

XII-041 – ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS CINÉTICAS NA MODELAGEM DE PROCESSOS BIOLÓGICOS OPERANDO EM BATELADA ATRAVÉS DO MODELO CINÉTICO PROPOSTO MOSER

Pablo Luiz Fernandes Guimarães⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba.

Edson Cassio Araújo Gomes

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba.

Abílio José Procópio Queiroz

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba.

Narcísio Cabral Araújo

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba.

Igor Sousa Ogata

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba.

Endereço⁽¹⁾: Rua João Silveira Guimarães, 55 - Itararé – Campina Grande - PB - CEP: 58411-065 - Brasil -
Tel: (83) 3337-1192 - e-mail: pabloluiz_1@yahoo.com.br

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo fazer o perfil das concentrações de biomassa, substrato e produto de um reator biológico operando em batelada por meio do modelo cinético de Moser de modelagem matemática e a utilização de softwares computacionais. Por ser um estudo teórico utilizaram-se dados aleatórios para constantes cinéticas (K_1 e K_2), biomassa inicial, substrato, produto inicial, tempo e velocidade específica máxima (μ_{max}), todas essas variáveis utilizadas no modelo de Moser obtendo-se os perfis da variação temporal de substrato, biomassa e produto. Os modelos matemáticos cinéticos são ótimas soluções para a busca da otimização de sistemas biológicos de tratamento e os softwares computacionais são excelentes ferramentas para a utilização dos mesmos.

PALAVRAS-CHAVE: reator biológico, modelagem matemática, modelo de Moser.

INTRODUÇÃO

Os modelos matemáticos são ferramentas que facilitam o estudo de processos biológicos, por meio desses modelos é possível prever, por exemplo, o comportamento de parâmetros durante o processo (produção ou remoção), que permitem a determinação de condições operacionais que possam otimizar o sistema e, possivelmente, torna-lo economicamente mais viável.

A modelagem matemática de processos biológicos pode ser definida como a tentativa de representar, através de equações matemáticas, os balanços de massa para cada componente no biorreator, associados às complexas transformações bioquímicas que ocorrem no processo e às velocidades com que essas transformações se processam (Rodrigues *et al.*, 2006).

O objetivo principal da modelagem matemática e simulação, como ferramenta do desenvolvimento tecnológico de processos biológicos, é prever o comportamento dinâmico e estacionário do processo, inclusive em condições não testadas empiricamente, possibilitando a determinação das condições operacionais economicamente ótimas do sistema, auxiliando no projeto de algoritmos de controle, no qual o modelo matemático formulado passa a ser parte integrante do processo (Rodrigues *et al.*, 2006).

Neste trabalho objetivou-se avaliar as variações temporais nos perfis do balanço de biomassa, substrato e produtos em reatores biológicos operados em batelada, verificando-se a importância do uso dos modelos matemáticos cinéticos no comportamento dos processos biológicos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A modelagem matemática pode ser entendida como uma abordagem de um problema não matemático por meio da matemática onde as características pertinentes de um objeto são extraídas com a ajuda de hipóteses e aproximações simplificadoras e representações em termos matemáticos são determinadas. No entanto, a modelagem matemática como estratégia de ensino e aprendizagem oferece contribuições que vão além da possibilidade de interação da matemática com a realidade (Almeida e Brito, 2003).

Para realização do consideramos que o reator foi operado em batelada onde o volume em que ocorrem as reações é constante, o biorreator é isotérmico e também é caracterizado por ser de mistura completa, ou seja, não existem gradientes de concentração no interior do mesmo, a taxa de reação é a mesma em todos os pontos, a concentração do efluente de um reator de mistura completa é igual à concentração dentro do reator e a composição interna homogênea. Adotamos o modelo não estruturado onde material celular é representado por uma única variável (massa celular ou número de células) sem considerar variações nos componentes intracelulares.

MODELO CINÉTICO DE MOSER

O modelo de cinético proposto por Moser é calculado pela seguinte fórmula:

$$\mu = \mu_{\max}(1 + k_1 C_s^{-k_2})^{-1}$$

Em que:

μ = velocidade específica de consumo de substrato;

μ_{\max} = velocidade específica máxima de consumo de substrato;

K_1 = constante de saturação pelo substrato;

C_s = concentração de substrato;

K_2 = constante de inibição pelo substrato.

