

**COBEQ**XIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química
XIX Interamerican Congress of Chemical Engineering

I Brazilian Congress of Phase Equilibrium and Fluid Properties for Chemical Process Design

AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO ORGÂNICO E AMONIACAL EM AMOSTRAS DE ESGOTO DOMÉSTICO SUBMETIDO A PÓS-TRATAMENTO EM TABULEIROS IRRIGADOS

Josette Lourdes de Sousa Melo*, Fabíola Dias da Silva, Anita Maria de Lima
Departamento de Engenharia Química, C.T. PPGEQ, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus
Universitário, Lagoa Nova, CEP 59072-970, Natal/RN

Resumo. Este trabalho tem como objetivo avaliar a remoção dos nutrientes nitrogênio orgânico e amoniacal em tabuleiros com cobertura vegetal "*Pennisetum purpureum*", conhecido como capim elefante. Estes são irrigados por escoamento superficial com efluentes previamente tratados por dois modelos de sistema de tratamento (em escala piloto), um composto por tanque séptico e filtros anaeróbios com leito de pedras de fluxo ascendente e descendente; outro por reator anaeróbio de fluxo ascendente através do leito de lodo, com "caixa de areia" interna. As análises foram realizadas quinzenalmente, em amostras coletadas na entrada e saída dos tabuleiros e a metodologia empregada foi a preconizada pela APHA (1995). O monitoramento foi realizado de jul/1998 a mar/1999. Dos resultados obtidos, verificou-se uma remoção de 66% para o nitrogênio orgânico e 78% para o amoniacal. Conclui-se que houve uma boa absorção de nutrientes pelo solo, pois a utilização do efluente tratado na irrigação do capim elefante, foi bastante eficaz e ficou evidenciado pelo rápido crescimento do capim.

Palavras-chave: Nutrientes, Nitrogênio orgânico, Nitrogênio amoniacal, Pós-tratamento, Solo.

1. INTRODUÇÃO

O saneamento ambiental constitui um fator fundamental nos níveis de saúde e na qualidade de vida de um povo. Para proteger a saúde pública e preservar o meio ambiente, os sistemas de esgotamento sanitário devem dispor de um tratamento adequado dos esgotos coletados para poder alcançar este fim. Um sistema adequado de tratamento de esgotos deve ser economicamente viável, eficiente, compatível com a realidade local e de fácil operação.

Ultimamente, um razoável número de tecnologias para tratamento de esgotos têm sido inovadas com a finalidade de se obter sistemas mais adequados. Várias técnicas são conhecidas e aplicadas no Brasil, como: reatores anaeróbios de fluxo ascendente através de leito de lodo, tanques sépticos, lagoas de estabilização, formas de disposição no solo, entre outras. Quando se escolhe um processo de tratamento de esgotos que se adapte aos objetivos e às condições locais obtém-se uma alta relação benefício/custo, pois não existe um tratamento de esgoto eficaz que possa ser indicado como o melhor para quaisquer condições.

O Brasil não dispõe de tecnologia consolidada neste campo, pois há uma carência de estudo no que diz respeito aos processos de tratamento e funcionamento de técnicas nas condições ambientais brasileiras.

Neste contexto, o Grupo Coordenado do PROSAB da UFRN, formado pelos Departamentos de Engenharia Química e Engenharia Civil, selecionou o tema "Tratamento de

* A quem toda a correspondência deve ser encaminhada.

Esgotos Sanitários por Processos Anaeróbios e por Disposição no Solo” como uma tecnologia que trará grandes contribuições para a resolução de problemas de saneamento no Brasil.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como principal objetivo avaliar a remoção de nutrientes (nitrogênio orgânico e amoniacal) em amostras de esgoto doméstico submetido a pós-tratamento em tabuleiros irrigados. Para tanto, empregou-se dois modelos de tratamento, em escala piloto: um sistema compacto de tanques sépticos e filtros anaeróbios com leito de pedras e um reator anaeróbio de fluxo ascendente através de leito de lodo com “caixa de pedra” interna.

3. CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

A disposição no solo é a forma mais antiga de depuração controlada de esgotos, inclusive com finalidades agrícolas. Estranhamente, é a menos pesquisada no Brasil (pelo menos quantitativamente) apesar das condições excepcionalmente favoráveis para aplicação desta técnica.

A retomada dos métodos de disposição de esgotos no solo, faz-se atualmente em larga escala e com grande sucesso em todo o mundo. Muitos são os exemplos de velhos casos, ainda em pleno uso, e de novos sistemas que são implantados com grande intensidade.

