

C B S FUZZY
CONGRESSO BRASILEIRO
DE SISTEMAS FUZZY

Anais do Congresso Brasileiro de Sistemas Fuzzy
9-12 de Novembro de 2010

Comparação entre controladores PI clássico e PI Fuzzy para sistemas de aeração de processos de fermentação em estado sólido.

Victor Bertucci Neto, Rafael Frederico Fonseca, Cristiane Sanchez Farinas

Embrapa Instrumentação Agropecuária
13560-970

Email: victor@cnpdia.embrapa.br

Rodrigo Andrade Ramos

Escola de Engenharia de São Carlos - USP
13566-590

E-mail: ramos@sc.usp.br

RESUMO

Apesar de existirem há muitos séculos, os processos de Fermentação em Estado Sólido (FES) têm sido objeto de estudos mais profundos há apenas poucas décadas. Usado para produção de diferentes metabólitos, inclusive para produção de enzimas a partir de diferentes espécies de fungos, os processos de FES têm sido freqüentemente comparados de forma superior com a produtividade obtida com processos de Fermentação Submersa. Entretanto, um dos maiores problemas se refere ao escalonamento superior do processo. É necessária uma profunda investigação sobre as características de cada processo. Para se realizar o escalonamento desses processos, faz-se necessário tanto o desenvolvimento de novos conceitos de biorreatores de fermentação em estado sólido, como o das técnicas de controle aplicadas.

No atual estágio de desenvolvimento do trabalho, o objetivo do sistema de instrumentação e controle é ser eficiente no controle da umidade relativa do ar que alimenta o biorreator dentro de uma faixa de fluxo do ar que varia de 12mL/min a 36mL/min. Permitindo-se assim, estudar e otimizar as variáveis ambientais responsáveis pela manutenção da atividade biológica, considerando-se as particularidades, tanto de cada microorganismo empregado, quanto do substrato utilizado. Nesse trabalho, foi utilizado um sistema de controle fuzzy para controlar a umidade relativa do ar requerida pelo usuário, comparando-se os resultados com um controlador PI clássico, ambos ajustados a partir do método de Ziegler-Nichols modificado (Bertucci-Neto, 1990) e (Jantzen, 2007). Tendo sido aplicado nos resultados de resposta ao degrau unitário da Figura 1.

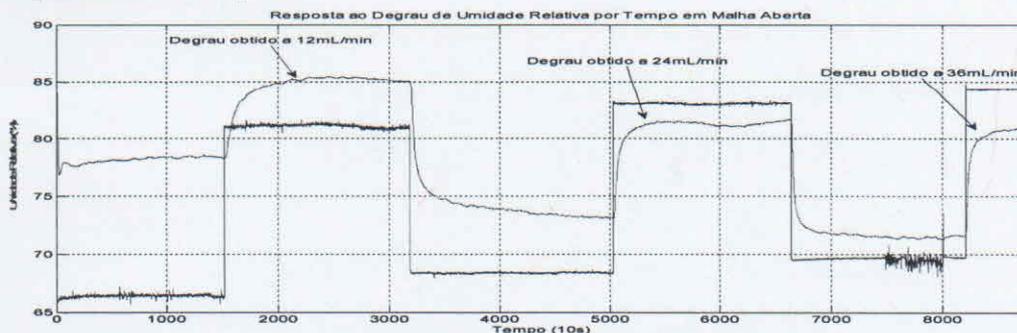


Figura 1: Resposta degrau unitário para diferentes vazões de fluxo de ar.

As Equações 1 e 2 são os resultados obtidos para os compensadores.

$$C(s) = 3,31 * \left(1 + \frac{1}{0,0097 * s} + 0,85 * s \right) \quad (1)$$

$$GCU = 1.35; GE = \frac{3,31}{GCU}; GIE = \frac{GE}{0,0097}; GCE = 0,85 * GE; \quad (2)$$

O sistema de inferência Fuzzy foi constituído de 5 funções de pertinência para o erro, 3 para a variação do erro e 3 para a saída. Todas sendo do tipo triangular. A Figura 2 ilustra a superfície de resposta obtida para o conjunto de regras escolhido.