MODELO DE FORMAÇÃO DE PRODUTOS PROPOSTO POR LUEDEKING E PIRET

$$\mu_p = \alpha \mu + \beta$$

Onde α e β são as constantes cinéticas, neste trabalho foram adotados os valores de 1,0 e 0,5h⁻¹ respectivamente. Assim podemos concluir que nosso modelo de formação de produto é parcialmente associada a velocidade específica de crescimento pois α e β são diferentes de zero, concluindo que mesmo após o consumo total de substrato a biomassa continuara crescendo.

CINÉTICA DO CONSUMO DE SUBSTRATO

$$Y_{x/s} = \frac{C_x - C_{x0}}{C_{s0} - C_s} = \frac{\mu}{\mu_s}$$

$Y_{x/s}$ é o fator de conversão estequiométrico de conversão de substrato em biomassa, para nosso experimento foi adotado o valor deste fator como 0,5, ou seja, 50% do substrato são transformadas em biomassa.

MATERIAIS E MÉTODOS

A modelagem e o perfil de concentrações foram feitas com a utilização do Scilab 5.2 para gerar os gráficos. Na modelagem variaram-se os parâmetros cinéticos como também as concentrações iniciais de biomassa e substrato em relação a valores iniciais de cada parâmetro a fim de avaliar e otimizar o sistema biológico.

RESULTADOS

Na Figura 1 mostra o perfil de concentração inicial que foi usado como base para a comparação com os outros perfis de concentração nos quais se diferem em alguns parâmetros que foram modificados em busca de uma otimização para o reator biológico. Nesse primeiro gráfico utilizaram-se as variáveis $\mu_{max}=0,5$; $K_1=1,0$ e $K_2=2,0$.

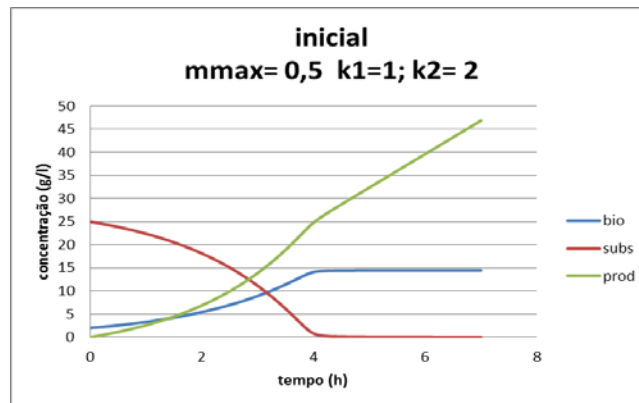


Figura 1: perfil das concentrações inicial do reator biológico.

Analisando o gráfico da Figura 1, observa-se que a variação temporal da produção de biomassa e o consumo total do substrato ocorreu num tempo aproximadamente igual a 4 horas e a taxa de produção de biomassa foi de 86,21%.

No segundo caso houve a modificação do valor de μ_{max} de 0,5 para 5,0 e os resultados obtidos estão na Figura 2.

