

Controle da fermentação aumenta e melhora produção do setor

Henrique Vianna de Amorim, Luiz Carlos Basso e Mario Lucio Lopes*



Lavagem de cana-de-açúcar na alimentação de esteira na Usina da Barra; Barra Bonita, SP; 2001

Fermentação é um processo vivo e, como tal, a conversão do açúcar em álcool depende da levedura. Entre as principais linhagens de leveduras utilizadas pelas destilarias brasileiras, estão as selecionadas de fermentações industriais. Na safra 2007/2008, as leveduras selecionadas CAT1 e PE2 foram introduzidas em 134 destilarias e respondem atualmente por 60% do álcool combustível produzido no país. Mas nem sempre foi assim. Durante muitos anos, as fermentações industriais foram conduzidas com leveduras de panificação. Toneladas de fermento eram adquiridas pelas destilarias a cada início de safra para permitir o arranque da fermentação, uma vez que o processo baseia-se em teores elevados de fermento no vinho (de 8 a 17%). Além das leveduras de panificação, muitas destilarias iniciavam a safra com a levedura IZ-1904, famosa no setor sucroalcooleiro, fornecida pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP ESALQ).

Até o final da década de 80, as destilarias dispunham de diferentes tipos de leveduras, mas não de meios para monitorar a permanência das mesmas no processo industrial. Careciam de procedimentos metodológicos que pudessem identificar e monitorar a presença dessas leveduras na fermentação, assim como demonstrar a presença de contaminantes no processo. Tentativas realizadas com base no uso de mutantes *petit* (deficientes respiratórios) não foram muito bem sucedidas, porque outras leveduras selvagens também podiam apresentar essa característica, porém com desempenhos fermentativos completamente distintos.

Por essa razão, ouvia-se dizer que, em determinadas situações, a IZ-1904 era muito boa e, em outras, que não se prestava à fermentação industrial. Porém, naquela época, não havia uma explicação satisfatória. Essa situação começou a mudar com o desenvolvimento da cariotipagem. A técnica baseia-se na separação dos cromossomos por eletroforese e foi utilizada por pesquisadores do Institut

des Produits de la Vigne, em Montpellier (França), para identificar as leveduras de vinho. Em 1990, a cariotipagem passou a ser utilizada para identificar e monitorar as leveduras de processos industriais de fermentação alcoólica no Brasil.

As primeiras descobertas revelaram que as linhagens de panificação, assim como a IZ-1904 e a TA, eram rapidamente substituídas por leveduras selvagens, dentro de 7 a 10 dias. Na maior parte dos casos, essa substituição trazia problemas para a fermentação. A segunda descoberta foi a possibilidade de selecionar novas linhagens mais eficientes para os processos industriais de fermentação alcoólica, pois, entre as leveduras selvagens, algumas se mostravam dominantes e persistentes na dorna de fermentação. Mais de 90 linhagens foram selecionadas pela Fermentec/USP ESALQ e exaustivamente avaliadas em ensaios de fermentação em laboratório. As mais promissoras foram reintroduzidas nas fermentações industriais e monitoradas pela cariotipagem. Daquele total, somente três leveduras se mostraram com habilidade de implantação no processo industrial e, atualmente, duas delas (CAT1 e PE2) são comercializadas para todo o país, na forma desidratada (Amorim et al., 2004).

Nos ensaios de fermentação realizados em laboratório, as linhagens CAT1 e PE2 apresentaram, na média de seis ciclos fermentativos, rendimentos 3% superiores ao da levedura de panificação. Além disso, CAT1 e PE2 apresentaram maior viabilidade celular e tolerância aos estresses da fermentação alcoólica. Dessa forma, o uso dessas leveduras contribuiu significativamente não só para manter elevado o rendimento fermentativo, mas também para a redução do consumo de dispersantes e antiespumantes pelas usinas — ao contrário da grande maioria das leveduras selvagens e espumantes que contaminam as fermentações industriais, as linhagens selecionadas CAT1 e PE2 formam pouca espuma.

