

MARIANA VIVOLO AUN

**ESTUDO DA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO VIA NITRITO E VIA NITRATO
EM SISTEMAS DE LODO ATIVADO ALIMENTADOS POR DESPEJO
COM ELEVADA CONCENTRAÇÃO DE FENOL**

São Paulo
2007

MARIANA VIVOLO AUN

**ESTUDO DA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO VIA NITRITO E VIA NITRATO
EM SISTEMAS DE LODO ATIVADO ALIMENTADOS POR DESPEJO
COM ELEVADA CONCENTRAÇÃO DE FENOL**

Tese apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Doutor em
Engenharia

São Paulo
2007

MARIANA VIVOLO AUN

**ESTUDO DA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO VIA NITRITO E VIA NITRATO
EM SISTEMAS DE LODO ATIVADO ALIMENTADOS POR DESPEJO
COM ELEVADA CONCENTRAÇÃO DE FENOL**

Tese apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Doutor em
Engenharia

Área de Concentração:
Engenharia Hidráulica e Sanitária

Orientador:
Pedro Alem Sobrinho

São Paulo
2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Aun, Mariana Vivolo

Estudo da remoção de nitrogênio via nitrito e via nitrato em sistemas de lodo ativado alimentados por despejo com elevada concentração de fenol / M.V. Aun. -- São Paulo, 2007.

224p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

1. Águas residuárias 2. Nitrificação 3. Desnitrificação I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária II. t.

Ao meu marido Abílio e a meu filho Felipe,
pelo amor, carinho e compreensão; aos meus
pais, irmãos e sobrinhos, preciosos
companheiros e amigos de sempre.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Pedro Alem Sobrinho, pela orientação do trabalho, apoio profissional e amizade durante todos esses anos de convívio;

à Prof^a Dra. Dione Mari Morita, pelas grandes contribuições que tanto engrandecem os trabalhos desta Escola;

ao colega e amigo Luciano Matos Queiroz, que me ajudou durante todo o desenvolvimento da pesquisa, desde a fase experimental até as preciosas sugestões para o enriquecimento da tese;

à colega de pós-graduação Mailer, pela grande colaboração no Laboratório durante os últimos meses de operação dos sistemas;

à FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo financiamento do projeto de pesquisa;

à CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de estudos oferecida;

a meu marido Abílio e a meu filho Felipe, por todo o carinho e compreensão ao longo do curso;

a meus pais Wilson e Flávia; meus irmãos Adriana, Cristiane, Veridiana, Giovana, Giuliana e Marcelo; meus sobrinhos Tiago e Camilo; e meus cunhados e cunhada pela colaboração, paciência, apoio e ótimos conselhos dados;

aos colegas de pós-graduação da área de Hidráulica e Sanitária, Lúcia, Adriana, Ricardo, Carlos, Ruy, Gilberto e Diego, pelo estímulo e convivência amiga;

aos funcionários do Laboratório de Saneamento da EPUSP, Fábio e Laerte, e a todos os funcionários do CTH, especialmente Sr. Adhemar, pela preciosa colaboração prestada na fase experimental;

aos funcionários e professores do PHD-EPUSP, que sempre deram toda a colaboração e incentivo;

e enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta tese.