No lugar de equipamentos e edificações, plantações de capim, culturas de grãos e até flores constituem, sem dúvida, um grande avanço no campo sanitário-econômico.

Há que se atentar, contudo, que mesmo sendo incontestável a viabilidade do processo como alternativa, não se trata de uma panacéia para o problema do tratamento dos esgotos. Existem restrições ao seu uso. Porém, jamais deveria não ser considerado na seleção de alternativas, mesmo quando necessária alguma estrutura de transporte até a área adequada.

A pequena experiência brasileira com estas técnicas recomenda uma atitude prudente na sua aplicação. Cada caso deve ser estudado detalhadamente. Mas isso não é empecilho, pois o conhecimento internacional, e mesmo nacional, é suficiente para que se estimule a sua implementação com competência.

Evidentemente é necessário que se desenvolvam pesquisas que possam orientar uma utilização mais extensiva desta opção tecnológica.

As águas dos esgotos dispostos nos solos, em parte incorporam-se às plantas e ao próprio solo, umedecendo-o, e a parte excedente, geralmente a maior, encaminha-se à recarga do lençol subterrâneo e a evapotranspiração (disposição final) ou finalmente escoar até um corpo, ou curso d'água, porém sempre em melhor grau de pureza devido à ação (tratamento) do sistema solo-plantas.

Os sólidos, orgânicos e minerais, são retidos no solo por ação física (filtração), onde também ocorrem fenômenos químicos e bioquímicos de transformação e, quando não saturam, revitalizam a composição do solo, sendo benéficos às plantas que o absorvem transformando-os em biomassa vegetal. Os microrganismos da camada superior do solo são ativos e quando há cobertura vegetal ocorre a participação das plantas em todos os fenômenos.

A disposição de esgotos, brutos ou pré-tratados, no solo, interpõe-se ao curso d'água a ser preservado, em uma área restrita, fácil de confinar e controlar, e de forma altamente eficiente na remoção de poluentes e contaminantes.

Em suma, o sistema solo-microrganismos-plantas, pode estabilizar o esgoto sanitário e, além de “proteger” os corpos d'água a jusante, fornecer nutrientes para as plantas que os utilizariam no seu processo de crescimento.

A composição típica de esgotos provenientes de atividades urbanas, predominantemente não industriais (esgotos municipais) não apresenta nenhum dos elementos potencialmente tóxicos ao solo nas concentrações em que estes se tornam perigosos e por isso não existem restrições ao seu tratamento por disposição no solo [Nucci *et al.*, 1978 apud Ferguson, 1976]. Muitos outros autores também afastam quaisquer riscos, inclusive de excesso de nutrientes.

Quanto aos riscos sanitários, são geralmente menores do que se imagina e podem ser perfeitamente controlados. A depuração dos esgotos pode ser realizada pela infiltração e percolação através do solo ou por seu escoamento sobre a superfície do solo coberta por vegetação, que são os dois processos principais.

3.1 Nitrogênio

O nitrogênio é um elemento extremamente importante na síntese de proteínas pelas plantas e pode vir a ser um fator limitante na produção de alimentos. Entretanto, o nitrogênio, como todo nutriente, pode causar problemas de superprodução de algas nos corpos receptores de estações de tratamento que não forem capazes de retirar ou, ao menos, reduzir a quantidade desse elemento. Nos esgotos o nitrogênio pode aparecer de diversas formas, desde nitrogênio orgânico, amônia, até formas mais oxidadas como nitrito e nitrato [Kipnis *et al.*, 1978; Reed, 1972; Paganini, 1997].

3.2 As formas de Nitrogênio

Pode-se conhecer a presença e aquilatar o grau de estabilidade da matéria orgânica pela verificação da forma como estão presentes os compostos de nitrogênio na água residuária. Vide ciclo do nitrogênio na Fig.1 [Driver *et al.*, 1972; Pessoa & Jordão, 1982; Paganini, 1997].