Mas os problemas no dia-a-dia das fermentações não podem ser atribuídos apenas às leveduras, e as mesmas não podem ser responsáveis pela solução de todos os males do processo. O grande diferencial que vai distinguir um processo eficiente e eficaz é a sua forma de gerenciamento. E não se faz gerenciamento sem números confiáveis. Para isso, é necessário medir bem cada etapa do processo industrial, desde a qualidade da cana que entra na indústria, seu processamento, fermentação, rendimentos e perdas, até a qualidade do produto final.

MEDIÇÃO

Nos últimos 30 anos, houve mudança profunda nas usinas que, em busca de eficiência, passaram a medir melhor seus processos. Atualmente, metodologia e equipamentos utilizados por usinas e destilarias brasileiras e estrangeiras foram desenvolvidos a partir de uma parceria que se estabeleceu entre as usinas, a Fermentec, a USP ESALQ e a Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ). Entre as principais inovações introduzidas nas usinas desde o início do Proálcool, pode-se destacar a contagem rápida de bactérias vivas ao microscópio em até 15 minutos, a determinação mais precisa de açúcares em mostos, caldos, xaropes e melaços pelo Redutec, a quantificação de açúcares redutores em águas industriais e vinhos pela metodologia de Somogyi e Nelson, a determinação de teores alcoólicos por microdestilação seguida da densimetria digital, a introdução do *near infra-red spectroscopy* (NIRS) para realização de diversas análises em até 50 segundos (exceto pH e acidez), melhoria dos sistemas de amostragens para análises microbiológicas pelo uso de seringas aplicadas em pontos de coleta nas linhas de caldo e mosto, e o desenvolvimento de um teste rápido para escolher o antibiótico mais adequado para o controle da contaminação bacteriana.

Assim como a cariotipagem, que permitiu identificar e monitorar as leveduras, o

desenvolvimento desses procedimentos metodológicos e equipamentos abriu caminho para a indústria sucroalcooleira medir melhor e gerenciar seus processos, aumentando eficiência, reduzindo custos e melhorando a qualidade do açúcar e do álcool produzidos.

PROCESSOS

Atualmente, os principais processos de fermentação alcoólica utilizados pelas destilarias brasileiras são o sistema em batelada alimentada e a fermentação contínua, ambos com reciclo de leveduras com centrifugas. Cerca de 75% dos processos industriais de fermentação alcoólica para produção de álcool combustível no país estão estabelecidos com base em processos de batelada alimentada, enquanto que o restante (25%) são fermentações contínuas. Um levantamento realizado em usinas e destilarias clientes

da Fermentec, durante oito safras consecutivas, demonstrou melhor desempenho das fermentações em batelada alimentada, em comparação com as fermentações contínuas, quanto ao rendimento geral da destilaria, consumo de antibióticos e de ácido sulfúrico durante o tratamento do creme de levedo (Figura 1). Esses números, obtidos ao longo das últimas safras, mostram os comportamentos dos dois processos de fermentação.