RESUMO

Efluentes com grandes concentrações de fenol e nitrogênio amoniacal apresentam grande potencial poluidor ao meio ambiente. Exemplo deste tipo de despejo é o da unidade de coqueria da indústria siderúrgica que apresenta em termos quantitativos os fenóis como os principais constituintes orgânicos. Constituintes inorgânicos também estão presentes neste tipo de despejo e são principalmente cianeto, tiocianato, sulfato e nitrogênio amoniacal, sendo que a concentração deste último pode atingir níveis de centenas de miligramas por litro. No Estado de São Paulo, para atendimento às legislações em vigor – Decreto Estadual 8468/76 e Resolução CONAMA 357/05 - em termos de nitrogênio amoniacal e fenóis, as fontes poluidoras devem atender aos limites de emissão de 20 mg N/L para nitrogênio amoniacal total e 0,5 mg C₆H₅OH/L para índice de fenóis, e além disso, devem atender a classificação do corpo d'água. Após resultados bem sucedidos de pesquisas realizadas anteriormente no Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da EPUSP objetivando remoção de compostos fenólicos e nitrogênio amoniacal, presentes em uma água residuária sintética de coqueria, através de nitrificação/desnitrificação do afluente em sistemas de lodo ativado, idealizou-se a presente pesquisa objetivando promover a nitrificação/desnitrificação de um despejo similar contendo altas concentrações de fenol (1000 mg/L) e nitrogênio amoniacal (500 a 1000 mgN/L) em sistema piloto de lodo ativado de lodo único, com duas concepções distintas: parcial (“P”) a nitrito (ou “nitritação/desnitritação”) em um primeiro caso, somente com fonte interna de carbono para a desnitrificação, e total (“T”) num segundo caso, com fontes interna e externa de carbono. Além disso, também foi objetivo comparar os resultados obtidos do sistema piloto “P” com um sistema em bateladas seqüenciais operado paralelamente para remoção de nitrogênio via nitrito. A pesquisa permitiu concluir que o sistema contínuo, em virtude de seu regime operacional, não foi eficiente para remoção de nitrogênio via nitrito por não favorecer a manutenção de amônia livre na fase aeróbia em concentrações inibitórias aos microrganismos oxidadores de nitrito, já que segundo os resultados satisfatórios do sistema em bateladas seqüenciais, a existência de amônia livre e o pH se mostraram os principais parâmetros que regem o acúmulo de nitrito no reator. Apesar disso, o sistema apresentou resultados satisfatórios quanto à desnitrificação com fenol como fonte de carbono sendo que, durante toda a operação do sistema, o efluente final apresentou concentrações de fenol desprezíveis. Resumindo, o sistema contínuo só se mostrou adequado para remoção de nitrogênio via nitrito, ao passo que o sistema em batelada favoreceu a remoção via nitrito. Quanto ao sistema “T”, que visava nitrificação/desnitrificação completa com fontes interna e externa de carbono, os resultados permitiram concluir que, apesar do etanol ser utilizado com eficiência pelas bactérias heterotróficas para promover a desnitrificação, seu uso como fonte externa de carbono não foi adequado em sistema de lodo único. Isto porque os microrganismos deixaram de utilizar o fenol na desnitrificação passando a utilizar somente o etanol, provocando acúmulo de fenol e desequilíbrio do sistema. Sendo assim, concluiu-se que o uso de etanol como fonte externa de carbono para a desnitrificação só seria recomendável em reator anóxico em separado, ou seja, em sistema de dois lodos e não de lodo único, como o da presente pesquisa.

Palavras-chave: Nitrito. Nitrito. Lodo Ativado. Fenol.

ABSTRACT

Wastewaters containing high phenol and ammonium concentrations present a great pollutant potential to the environment. An example of this kind of effluent is the discharge of coke-plants, which presents, quantitatively, the phenols as the main organic compound. Inorganic compounds are also present in these wastewaters and are mainly cyanide, thiocyanate, sulphate and ammonium, the last one being able to achieve hundreds of milligrammes per litre. In Sao Paulo State, there are two legislations to be accomplished, State Decree 8468/76 and CONAMA Resolution 357/05 that stand that the polluters must accomplish the discharge limits of 20 mg N/L to total ammonium nitrogen and 0,5 mg C₆H₅OH/L to phenols, as well as accomplish the waterbody classification. The present research was planned after well succeeded results of former researches in EPUSP's Hydraulic and Sanitation Engineering Department aiming to remove phenolic compounds and ammonium from a synthetic coke-plant wastewater, by nitrification/denitrification of the influent in activated sludge plants. The main purpose of this work was to remove nitrogen of a similar wastewater containing high phenol (1000 mg/L) and ammonium (500 a 1000 mgN/L) concentrations in two activated sludge pilot plants (single sludge): a partial one ("P") to remove nitrite (or "nitrification/denitrification") in the first case, only with internal carbon source for the denitrification, and a total one ("T") in a second case, with internal and external carbon sources. It was also aim of this work to compare the results obtained by the Partial ("P") pilot system with a parallel batch sequence reactor operated to remove nitrogen via nitrite. The research concluded that the continuous system, due to its operational characteristic, was not efficient to remove nitrogen via nitrite that does not favor the maintenance of free ammonia in the oxic phase in inhibitory concentrations to the nitrite oxidizers, as according to the well-succeeded batch system, the existence of free ammonia and the pH have been the main parameters to raise the nitrite accumulation in the reactor. Nevertheless, the system presented satisfactory results to the denitrification with phenol as carbon source and, during the whole experimental work, the final effluent just showed despicable phenol concentrations. Summing up, continuous system was just adequate to remove nitrogen via nitrate, while the batch system favored its removal via nitrite. Due to the Total ("T") system which aims to complete nitrification/denitrification with internal and external carbon sources, the results showed that, despite ethanol having been successfully used by the heterotrophic bacteria to denitrification, its use as external carbon source was not adequate in single sludge system, because the microorganisms do not use phenol in denitrification, just using ethanol, causing phenol accumulation and unbalance of the system. Therefore, it was concluded that the use of ethanol as external carbon source to denitrification would be recommended only in anoxic separated reactor, i.e., in a double sludge system and not in a single sludge one, as this research.

