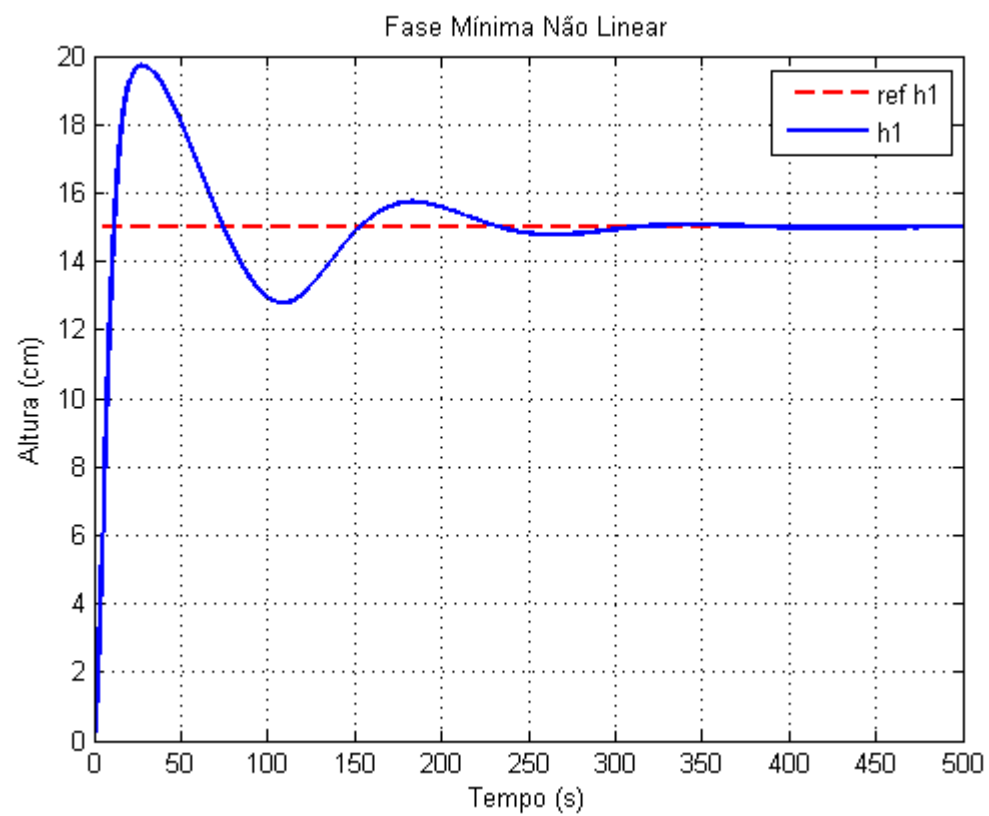


Figure 11: Resposta do nível h1 para a referência

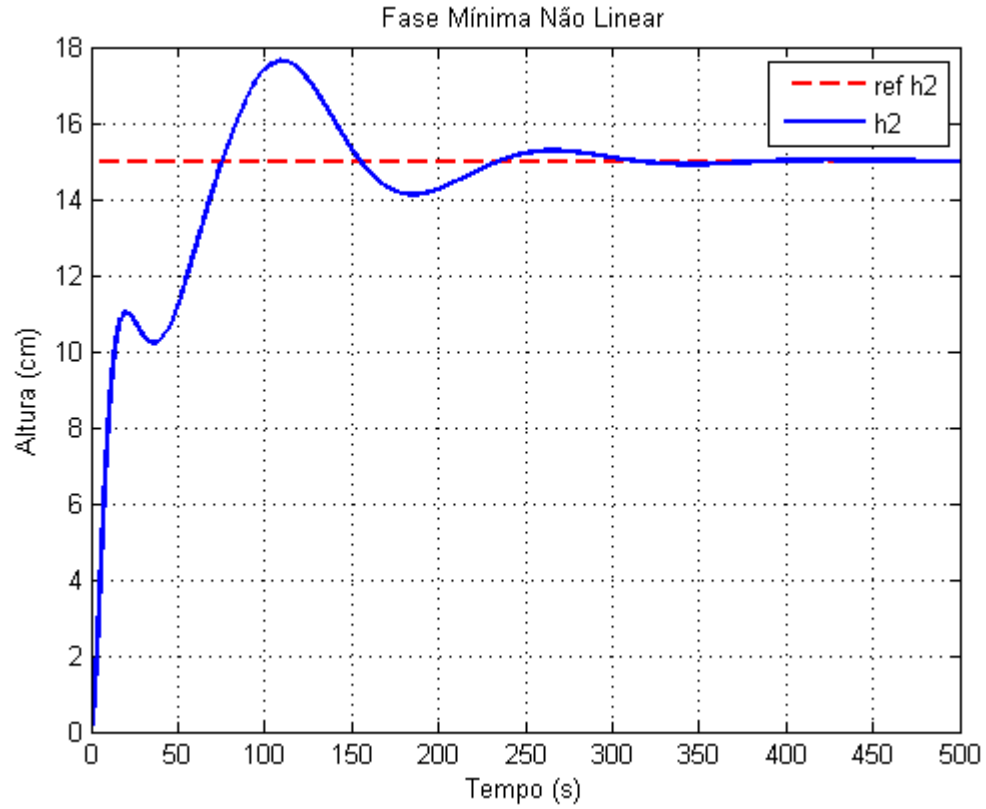


Figure 12: Resposta do nível h2 para a referência

Para outro ponto, em:

8	% Fuzzy Sets
9 -	vec_h1 = [10];
10 -	vec_h2 = [10];

Figure 13: Pontos de Linearização

E sintonizando o controlador da mesma forma que anterior, obtemos:

$$-K = \begin{bmatrix} 22.1950 & -40.9672 & 18.1821 & -24.6981 & 0.1593 & 0.9872 \\ -32.8634 & 40.1285 & -21.6964 & 27.9406 & 0.9872 & -0.1593 \end{bmatrix}$$

Simulando o controlador desenvolvido sobre o sistema não-linear, obtem-se:

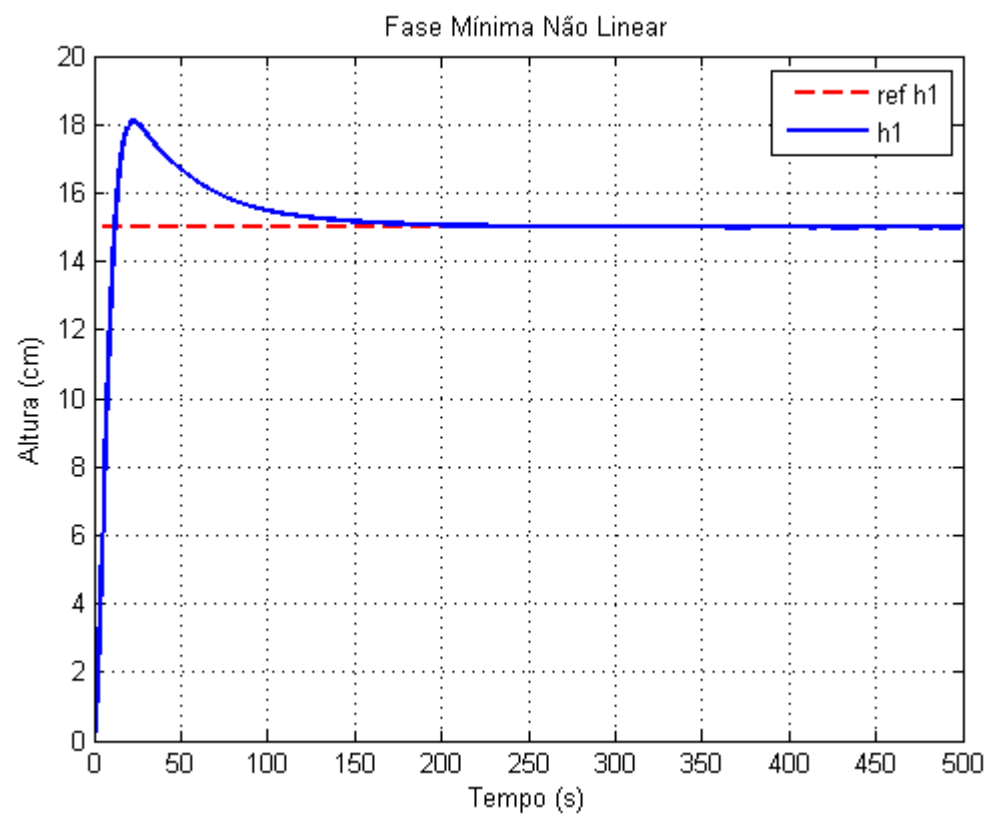


Figure 14: Resposta do nível h1 para a referência

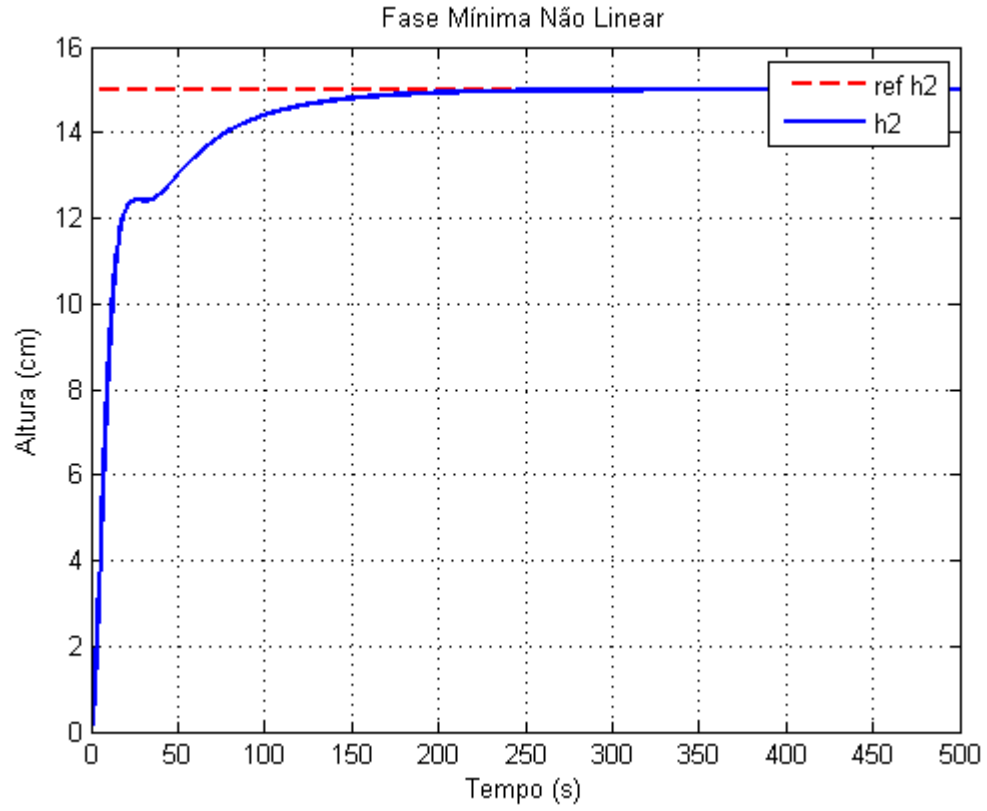


Figure 15: Resposta do nível h2 para a referência

Para um terceiro ponto, em:

8	% Fuzzy Sets
9 -	vec_h1 = [15];
10 -	vec_h2 = [15];
11	

Figure 16: Pontos de Linearização

E sintonizando o controlador da mesma forma que anterior, obtemos:

$$-K = \begin{bmatrix} 27.7556 & -49.1931 & 21.9359 & -29.5209 & 0.1651 & 0.9863 \\ -39.7251 & 50.0135 & -26.1520 & 33.9199 & 0.9863 & -0.1651 \end{bmatrix}$$

Simulando o controlador desenvolvido sobre o sistema não-linear, obtem-se:

