

## Instrumentação para Processos de Fermentação Sólida Visando à Produção de Enzimas

Victor Bertucci Neto<sup>1</sup>, Rafael Frederico Fonseca<sup>1,2</sup>, Cristiane Sanchez Farinas<sup>1</sup>, Rodrigo Andrade Ramos<sup>2</sup>

Unidades: Embrapa Instrumentação Agropecuária (1) e Departamento de Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia de São Carlos, USP (2)  
victor@cnpdia.embrapa.br

### RESUMO

Um Processo de Fermentação em Estado Sólido (FES) pode ser descrito como o crescimento de microorganismos em substratos sólidos, na ausência de água livre, tendo sido usado por milhares de anos no preparo de alimentos como. Apesar dessa prática tradicional os FES possuem um futuro promissor na valorização de produtos agroindustriais, biodegradação de resíduos sólidos, na atenuação de poluentes orgânicos em solos, e na redução da poluição atmosférica por biofiltração. Além desses, também existe um renovado interesse na produção de enzimas para fazer a hidrólise da Celulose visando à produção de etanol chamado de segunda geração. Entretanto, os FES raramente são realizados em grande escala, a despeito de algumas vantagens em relação a processos de Fermentação Submersa (FS). Dentre algumas vantagens há, além da possibilidade de bioconversão de resíduos sólidos, o menor uso de água, e menor quantidade de dejetos produzidos. O uso de FES também se mostra vantajoso na produção de enzimas, possibilitando maior produtividade em relação ao FS. Apesar disso, o FES esbarra em uma desvantagem limitante de sua aplicação em processos industriais: a dificuldade de controlar e mesmo medir algumas das diversas variáveis envolvidas no processo. Os principais parâmetros a serem medidos e controlados em FES são: temperatura do meio, aeração homogênea, pH, e conteúdo de água no leito. A instrumentação e automação desses processos têm sido determinantes para aumentar a eficiência de produção. Neste trabalho é apresentado um sistema de alimentação de ar para reatores de FES com instrumentação e automação para manter ajustes de umidade e fluxo segundo o operador, visando estudar as condições adequadas de cada processo.

### DESCRIÇÃO DO SISTEMA E RESULTADOS

O princípio de funcionamento do sistema é manter uma razão entre fluxo de ar seco com outro de ar saturado com água de forma a obter um fluxo de ar constante com umidade também constante, conforme a necessidade do operador. Conforme mostra o diagrama nas Figuras 1 e 2, o sistema é composto de uma entrada de ar saturado de água e outra de ar seco. Cada uma dessas linhas de entrada possui um controlador de fluxo de massa (CF1 e CF2) que são comandados por sinais elétricos entre 0 e 5 VDC, através dos sinais de comando C1 e C2. Os controladores possuem saída de medida de fluxo indicadas por M1, e M2. As duas tubulações de ar seco e úmido são ligadas entre si para fazer a mistura ajustada pelos comandos. Um conjunto sensor mede a umidade relativa e a temperatura do ar resultantes dessa mistura, indicados por URT1. Um segundo conjunto sensor mede a umidade e a temperatura resultantes do ar de saída do reator. As medidas de temperatura e umidade de cada conjunto sensor são dadas por M3, M4, M5, e M6. Os experimentos foram feitos em bancada, sendo utilizados sensores de fluxo, de umidade, de pressão relativa (para a linha de alimentação de ar), e de temperatura. Para o controle de fluxo de massa em linha foram usados dois controladores, sendo um deles para a linha de ar saturado, e outro para a linha de ar seco. Foram usados três sensores de fluxo entre 0 a 1000 mililitros/minuto. Os controladores de fluxo de massa controlam o fluxo de ar entre 0 e 1 litro/minuto, conforme o comando via sinal elétrico. As medidas são armazenadas através de uma placa de aquisição de dados, com 16 canais de entradas analógicas, e dois canais de saídas analógicas para acionamento externo. Cada canal de entrada, ou de saída, usado no sistema para medida de um sensor, ou de acionamento de um controlador, é configurado individualmente de acordo com as características específicas. A seqüência de medidas, armazenamento de dados, desenhos de gráficos em tempo real, e acionamento dos controladores de fluxo de massa, é feita com auxílio de um pacote de programação por interface gráfica, chamado LabView, da National Instruments. Este pacote permite o desenvolvimento de instrumentos virtuais que fazem interface com placas de aquisição de dados, a exemplo do que foi usado no sistema. Na Figura 2 vê-se a interface gráfica de um instrumento virtual desenvolvido no trabalho usado para aquisição e armazenamento de dados, e acionamento dos controladores de fluxo de massa. Além dessas medidas e acionamento, o sistema também permite a medida de concentração de CO<sub>2</sub> na saída, de forma que se possa averiguar a atividade biológica. O programa desenvolvido possibilita o uso de até 32 sensores, com conversão de dados de voltagem para as unidades desejadas. As medidas e acionamentos são feitas em intervalos de tempo escolhidos pelo operador, bastando para isto acionar o botão de amostragem de dados. Na Figura 4 é mostrado o comportamento da umidade relativa do ar quando comandada em 60%, em relação à variação de temperatura do ar fornecido.

