

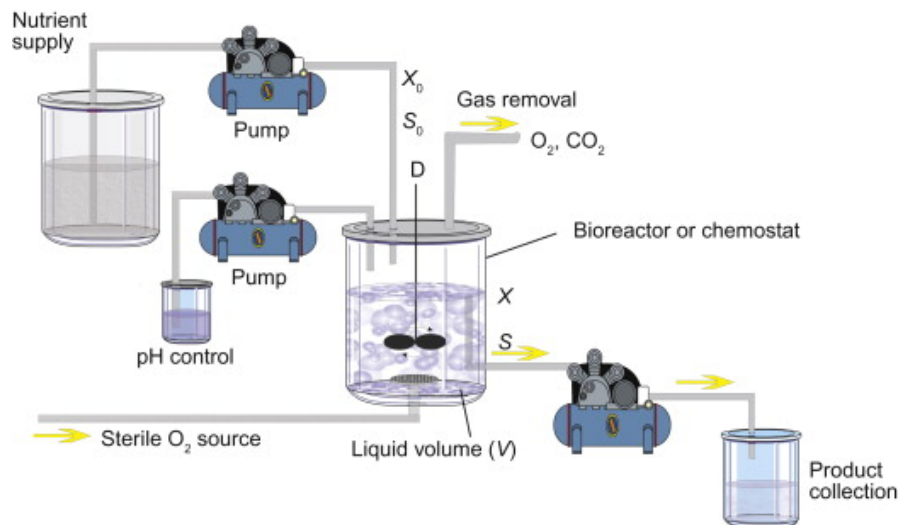
Relatório-Modelagem de Fenômenos Biológicos

Raphael Levy e Erick Brito

Resumo Summary

Introdução

Como forma de avaliação para o curso de Modelagem de Fenômenos Biológicos, decidimos analisar modelos de crescimento de microrganismos. Mais precisamente, escolhemos analisar o modelo de um **quimiostato** (**chemostat**, em inglês). O quimiostato é um tipo de bioreator, um tipo de equipamento laboratorial em que um meio de cultura “fresco” é continuamente adicionado, enquanto que o meio anterior com o conteúdo “restante” é continuamente removido na mesma taxa, mantendo o volume constante, e é usado para controlar a taxa de crescimento dos microrganismos presentes [1]. Além disso, é possível também regular níveis de pH, temperatura e oxigenação [2].



Funcionamento de um quimiostato [2]

Um exemplo de funcionamento de um quimiostato pode ser encontrado em [3].

Para análise de competições entre organismos no quimiostato, são utilizados modelos matemáticos baseados em equações diferenciais, com algumas pequenas variações dependendo do estudo feito [4]. Originalmente, muitos modelos de quimiostato assumiam que o coeficiente de rendimento de biomassa era constante, mas observações experimentais indicavam que um rendimento constante não poderia explicar o comportamento oscilatório presente no quimiostato.

Foi sugerido então que se usasse um coeficiente linear, com um ciclo limitante, e posteriormente Huang [5] e Pilyugin e Waltman [6] desenvolveram modelos com um rendimento variável em vários

ciclos, porém esses modelos ainda consideravam apenas o estudo de um único microrganismo por vez. Assim, em 1999, um modelo tridimensional, desenvolvido por Song G. e X. Li ^[7], que utilizava dois microrganismos, com funções de reações de tipo Monod ¹ ^[8] e coeficientes de rendimento assumidos como uma função linear da concentração de nutriente, conseguiu estabilidade.

Por outro lado, novos estudos acabaram indicando que a taxa de crescimento não se ajusta de forma imediata às mudanças no estado estacionário da entrada de substrato ou na taxa de diluição, como previsto por uma equação de Monod, mas na verdade passa por um “atraso” em resposta às alterações na cultura, que é conhecido como um fenômeno inerte ou efeito de histerese. ² ^[9].

Metodologia

Para nosso artigo, decidimos utilizar um modelo

¹Uma equação Monod é um tipo de modelo matemático para o crescimento de microrganismos, desenvolvido pelo bioquímico Jacques Monod, relacionando a taxa de crescimento dos microrganismos com a concentração de meio nutritivo limitado em um ambiente aquoso. A equação é dada por:

$$\mu = \mu_{max} \frac{[S]}{K_s + [S]}$$

Onde μ é a taxa de crescimento do microrganismo em estudo, μ_{max} é a taxa máxima de seu crescimento, $[S]$ é a concentração do substrato limitante para o crescimento S e K_s é o valor de $[S]$ quando $\mu/\mu_{max} = 0.5$ (K_s é a “constante da meia-velocidade”).

²Tendência de um sistema de conservar suas propriedades na ausência de um estímulo que as gerou ^[10]

References

- [1] Wikipedia.
Chemostat.
<https://en.wikipedia.org/wiki/Chemostat>

- [2] ScienceDirect.
Chemostat
<https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/chemostat>

- [3] Naomi Ziv, Nathan J. Brandt e David Gresham. 2013
Journal of Visualized Experiments. The Use of Chemostats in Microbial Systems Biology.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3940325/pdf/jove-80-50168.pdf>

- [4] S. M. Sohel Rana and Umme Kulsum. 2012.
A Mathematical Model Related To Chemostat With Variable Yields. Department of Mathematics, University of Dhaka, Dhaka-1000, Bangladesh. Dhaka Univ. J. Sci. 60(2): 147-152, 2012
<https://www.banglajol.info/index.php/DUJS/article/view/11482>

- [5] Zhu, L. and X.C. Huang. 2005.
Relative positions of limit cycles in a continuous culture vessel with variable yields. Journal of Mathematical Chemistry, 38, 2:119-128.
Multiple limit cycles in a continuous culture vessel Nonlinear analysis: Theory, Methods and Applications.

- [6] Pilyugin S. S. and P. Waltman, 2003.
Multiple limit cycles in the chemostat with variable yield, Math. Biosci. 182, 151-166.

- [7] Song G. and X. Li, 1999.
Stability of solution to the chemostat system with non-constant consuming rate, J. Biomath. 14:1, 24.

- [8] Wikipedia.
Monod equation.
https://en.wikipedia.org/wiki/Monod_equation.

- [9] T. B. Young, D. F. Bruley, e H. R. Bungay. 1970.
A dynamic mathematical model of the chemostat Clemson University, Clemson, South Carolina 29631
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bit.260120506>

- [10] Wikipedia.
Histerese.
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Histerese>