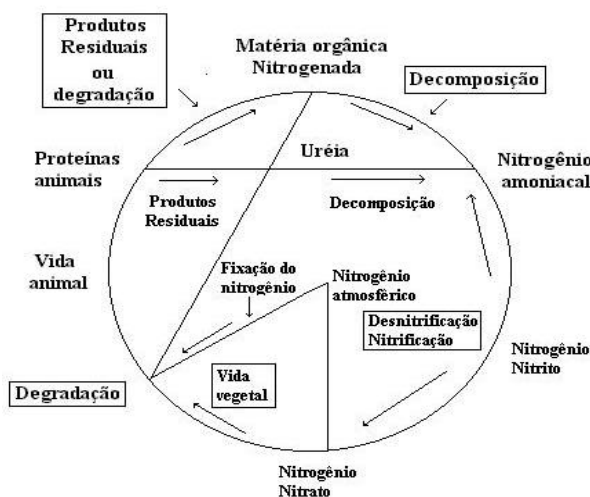


Figura 1 - Ciclo do Nitrogênio

O nitrogênio presente no esgoto fresco está quase todo combinado sob a forma de proteína e uréia; as bactérias, no seu trabalho de oxidação biológica, transformam o nitrogênio presente primeiramente em amônia, depois em nitritos, e em seguida em nitratos. A concentração com que o nitrogênio aparece sob essas várias formas indica a idade do esgoto e/ou sua estabilização em relação à demanda de oxigênio.

Os nitritos são muito estáveis no esgoto e oxidam-se facilmente para a forma de nitratos. Sua presença indica uma poluição já antiga e raramente excede 1,0 mg/l no esgoto ou 0,1 mg/l

nas águas de superfície. Já os nitratos são a forma final de uma estabilização e podem ser utilizados por algas ou outras plantas para sintetizar proteínas que, por sua vez, podem ser utilizadas por animais para formar proteína animal. A decomposição e morte de proteína vegetal e animal, pela ação das bactérias, geram o nitrogênio amoniacal, e assim o ciclo completa-se, num verdadeiro ciclo da vida [Driver *et al.*, 1972; Pessoa & Jordão, 1982; Reed, 1972].

3.3 Processos de transformação das formas de nitrogênio

Quando o sistema de disposição de esgotos no solo entra em regime pleno de operação, importantes processos de transformação do nitrogênio ocorrem, buscando disponibilizá-lo nas diversas formas, as quais permitem que os mecanismos de remoção cumpram suas funções. Esses processos constituem-se, basicamente, na nitrificação e na denitrificação, [Paganini, 1997].

Nitrificação

A nitrificação ocorre na presença de oxigênio e envolve a conversão da amônia (NH_3) a nitratos (NO_3^-) pela ação das bactérias do gênero *Nitrossomonas* e subseqüentemente, de nitrito para nitrato através das nitrobacter. A nitrificação é um processo de transformação do sistema esgoto-solo-planta que oxida o nitrogênio a formas utilizáveis pelas plantas e microrganismos [Carlson *et al.*, 1974; Reed, 1972].

A nitrificação é grandemente afetada pelas alterações no pH, e é praticamente inibida pelo pH abaixo de 5,0. O processo também é afetado pela concentração de amônia (NH_4^+), especialmente sob condições alcalinas, e certamente sensível à presença de inibidores comerciais contidos no esgoto. As nitrossomonas são mais sensíveis à amônia do que as nitrobactérias, então sob condições alcalinas pode acontecer o acúmulo de nitrito, inclusive a níveis tóxicos [Carlson, *et al.*, 1974; Reed, 1972].

A intensificação da nitrificação dá-se em condições aeróbias; em solos irrigados, porém drenados, as condições serão tanto melhores quanto maiores forem as condições de aeração do solo. Em solos inundados a nitrificação ocorre nos primeiros milímetros da superfície de contato com o ar, indo ao limite da camada aeróbia-anaeróbia da lâmina d'água/solo. Assim, a nitrificação depende também da profundidade da lâmina d'água, do tempo de permanência da mesma sobre o solo, dos períodos de rega e da estrutura do solo, já que a difusão do oxigênio faz-se 10^4 vezes mais rápida pelo ar do que pela massa líquida [Carlson, *et al.*, 1974; Kipnis, *et al.*, 1978].

Denitrificação

A denitrificação é o processo por meio do qual o nitrato ou nitrito é convertido ao elemento nitrogênio. A reação dá-se através da seguinte seqüência: nitrato, nitrito, óxido nitroso e o elemento nitrogênio. A denitrificação é considerada como sendo um processo biológico, mas significantes remoções através das reações químicas são possíveis sob determinadas condições [Carlson, *et al.*, 1974; Reed, 1972].