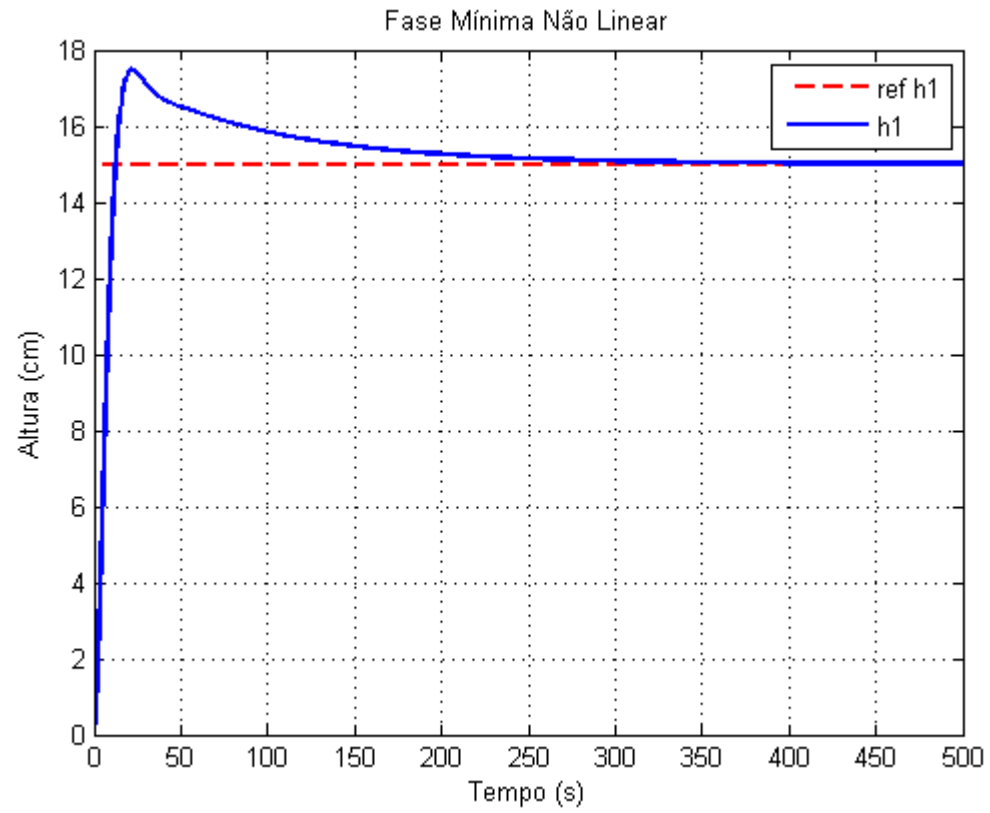


Figure 17: Resposta do nível $h1$ para a referência

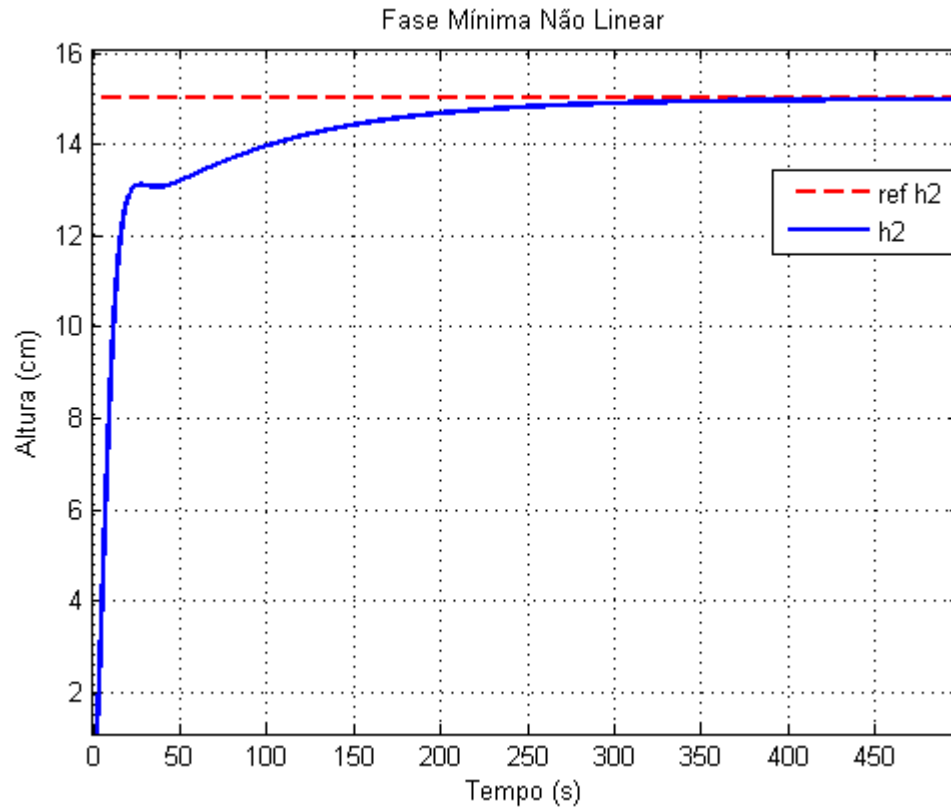


Figure 18: Resposta do nível h2 para a referência

2.2 Modelagem Fuzzy

Seguindo o mesmo princípio, desenvolve-se controladores para cada uma das combinações dos modelos a seguir:

8	%	Fuzzy Sets
9	-	<code>vec_h1 = [1 5 10 15];</code>
10	-	<code>vec_h2 = [1 5 10 15];</code>
11		

Figure 19: Pontos de Linearização Fuzzy

Obtém-se um total de $4 \times 4 = 16$ matrizes K. Aplicando-se o controle

fuzzy sobre o sistema não-linear, obtém-se:

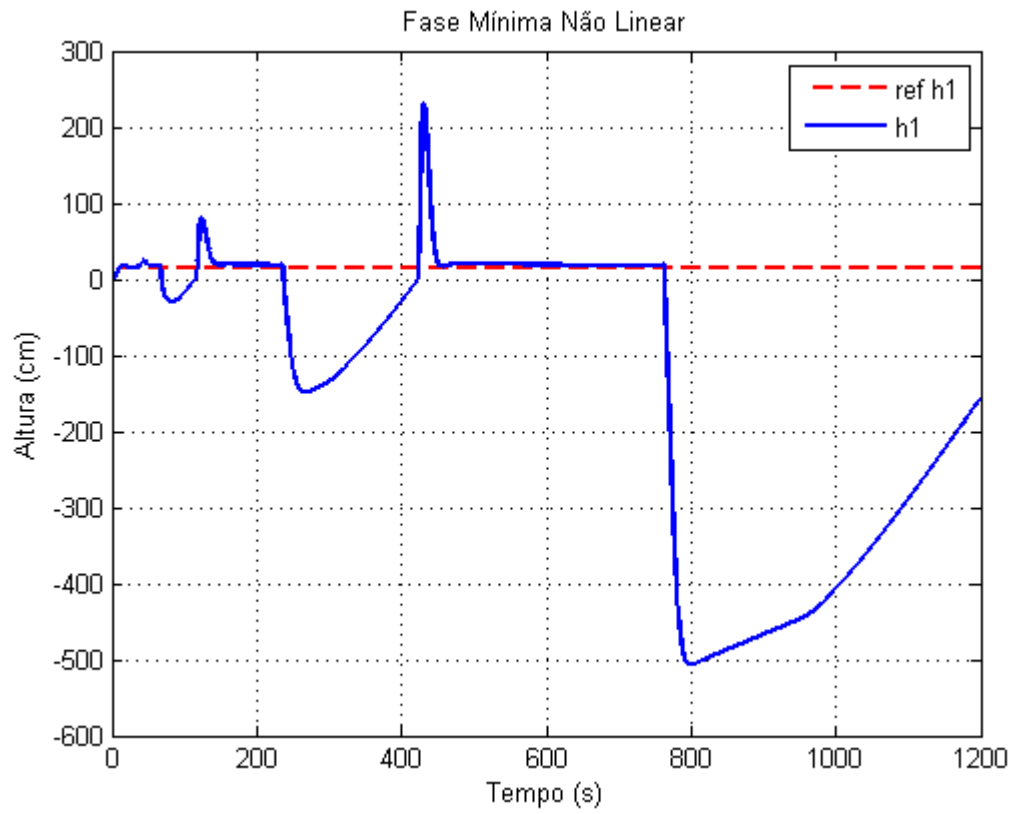


Figure 20: Resposta do nível h1 para a referência

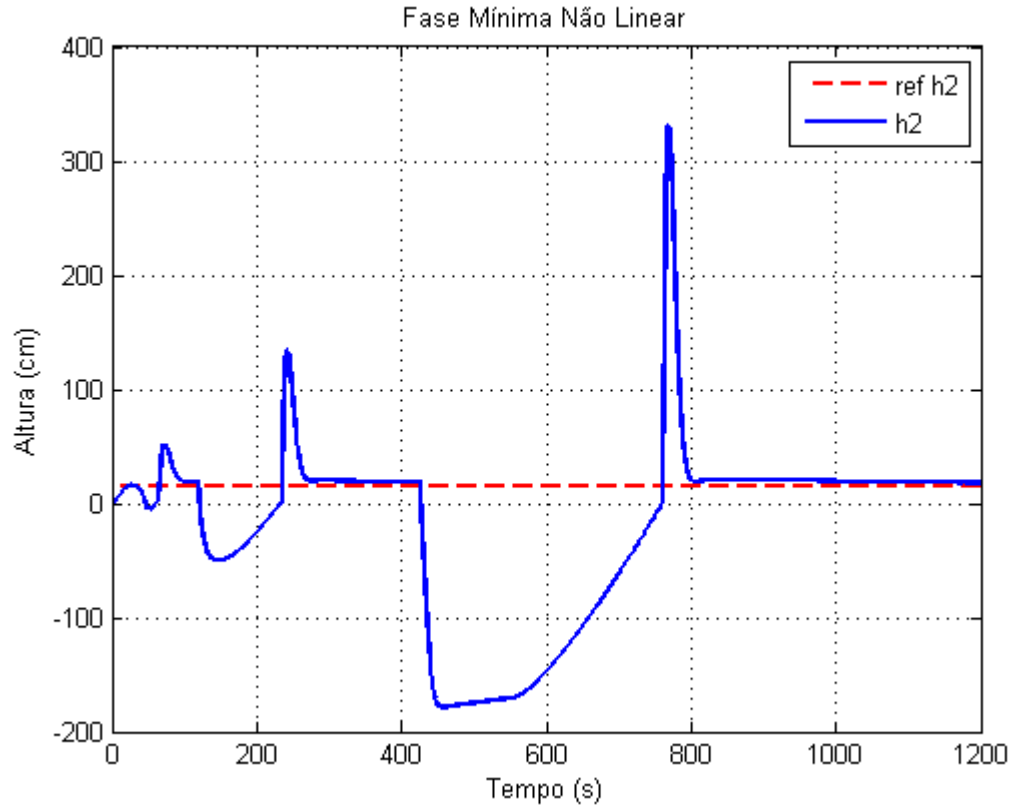


Figure 21: Resposta do nível h_2 para a referência

2.3 Modelagem Fuzzy

Estou procurando o motivo para tamanha discrepância do sistema fuzzy. Pode haver algum erro no meu código, estou o apurando. Mesmo assim se houvesse, deveria aparecer também o sistema em fase mínima, o que não é caso. Se não for este o motivo, qual poderia ser? Os K para o não linear variam muito de um sistema para o outro, o que torna suas respostas muito diferentes, mesmo assim, com um controlador simples o sistema final de todos se estabiliza, enquanto o fuzzy não. Vou verificar como o sistema se comporta para cada um dos 16 ganhos individualmente. Também preciso apurar as matrizes Q e R que utilizo para o desenvolvimento dos controladores.