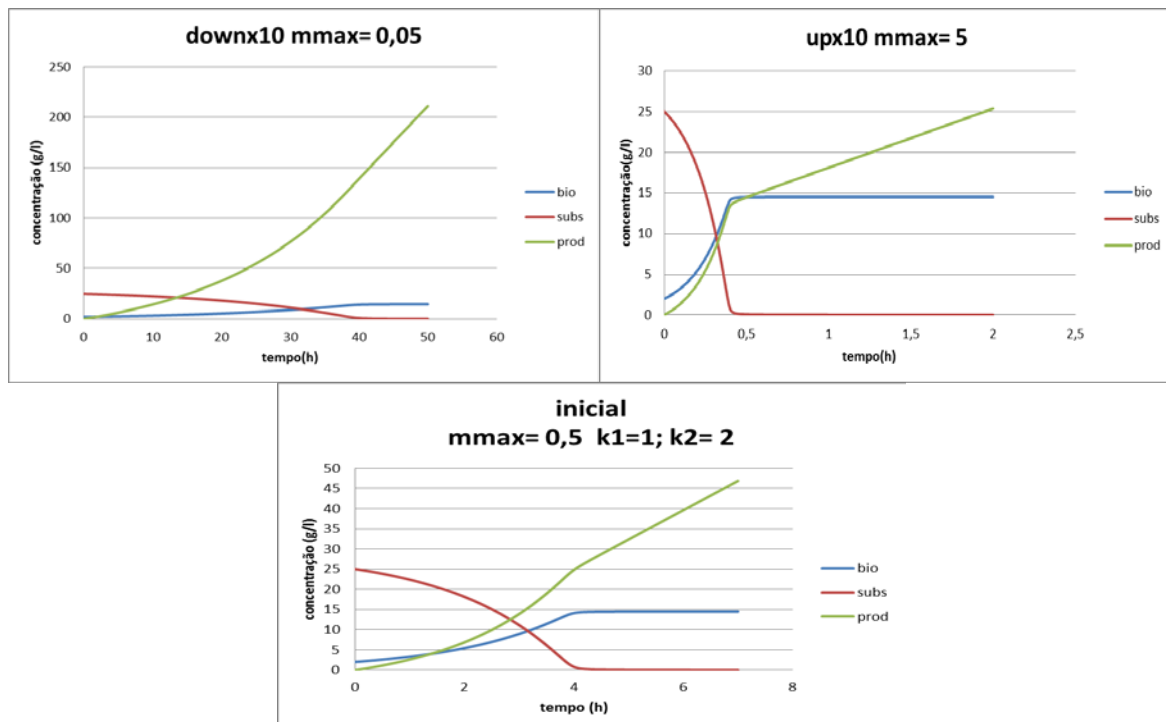


Figura 2: perfil das variações de μ_{max} .

De acordo com gráfico da Figura 2 observa-se que a variação temporal da produção de biomassa e do consumo total do substrato ocorreu num tempo de aproximadamente 0,5 horas quando se realizou o aumento da velocidade específica, comparando com os resultados obtidos com a diminuição desta variável, percebemos o aumento significativo no tempo de consumo do total de substrato que passou a ser de aproximadamente 40h.

Na segunda etapa foi realizado o perfil das concentrações variando os valores de K1. No primeiro caso houve a modificação de K1 de 1,0 para 10,0 e depois a diminuição de 1 para 0,1 obtendo os seguintes resultados representados na Figura 3.