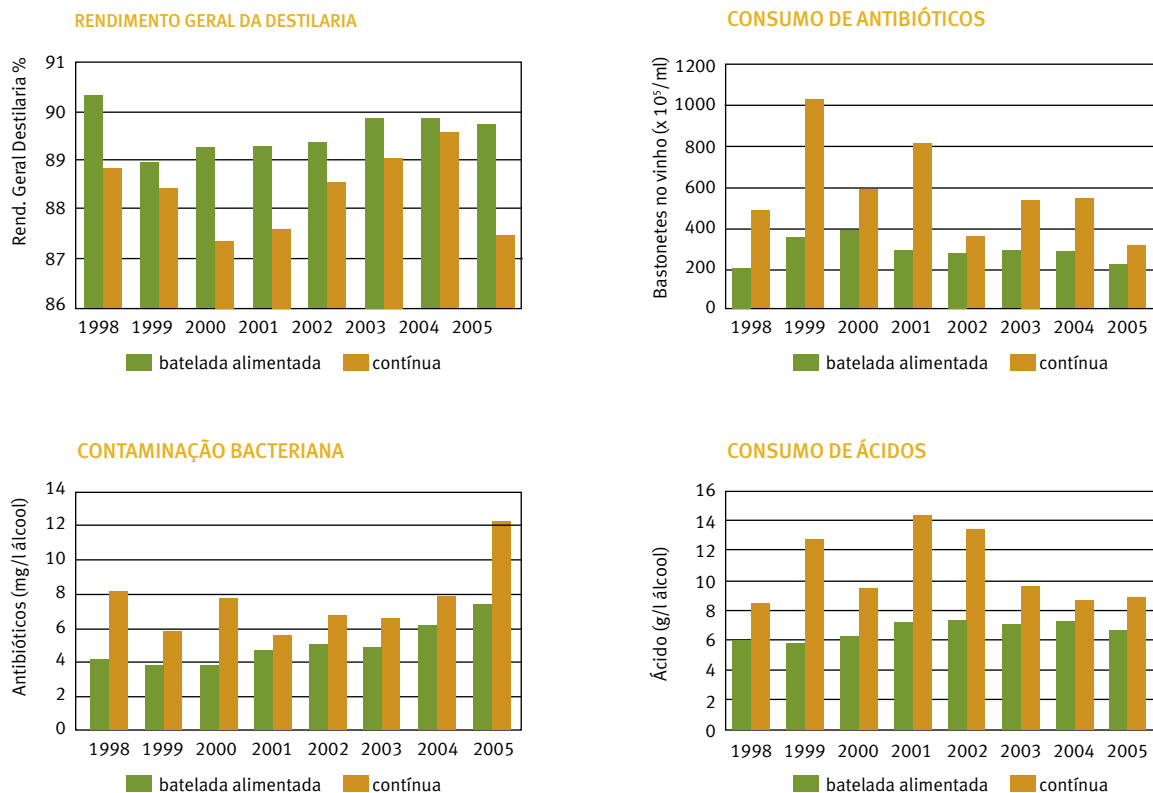
Devido às dificuldades operacionais para limpar dornas com volumes que chegam a dois milhões de litros, os problemas causados pela contaminação bacteriana são maiores e mais frequentes na fermentação contínua (Figura 1), com impacto direto sobre o consumo de insumos (antibióticos e ácido sulfúrico), bem como sobre o rendimento geral da destilaria. Existe também maior dificuldade para se medir o rendimento

das fermentações contínuas, seja pela imprecisão dos medidores de vazão, ou pela dificuldade na determinação de co-produtos, como ocorre quando da floculação do fermento. A determinação do rendimento por co-produtos foi um passo importante para as fermentações contínuas, mas trabalhos recentes demonstram que os rendimentos estão superestimados de uma forma geral, uma vez que os cálculos não consideram determinados co-produtos, entre eles o manitol, formado por bactérias lácticas heterofermentativas, como é o caso do *Lactobacillus fermentum*, isolado com frequência de fermentações industriais (Eggleston et al., 2007).

FUTURO DA FERMENTAÇÃO

Desde a implantação do Proálcool na década de 70, o Brasil vem experimentando ganhos em eficiência e produtividade no

FIGURA 1 | COMPARAÇÃO DE PROCESSOS DE FERMENTAÇÃO POR BATELADA ALIMENTADA E FERMENTAÇÃO CONTÍNUA, QUANTO AO RENDIMENTO GERAL DA DESTILARIA, CONTAMINAÇÃO BACTERIANA, CONSUMO DE ANTIBIÓTICOS E CONSUMO DE ÁCIDO SULFÚRICO.



