



## Simulação e otimização do processo de fermentação alcoólica para produção de vinho em reatores de microcanais

Vitor Trindade Ferraz\*, Harrson S. Santana, Adriano G.P. da Silva e Osvaldir P. Taranto

### Resumo

O projeto em questão visou avaliar o grau de mistura e a otimização da geometria de um microrreator, em busca das condições ótimas e de maiores eficiências de reação do processo de fermentação. Fez-se uso do *Autodesk Inventor* e do *ANSYS Workbench* para o desenvolvimento da geometria e avaliação da mistura, que confirmou a eficiência dos obstáculos nos microcanais para uma melhor eficiência.

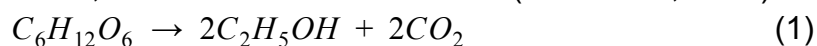
### Palavras-chave:

*Simulação, fermentação alcoólica, reatores de microcanais.*

### Introdução

O processo convencional para a produção do vinho é em batelada e requer grandes quantidades de insumos e um tempo reacional elevado, o que dificulta a realização de testes utilizando diferentes matérias primas e leveduras. Como alternativa, a microfluídica surge como ferramenta bastante útil, já que reatores de microcanais permitem a manipulação de pequenas quantidades desses reagentes e reagirem por um reduzido período de tempo, quando comparado aos processos convencionais, em seus canais (Zhang *et al.*, 2006). Os dispositivos miniaturizados (entre eles microrreatores, microsseparadores e microtrocaadores de calor) são, também, utilizados para intensificar processos, buscando melhorias tanto na produtividade do processo quanto no dimensionamento e consumo energético dos equipamentos envolvidos no processo (Stankiewicz e Moulijn, 2000).

A produção do vinho ocorre através da fermentação de leveduras, processo metabólico em meio anaeróbico em que carboidratos e compostos relacionados são parcialmente oxidados, resultando em liberação de energia (Jay, 2005). A fermentação alcoólica, representada pela Equação 1, libera energia durante a oxidação, principalmente, da glicose e da frutose, sendo a energia utilizada para o crescimento microbiano e para a produção do álcool, além de dióxido de carbono (Lima *et al.*, 2001).



Na microfluídica, é importante verificar o processo de mistura, sabendo que, em ambientes microfluídicos, o escoamento é laminar, o que significa que as correntes do escoamento se movimentam em camadas, dificultando a mistura entre os reagentes. Dessa forma, para o processo, é de grande importância a obtenção de um



microdispositivo otimizado que realize de forma eficiente a mistura e a reação entre os fluidos, seja por obstáculos em seus microcanais ou outras maneiras criativas e eficientes para a mistura. Diante disso, esse projeto objetivou otimizar a geometria de um microrreator, visando a obtenção de maiores eficiências do processo fermentativo de produção de vinho utilizando esse microdispositivo.

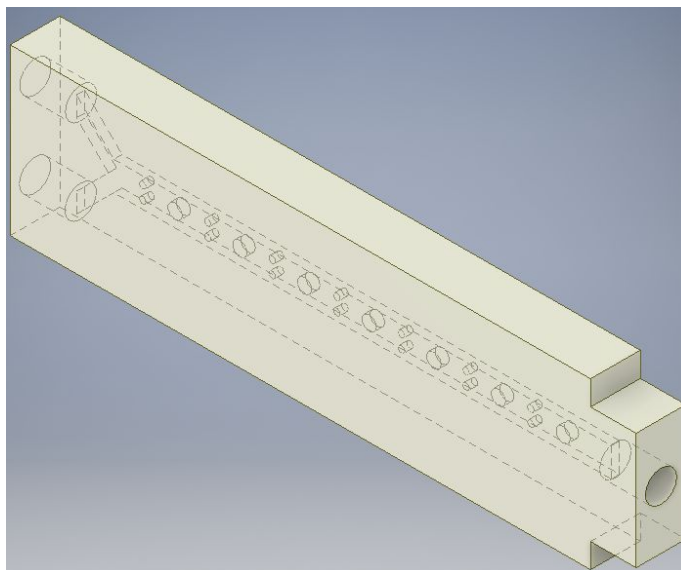
## Objetivos

O objetivo geral do projeto consistiu em estudar numericamente a fermentação alcoólica a partir de suco de uva e suspensão de *Saccharomyces cerevisiae* em microrreatores. Para isso, a avaliação do grau de mistura dos reagentes em diferentes números de Reynolds e a otimização da geometria do microrreator são objetivos específicos visando encontrar as condições ótimas e de maiores eficiências de reação. Os resultados obtidos devem ser comparados aos já armazenados pelo grupo de pesquisa.

## Resultados

Primeiramente, obteve-se a modelagem digital de microrreatores com obstruções em seus canais, visando solucionar a condição de mistura em um escoamento laminar, como é o de microcanais.