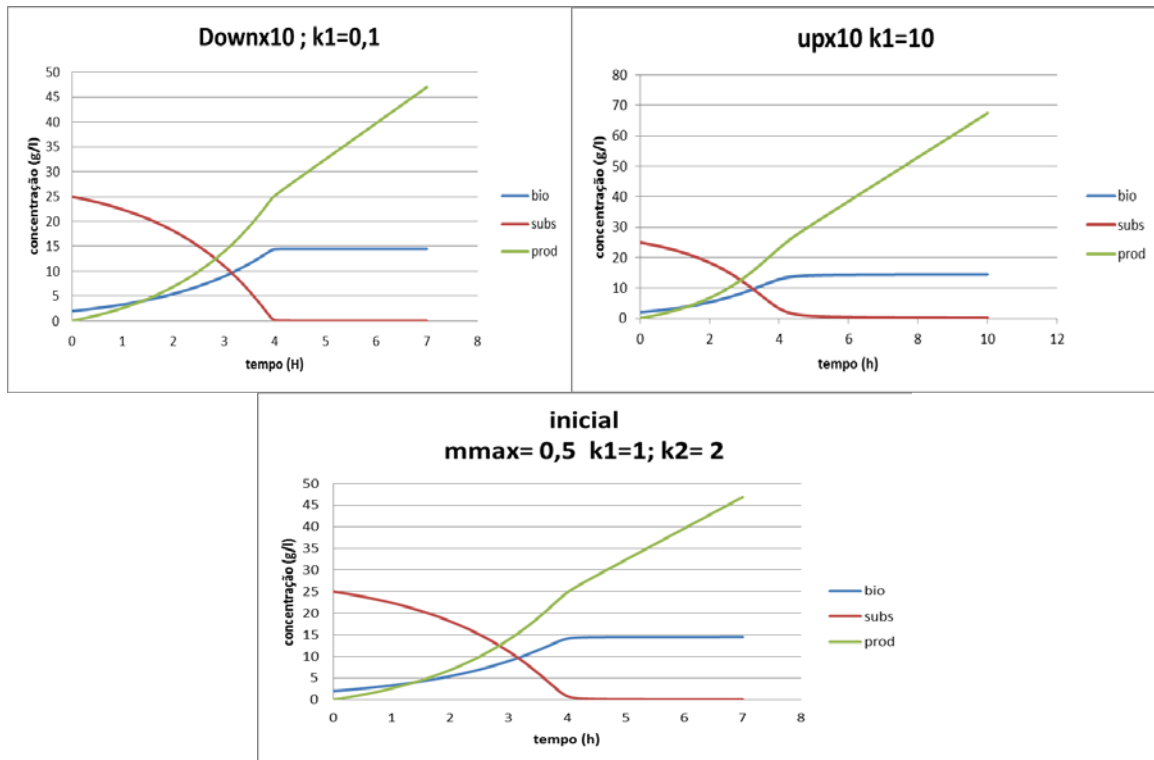


Figura 3: perfil das variações de k1.

Analisando os gráficos da Figura 3 observa-se que a produção de biomassa e o consumo total de substrato ocorreu em um tempo aproximadamente igual a 4 horas para todas as variações feitas na constante de saturação do substrato, percebendo assim que para estas condições este fator não foi relevante, porém vale salientar que na pratica ou com outras condições esta variável pode se apresentar com outro comportamento.

Em seguida foi realizado o perfil das concentrações variando os valores de K2. No primeiro caso houve a modificação de K2 de 2,0 para 20,0 e depois a diminuição de 2 para 1 obtendo os seguintes resultados representados na Figura 4.

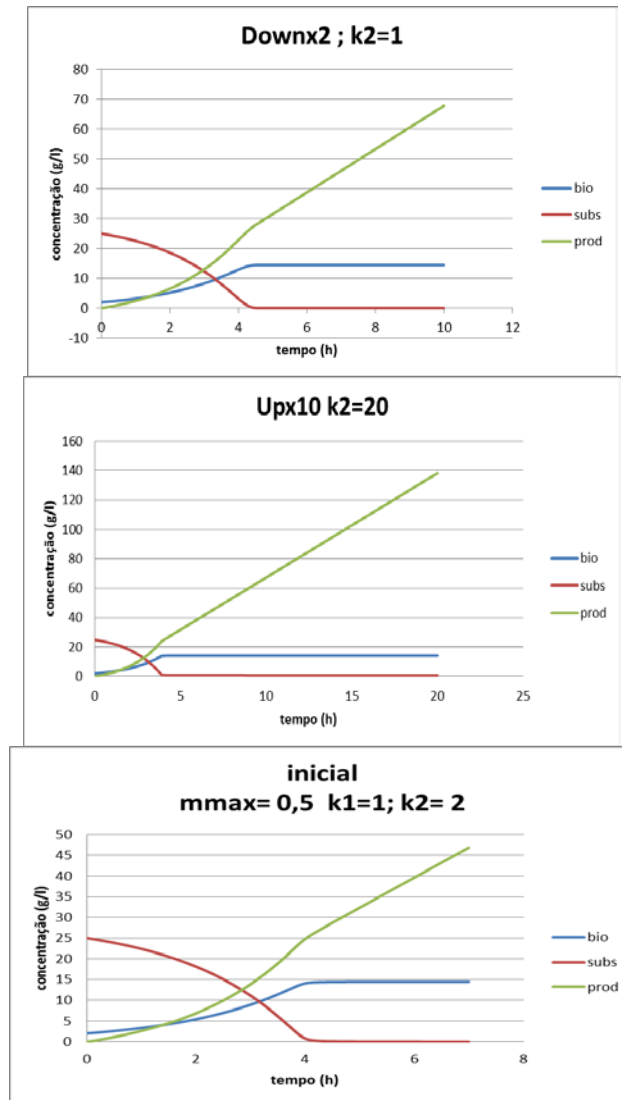


Figura 4: perfil das variações de k2.

Fazendo uma análise dos gráficos da Figura 4 observa-se que a produção de biomassa e o consumo total de substrato ocorreu em um tempo aproximadamente igual a 4 horas para todas as variações feitas para K2, concluindo que para estas condições esta variável não foi relevante, porém na pratica ou com outras condições este parâmetro pode variar de outra forma.

Também foi realizado o perfil das concentrações variando os valores da quantidade de biomassa. Primeiramente foi modificada de 2,0g/l para 20,0g/l e depois a diminuição de 2g/l para 0,2g/l obtendo os seguintes os resultados representados na Figura 5.