Fonte: Fermentec

TABELA 1 | EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DA FERMENTAÇÃO INDUSTRIAL NO BRASIL

PARÂMETROS	1977	2006
Rendimento da fermentação	75-80%	90-92%
Rendimento da destilação	95%	>99,5%
Contaminação bacteriana	10 ⁸ -10 ⁹ /ml	10 ⁵ -10 ⁶ /ml
Tempo de fermentação	18-22 horas	6-10 horas
Recirculação de fermento	~70%	>90%
Teor de fermento no vinho	4-6%	8-17%

Fonte: Fermentec

FIGURA 2 | DETALHE DAS DORNAS DE FUNDO CÔNICO: MELHOR DESEMPENHO OPERACIONAL. CRÉDITOS: FERMENTEC




ACERVO DOS AUTORES

setor sucroalcooleiro. Tais resultados foram conseqüências de melhorias em diversas áreas: variedades de cana, práticas culturais, melhor integração entre o setor agrícola e a indústria, melhor aproveitamento dos equipamentos e controle dos processos etc. Especificamente em relação à fermentação, os ganhos foram expressivos. A Tabela 1 mostra a evolução de diversos parâmetros do processo industrial.

Tais melhorias podem ser creditadas também ao melhor controle microbiológico do processo, reduzindo tanto a contaminação bacteriana como a de leveduras selvagens que se instalam nas dornas. É provável que rendimentos pouco

acima de 92% ainda possam ser obtidos, porém com controle muito mais eficiente do que o hoje praticado. Assim, níveis de contaminação bacteriana nos mostos deverão ser inferior a 10⁻¹ bastonetes por ml, simultaneamente com outras medidas para reduzir o estresse imposto às leveduras (velocidade de alimentação, tratamento do fermento, temperatura da fermentação etc.). Em relação ao processo contínuo, a fermentação em batelada se mostra melhor, em especial em dornas de fundo cônico, onde apresenta desempenho operacional superior (Figura 1).

Teores alcoólicos mais elevados permitirão economia de energia, ao mesmo tempo que poderão promover melhor

controle da contaminação bacteriana. Simultaneamente, novas alternativas para o tratamento ácido do fermento serão exigidas, como antibacterianos naturais, favorecendo o uso da levedura como fonte protéica para animais e humanos. Tais mudanças deverão ser acompanhadas de um programa de seleção de novas linhagens de leveduras, seguramente isoladas do ambiente industrial de fermentação, para atender ao grande número de destilarias com seus processos peculiares. Igualmente necessário é o estudo sistemático das condições fisiológicas da levedura no ambiente da fermentação, bem como a identificação de fatores estressantes e inibitórios ainda desconhecidos, que comprometem a eficiência do processo industrial. Métodos analíticos mais apropriados, como a cromatografia líquida e a espectrofotometria de infravermelho serão de grande valia para o controle mais efetivo do processo, permitindo à própria destilaria melhor avaliar os seus procedimentos operacionais. A consecução de tais objetivos será enormemente facilitada pelo incentivo às pesquisas sobre a fisiologia, a bioquímica e a microbiologia nas condições do processo industrial, assim como a busca de procedimentos analíticos mais apropriados. 

* **Henrique Vianna de Amorim** é da Fermentec (amorim@fermentec.com.br); **Luiz Carlos Basso** é professor do Departamento de Ciências Biológicas da USP ESALQ (lucbasso@esalq.usp.br) e **Mario Lucio Lopes** é da Fermentec (mario@fermentec.com.br).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, H. V. et al. Identification and selection of yeast strains from alcoholic fermentations in Brazil by electrophoretic karyotyping. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON YEASTS, 11th, 2004, Rio de Janeiro. *Yeasts in science and technology: The quest for sustainable development*. Rio de Janeiro: International Commission on Yeast; UFRJ, 2004. p. 51.
- EGGLESTON, G. et al. Mannitol as a sensitive indicator of sugarcane deterioration and bacterial contamination in fuel alcohol production. *Zuckerindustrie*, v. 132, p. 33-39, 2007.