

Resumo

Na presente dissertação foram desenvolvidos algoritmos de modelação matemática dos sistemas de biomassa suspensa para a remoção da matéria orgânica carbonatada e nutrientes (azoto e fósforo), baseados nos modelos de lamas activadas ASM1, ASM2, ASM2d, ASM3. Os algoritmos desenvolvidos permitem efectuar a simulação dinâmica desses sistemas aceitando qualquer configuração constituída por N reactores de mistura completa em série. Para os sistemas associados à remoção da matéria orgânica carbonatada e do azoto foram também desenvolvidos algoritmos de simulação aceitando reactores tipo êmbolo e algoritmos de simulação conjunta do reactor biológico e da decantação secundária, adoptando um modelo hidrodinâmico unidimensional dos órgãos de decantação.

Para a calibração dos modelos de lamas activadas foi analisada a aplicabilidade de diferentes métodos de optimização na identificação dos parâmetros dos modelos através da regressão não linear múltipla. Suportados nos resultados desse estudo foram desenvolvidos algoritmos de identificação dos parâmetros dos modelos biocinéticos para a remoção da matéria orgânica carbonatada e do azoto, que permitem a determinação dos valores dos parâmetros dos modelos através da observação de uma ou mais variáveis de estado em qualquer reactor do sistema.

Face ao elevado número de parâmetros dos modelos biocinéticos e à sua reduzida identificabilidade em diversas situações de calibração, foi desenvolvida uma metodologia de análise da identificabilidade dos parâmetros baseada na informação contida nas matrizes de Fisher e/ou das variâncias/covariâncias que permite definir os parâmetros melhor identificáveis via regressão não linear múltipla. Essa metodologia permite estruturar os procedimentos de calibração dos modelos biocinéticos, definindo o grupo de parâmetros melhor identificáveis via regressão não linear e os parâmetros a identificar através de procedimentos experimentais específicos.

Essa metodologia foi aplicada na concepção da campanha de calibração do ASM3 na ETAR do Freixo (Porto) tendo permitido definir o conjunto de procedimentos experimentais conducente à determinação dos parâmetros do modelo.

O modelo calibrado foi aplicado na simulação do reactor biológico da ETAR do Freixo tendo permitido representar correctamente o comportamento do sistema, constituindo uma experiência positiva de validação do ASM3 na modelação de sistemas tratando efluentes predominantemente domésticos.

Foram desenvolvidos algoritmos de dimensionamento optimizado para os sistemas de remoção biológica da matéria orgânica carbonatada e azoto, baseados nos modelos ASM1 e ASM3, que permitem, face às prescrições definidas para a qualidade do efluente final, a obtenção da solução que corresponde a um custo global mínimo (investimento e exploração) para o conjunto reactor biológico/decantação secundária.

Abstract

In the present dissertation, algorithms for the modelling of activated sludge systems performing carbonaceous and nutrient removal, based on the activated sludge models ASM1, ASM2, ASM2d, ASM3, were developed. Those algorithms allow for the dynamic simulation of any system composed by N complete mix reactors in series. For systems associated with the removal of carbonaceous matter and nitrogen, simulation algorithms accepting plug-flow reactors and allowing for the combined simulation of the bioreactor and the secondary settler, were also developed.

For the calibration of the activated sludge models, the applicability of several optimisation methods based on multiple non-linear regression was investigated. Supported by the results of that research, identification algorithms for the parameters of bio-kinetic models applicable to the removal of carbonaceous matter and nitrogen were developed, allowing for parameter identification based on the observation of one or more state variables in any reactor in the system.

Due to the significant number of parameters in the bio-kinetic models and to his reduced identifiability in several calibrating situations, a procedure was developed for the analysis of parameter identifiability based on the information content of the Fisher and/or the variance/covariance matrixes that permits the definition of the set of parameters best identifiable by multiple non-linear regression. This procedure can be used to prepare the calibration of the bio-kinetic models, defining the group of parameters best identifiable by non-linear regression and those whose identification must be achieved by some other experimental procedure.

This procedure was applied in the development of the calibration campaign of ASM3 in the WWTP of Freixo (Porto) allowing for the definition of the experimental procedures adopted for the identification of the model's parameters.

The calibrated model was applied in the simulation of the biological reactor in the WWTP of Freixo and was capable of correctly representing the system's behaviour, being a positive experience on ASM3 validation for systems performing domestic wastewater treatment.

Algorithms were developed for optimal design of systems performing carbonaceous and nitrogen removal, based on ASM1 and ASM3. The algorithms, permit the definition of the minimum cost solution (investment plus operation & maintenance costs) for the biological reactor and secondary settling tank, based on the proposed standards for the final effluent.