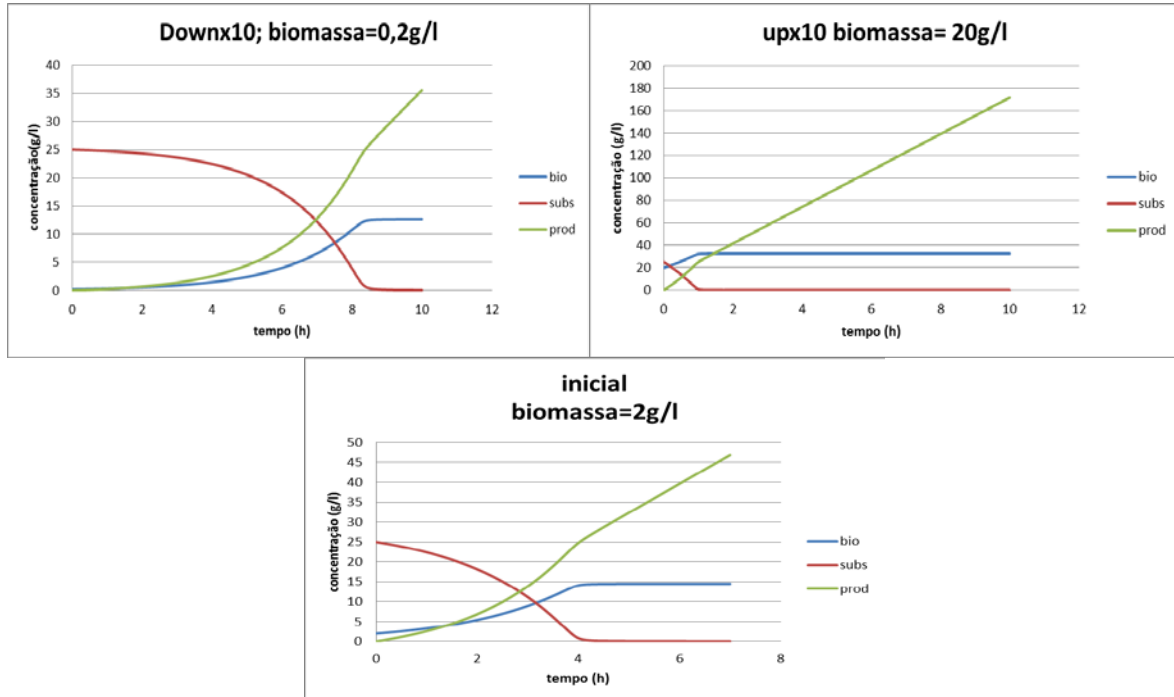


Figura 5: perfil das variações da quantidade de biomassa.

A partir dos gráficos mostrados na Figura 5 observa-se que a produção de biomassa e o consumo total de substrato ocorreram em um tempo aproximadamente de 1 hora quando houve o aumento da biomassa, tal comportamento já era esperado tendo em vista que aumentaria o número de microrganismo para consumir a mesma quantidade de substrato. Já com a diminuição da quantidade de biomassa o tempo de consumo total do substrato aumentou para 8h.

Finalmente foi realizado o perfil das concentrações variando os valores da quantidade de substrato. Modificou-se de 25,0g/l para 50,0g/l e depois a diminuição de 25g/l para 2,5g/l obtendo os seguintes resultados representados na Figura 6.