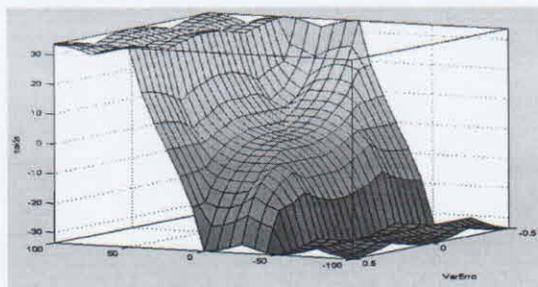


Figura 2: Superfície de resposta para o conjunto de regras escolhidas.

A partir das plantas obtidas a partir da Figura 1 no *toolbox* "Ident" do Matlab 2009, foram simuladas as respostas dos controladores em questão no *toolbox* "Simulink", tendo-se obtido as respostas das Figuras 3.

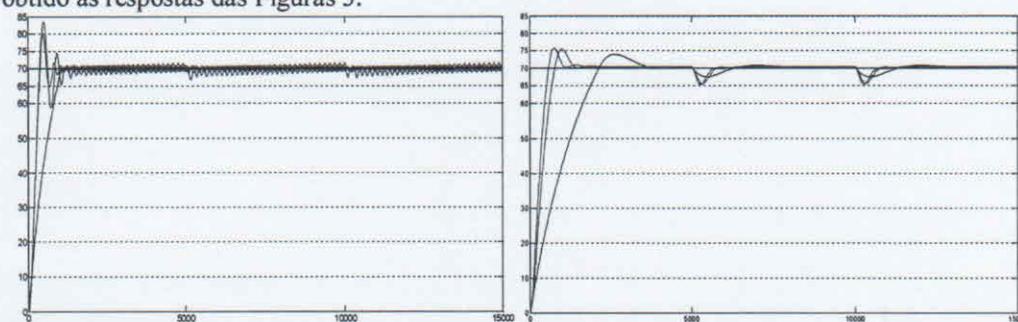


Figura 3: Respostas dos controladores simulados. Da esquerda para a direita, controlador PID Fuzzy e PID clássico. Em ambas figuras, o eixo horizontal representa o tempo, o vertical a umidade relativa do ar em percentual, a linha azul representa a planta em 12mL/min, a verde a planta em 24 mL/min e a vermelha a planta em 36 mL/min.

Nesse problema, pode-se observar que cada tipo de controlador possui vantagens com relação ao outro. Conforme as respostas obtidas, o controlador PI Fuzzy possui um tempo de resposta ligeiramente menor do que o PI clássico, no entanto apresenta sobressinal e um erro de regime maiores. As flutuações observadas nas respostas do PI clássico estão em função da simulação de um distúrbio causado pela variação da temperatura ambiental, sendo que o controlador Fuzzy apresentou menor sensibilidade aos distúrbios externos que ocorrem em situações reais. Esse trabalho representa o primeiro passo em direção aos estudos da realimentação de sistemas de fermentação sólida através da inferência Fuzzy. Existe esse objetivo, pois os sistemas Fuzzy apresentam a vantagem de não precisarem de descrições matemáticas exatas dos processos em estudo, já que possuem uma forte componente biológica.

Palavra chave: Instrumentação, sistemas de controle, fermentação em estado sólido

Referências:

ASTRÖM, K., J., HÄGGLUND, T., The future of PID control, Control Engineering Practice 9 (2001), pg. 1165 – 1175, ELSEVIER.

JANTZEN, J., Foundations of fuzzy control, John Wiley & Sons, 2007, 209 pg.

BERTUCCI-NETO, V. Desenvolvimento de controladores PID. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1990.