Keywords: Nitrite. Nitrate. Activated Sludge. Phenol.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Esquema dos principais produtos obtidos pela destilação do carvão e sua distribuição percentual.....	07
Figura 2 -	Etapas da biodegradação dos fenol com rompimento do anel benzênico nas posições orto e meta.....	14
Figura 3 -	Relação de inibição aos organismos nitrificantes por amônia e ácido nítrico.....	27
Figura 4 -	Variação do número de oxidação de nitrogênio nos processos de nitrificação e desnitrificação.....	41
Figura 5 -	O processo Wurhmann para remoção de nitrogênio.....	45
Figura 6 -	O processo modificado de Ludzack-Ettinger de remoção de nitrogênio....	45
Figura 7 -	O processo Bardenpho de remoção de nitrogênio.....	47
Figura 8 -	Esquema experimental do sistema CFID.....	48
Figura 9 -	Taxa de crescimento das <i>Nitrosomonas</i> e <i>Nitrobacter</i> em função da temperatura e tempo de residência.....	56
Figura 10 -	Esquema geral das instalações piloto.....	74
Figura 11 -	Caixa de alimentação. Na parte superior, pode-se visualizar a haste do misturador e o funil para introdução dos reagentes para preparo da água residuária.....	75
Figura 12 -	Vista do painel de controle e bancada do sistema PARCIAL (P).....	75
Figura 13 -	Vista do painel de controle e bancada do sistema TOTAL (T).....	76
Figura 14 -	Vista geral dos sistemas piloto em paralelo: à direita o sistema Parcial (P) e à esquerda, o Total (T).....	76
Figura 15 -	Reator aeróbio do sistema PARCIAL ainda na fase de adaptação da biomassa, portanto sem controle e diminuição da aeração e sem agitador mecânico.....	77
Figura 16 -	Reator aeróbio do sistema PARCIAL, agora com controle de aeração e agitador mecânico instalado, evitando-se assim a decantação do lodo no fundo do reator. Mais ao fundo, o decantador secundário e seu motor do raspador de lodo.....	77
Figura 17 -	Vista do sistema TOTAL: em primeiro plano o reator anóxico pré-D; no centro o reator aeróbio e ao fundo, o anóxico pós-D.....	78

Figura 18 - Procedimento diário de leitura de vazões.....	78
Figura 19 - Vista geral da ETE piloto; em primeiro plano, os decantadores e suas respectivas bombas de deslocamento positivo para retorno de lodo.....	79
Figura 20 - Vista geral das instalações piloto em um plano superior: primeiramente, o sistema PARCIAL e, mais ao fundo, o TOTAL.....	79
Figura 21 - Esquema dos pontos de amostragem.....	83
Figura 22 - Seqüência cronológica das etapas do ciclo de tratamento do sistema em batelada.....	86
Figura 23 - Variação do pH do Sistema TOTAL (T) ao longo da primeira fase da pesquisa, com fração anóxica de 39%.....	92
Figura 24 - Variação da temperatura do Sistema TOTAL (T) ao longo da primeira fase da pesquisa, com fração anóxica de 39%.....	92
Figura 25 - Variação da concentração de OD do reator aeróbio do Sistema TOTAL (T) ao longo da primeira fase da pesquisa, com fração anóxica de 39%....	93
Figura 26 - Concentração de sólidos em suspensão totais e voláteis do Sistema TOTAL (T) ao longo da primeira fase da pesquisa, com fração anóxica de 39%.....	95
Figura 27 - Alcalinidade observada nas unidades do Sistema TOTAL (T) ao longo da primeira fase da pesquisa, com fração anóxica de 39%.....	95
Figura 28 - Comportamento do nitrogênio amoniacal do Sistema TOTAL (T) ao longo da primeira fase da pesquisa, com fração anóxica de 39%.....	96
Figura 29 - Comportamento do nitrito e nitrato do Sistema TOTAL (T) ao longo da primeira fase da pesquisa, com fração anóxica de 39%.....	97
Figura 30 - Eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal no reator aeróbio e no sistema ao longo da primeira fase da pesquisa para o Sistema TOTAL (T), com fração anóxica de 44%.....	97
Figura 31 - Análise estatística de nitrogênio amoniacal do afluente e decantador do Sistema TOTAL (T), com concentração afluente da ordem de 500 mgN/L, durante a primeira fase da pesquisa, com fração anóxica de 39%.....	99
Figura 32 - Análise estatística dos compostos oxidados de nitrogênio do Sistema TOTAL (T), com concentração afluente de nitrogênio amoniacal da ordem de 500 mgN/L, durante a primeira fase da pesquisa, com fração anóxica de 39%.....	100
Figura 33 - Comportamento da DBO do Sistema TOTAL (T) ao longo da primeira fase da pesquisa, com fração anóxica de 39%.....	101

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