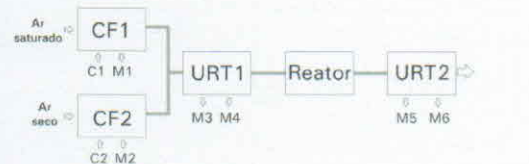


Fig.1. Diagrama em blocos do sistema de controle de fluxo de ar.



Fig.2. Esquema de controle de fluxo e umidade relativa do ar de entrada no reator.

### CONCLUSÕES

O sistema desenvolvido permite versatilidade suficiente para trabalhar em diferentes faixas de fluxo, umidade, e temperatura, mantendo com bastante fidelidade o que for comandado pelo operador. Dessa forma, estudos de cinética de crescimento de fungos por processos de FES podem ser beneficiados segundo o desempenho de crescimento dos microrganismos e produção de enzimas de interesse

### REFERÊNCIA

1. BERTUCCI NETO, V.; FONSECA, R. F.; FRANCISCO, R. A.; FARINAS, C. S.; COURI, S.; Controle automático de fluxo e ajuste de umidade do ar de alimentação em reatores de fermentação sólida. In: XVII Simpósio Nacional de Bioprocessos SINAIFERM 2009, 2009, Natal. Anais do XVII Simpósio Nacional de Bioprocessos, 2009.

Fig.3. Instrumento virtual desenvolvido para o sistema de aquisição de dados e controle de fluxo de ar.

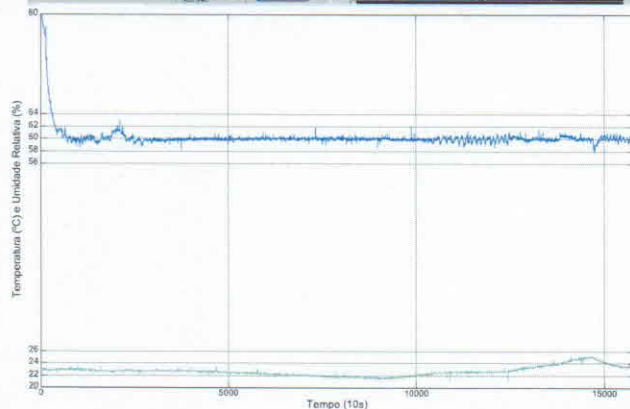
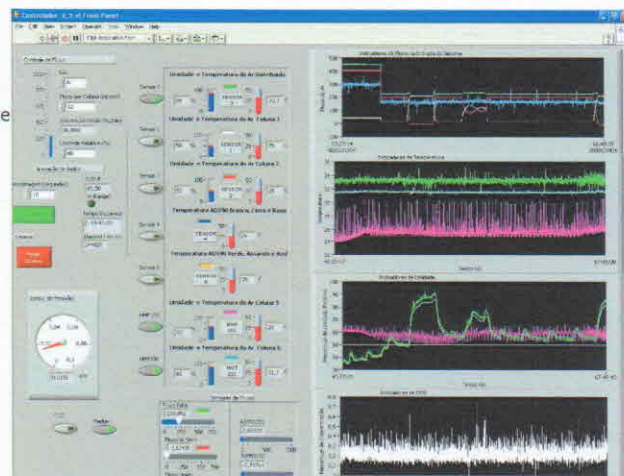


Fig.4. Resposta da umidade relativa para minimizar o erro entre o valor medido e o escolhido pelo usuário em função da variação de temperatura.