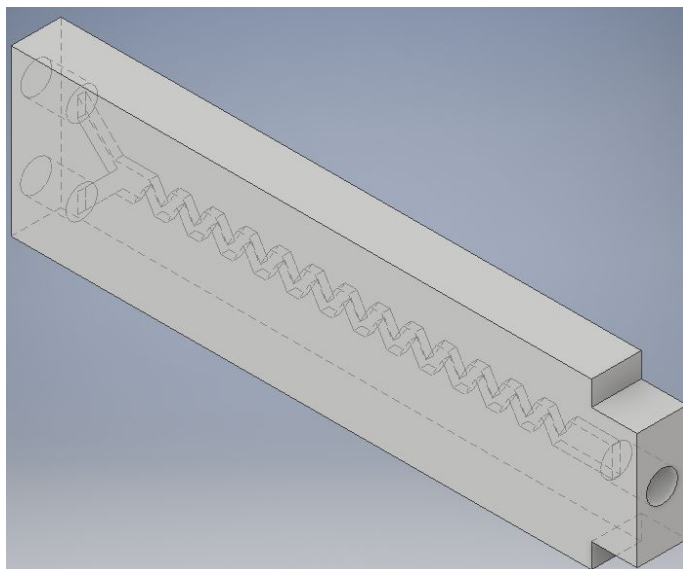
A Figura 1 abaixo ilustra o primeiro modelo de microrreator desenvolvido no software *Autodesk Inventor*.



**Figura 1:** Primeiro microrreator com obstruções desenhado no Inventor.

Nesse primeiro modelo, é possível notar a escolha de utilizar pequenos cilindros como obstáculos, com o intuito de forçar o escoamento para um regime não laminar.

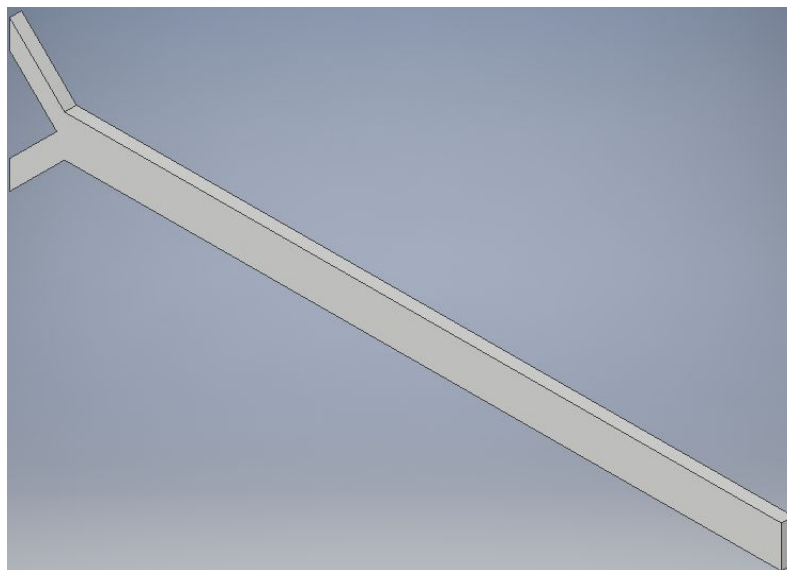
Desenvolveu-se, então, um segundo modelo, pensando em otimizar o grau de mistura do escoamento. Esse segundo modelo está representado na Figura 2 abaixo.



**Figura 2:** Segundo microrreator com obstruções desenhado no Inventor.

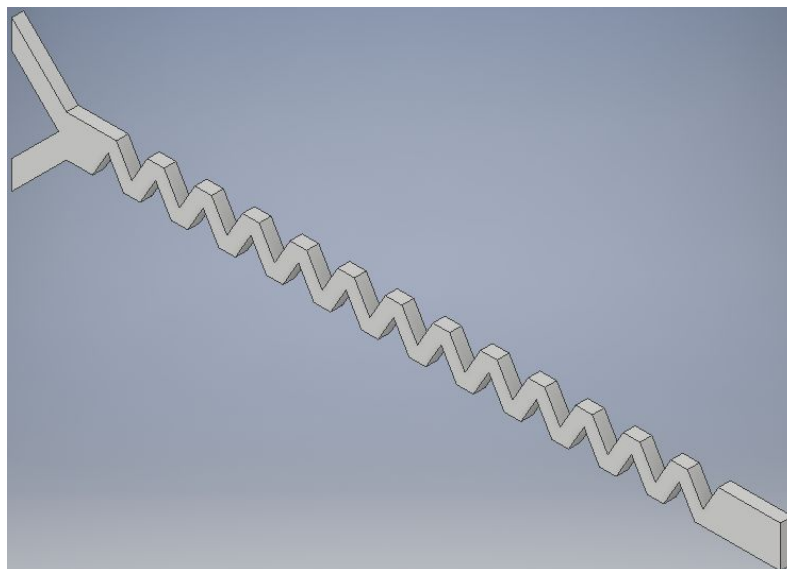
O segundo modelo desenvolvido seria, então, utilizado para a realização de ensaios numéricos, visando confirmar seu grau de mistura.