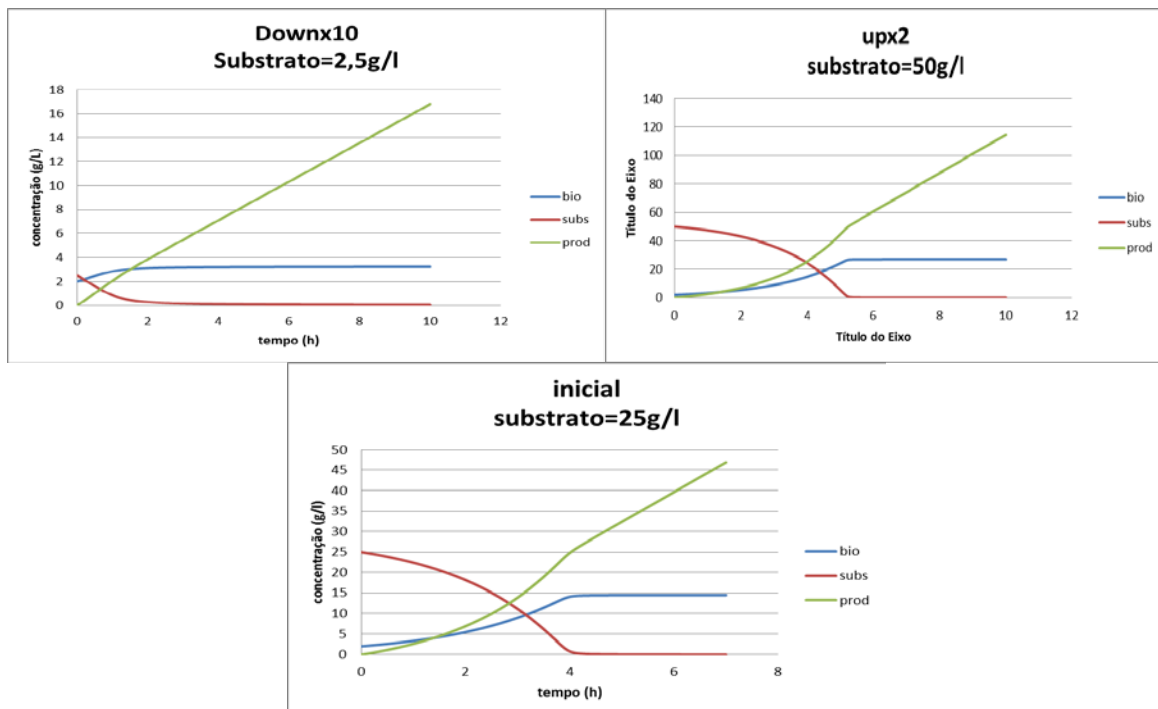


Figura 6: perfil das variações da quantidade de substrato.

Observando os gráficos mostrados na Figura 6, concluímos que a produção de biomassa e o consumo total de substrato ocorreram em um tempo aproximadamente de 5 horas quando houve o aumento do substrato, tal comportamento já era esperado, pois com o aumento do mesmo a biomassa gastará mais tempo para consumi-la completamente. Consequentemente com a diminuição do substrato o tempo de atividade microbiana será menor para que o substrato seja totalmente consumido, implicando também na diminuição da concentração final de biomassa e de formação de produto.

Percebemos também que para todas as experiências feitas à concentração final de biomassa foi à mesma exceto na última onde a concentração de substrato foi diminuída, tal fato deve-se a termos utilizado o mesmo fator de conversão de substrato a células para todos os procedimentos que foi de 0,5.

CONCLUSÕES

Na primeira etapa em que foi trabalhada a variação de μ_{max} observou-se que a taxa da produção de biomassa permaneceu constante nos dois casos, já o tempo de operação a cada batelada variou significativamente para mais com o aumento do μ_{max} e para menos com a diminuição do μ_{max} .

No segundo etapa em que foi trabalhada a variação de K_1 , observou-se que, assim como ocorreu na primeira etapa, a taxa de produção de biomassa nos dois casos permaneceu constante, mas houve uma significativa variação do tempo a cada batelada.

Na terceira etapa em que foi trabalhada a variação da concentração inicial de biomassa, observou-se nos dois casos a taxa de produção de biomassa foi bastante elevada e teve uma pequena variação de tempo em cada batelada.

Na quarta etapa em que foi trabalhada a variação da concentração de substrato, observou-se nos dois casos que a produção de biomassa não foi tão elevada, mas apresentaram elevada variação no tempo de cada batelada para mais com o aumento da concentração de substrato e para menos com a diminuição do substrato.

Vê-se com esses resultados o quanto a mudança de uma variável pode influenciar significativamente o processo biológico a modelagem matemática por meio de modelos cinéticos é uma importante ferramenta para determinar empiricamente essas variáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, L. M. W e BRITO, D.S. Modelagem matemática na sala de aula: algumas implicações para o ens. e aprendizagem da mat. Anais do XI CIAEM, Blumenau, Rs, 2003.
2. Rodrigues, J. A. F. Ratusznej, S. M. Damasceno, L. H. S. Análises de processos biológicos. Texto de apoio didático. São Carlos, 2006.
3. Vieira, F. F. Processos biológicos. Disponível em: ... Acesso em: 10 de setembro de 2010.