Para isso, inicialmente, foi necessário o recorte dos canais dos micromisturadores para que esses fossem importados ao *ANSYS Workbench*. Um canal sem obstruções e o canal do segundo modelo desenvolvido foram selecionados para o estudo de caso.



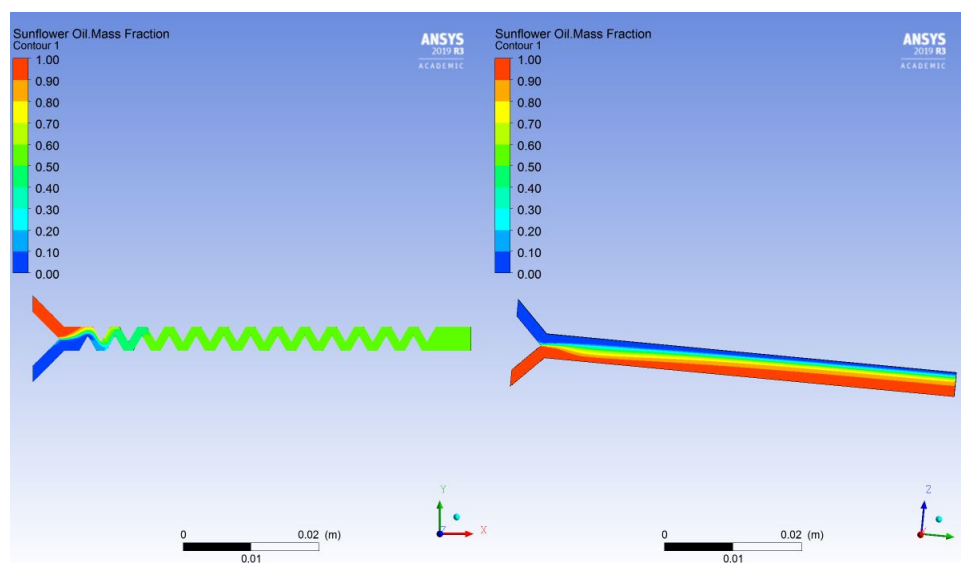
**Figura 3:** Recorte do canal sem obstruções para importação ao *ANSYS Workbench*.

Já a Figura 4 abaixo representa o recorte do canal com obstruções.



**Figura 4:** Recorte do canal com obstruções para importação ao ANSYS Workbench.

Com as propriedades e parâmetros dos fluidos inseridos no software, foi possível realizar a simulação do escoamento nos dois microcanais e compará-los. A Figura 5 ilustra a simulação realizada, trazendo dados sobre a fração mássica da mistura nos diferentes canais.



**Figura 5:** Simulação de comparação entre a fração mássica de óleo de girassol para o canal com obstrução e do canal sem obstrução, respectivamente.

Na Figura 5 acima, é possível analisar que o formato do microcanal desenvolvido realiza melhor a mistura do óleo e o etanol quando comparado ao microcanal sem obstrução.



## Discussão / Conclusões

Durante a pesquisa, cumpriu-se boa parte das atividades estabelecidas durante o objetivo do projeto. Com relação à produção de vinho em si, não foi possível obter uma conclusão fiel ao objetivo. Porém, a partir da Figura 5, é possível observar e concluir a efetividade da obstrução selecionada para a análise do grau de mistura. Para a obtenção dos dados de fermentação, seria necessário um prosseguimento do projeto a partir de dados experimentais coletados, que pode ser realizado num futuro próximo.

## Agradecimentos

O desenvolvimento do projeto se deve ao apoio do orientador e dos pesquisadores colaboradores. Como autor do projeto, gostaria de deixar meus agradecimentos à toda equipe do laboratório, em especial, ao Harrison Santana e à Mariana Lopes por contribuírem com minha formação e aprendizado durante a pesquisa.

## Bibliografia

- ❑ Zhang, X.; Wiles, C.; Painter, S.; Watts, P.; Haswell, S. J. Microreactors as tools for chemical research. *Chemistry Today*, v. 24, p. 43-45, 2006.
- ❑ Stankiewicz, A. I.; Moulijn, J. A. Process Intensification: Transforming Chemical Engineering, *Chemical Engineering Progress*, Process Design Trends, p. 22-33, 2000.
- ❑ Jay, J. M. *Microbiologia de alimentos*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 712 p., 2005.
- ❑ Lima, U. A.; Borzani, W.; Schmidel, W.; Aquarone, E. *Biotecnologia Industrial: Processos fermentativos e Enzimáticos*. Vol.3, 1º edição, São Paulo - SP. Editora Edgard Blucher, 593 p., 2001.
- ❑ Seo, T.Y., Eum, K.W., Han, S.O., Kim, S.W., Kim, J.H., Song, K.H., Choe, J., Immobilized cell microchannel bioreactor for evaluating fermentation characteristics of mixed substrate consumption and product formation. *Process Biochem.* 47, p.1011-1015, 2012.
- ❑ Yang, Y.-Q. *Microscale and Nanoscale Process Systems Engineering: Challenge and Progress*. *Chin. J. Proc. Eng.* 2008, 8, 616-624. Schapper *et al.*, 2009.