A denitrificação biológica é um processo anaeróbio no qual o nitrato serve como elétron receptor. O nitrato não funciona como fonte de energia. Normalmente, a fonte de energia são os compostos de carbono, mas, no caso da *Thiobacillus denitrificans*, a fonte de energia é o elemento enxofre. Considerando que a proporção de consumo entre o carbono e o nitrogênio é de 1,5:1, e o montante de nitrato disponível para denitrificação raramente é maior que 100 ppm, a fonte de energia orgânica para a denitrificação normalmente não é o fator limitante na

camada superior do solo; entretanto, em profundidades superiores a 10 cm, a fonte de energia orgânica pode passar a ser fator limitante [Carlson, *et al.*, 1974].

A situação onde a denitrificação ocorre muito rapidamente é nas plantações de arroz. Pelo fato de o solo permanecer inundado, sob essas condições anaeróbias, o nitrato é convertido quase que totalmente ao elemento nitrogênio. A matéria orgânica não serve somente como fonte de energia para a denitrificação bacteriana, ela também aumenta a demanda de oxigênio, incrementando assim as condições anaeróbias favoráveis à denitrificação em si [Kemp, *et al.*, 1978; Lee & Peters, 1978; Reed, 1972].

A denitrificação em meio aeróbio pode ocorrer, porém sob condições específicas e com a eficiência muito limitada [Reed, 1972].

3.4 Mecanismos de remoção do nitrogênio

Disponibilizado o nitrogênio nas suas diversas formas utilizáveis, ocorrem os mecanismos de remoção, que se constituem em assimilação, volatilização e lixiviação, [Paganini, 1997].

Assimilação

Este mecanismo efetiva-se sob duas formas, assimilação por microrganismos, particularmente bactérias, e assimilação pela cultura vegetal de cobertura (NH_4^+ e NO_3^-). A assimilação microbiana, está principalmente associada à utilização do carbono durante o crescimento dos microrganismos. A fração maior do nitrogênio assimilado microbiologicamente retornará à fase líquida devido à amonificação pela morte das células. Muito desse nitrogênio pode também se converter em humo (matéria orgânica), porém a taxa esperada de acumulação num sistema aeróbio, como é o escoamento à superfície, é muito baixa se comparada com a carga de nitrogênio no sistema [Kruzic & Schroeder, 1990].

A assimilação pela cultura vegetal de cobertura varia sazonalmente, e só ocorre a efetiva remoção do nitrogênio se a colheita é feita permanente e rotineiramente. Estimativas de remoção de nitrogênio em sistemas de escoamento à superfície em plena operação situam a retirada média entre 200 e 400 kg/ha x ano. Sistemas em plena operação apresentam resultados na remoção através da assimilação pela cobertura vegetal de 6 a 25% do nitrogênio aplicado ao sistema [Carlson, *et al.*, 1974; Franco, 1992; Kruzic & Schroeder, 1990].

A retirada do nitrogênio do sistema através da assimilação pelas plantas está diretamente relacionada à produtividade e, se o objetivo for maximizar a retirada desse mecanismo, a seleção da vegetação da cobertura deve recair sobre as espécies que apresentam alta produtividade de matéria seca, como gramíneas perenes e leguminosas. A potencialidade para a remoção do nitrogênio é maior em culturas perenes do que em culturas anuais, isso porque as segundas utilizam somente parte do nutriente na fase de crescimento.

Volatilização

A volatilização é o mecanismo que permite a remoção do nitrogênio através do lançamento direto na atmosfera, do gás amônia e do gás nitrogênio (inerte).

A volatilização da amônia é um mecanismo que ocorre no escoamento à superfície. Resultados obtidos em Utica-EUA estimam a perda pela volatilização de 9 a 10 % do nitrogênio aplicado pela disposição de efluentes de lagoas de estabilização.

O mecanismo da volatilização é influenciado também pela temperatura, pois com temperaturas abaixo de 13 a 14°C observa-se uma diminuição na sua eficiência de até 90% [Jenkins & Martel, 1978; Metcalf & Eddy, 1977].

Lixiviação

O mecanismo de lixiviação é a percolação do nitrogênio na forma de nitrato através do solo, podendo manter-se acumulado nas partes mais profundas do mesmo, chegando até a alcançar o lençol freático, podendo vir a causar problemas em médio prazo.

A lixiviação depende de fatores como a concentração de nitrito no solo, a permeabilidade do solo, a intensidade e frequência das chuvas e a intensidade e frequência da aplicação dos esgotos no solo [Carlson, *et al.*, 1974; Paganini, 1997].

4. METODOLOGIA

4.1 Sistema Estudado

O presente trabalho foi desenvolvido no campo experimental localizado no espaço físico da Estação de Tratamento de Esgotos do Campus Central da UFRN, em Natal, que foi construído no âmbito do Edital 1 do PROSAB, especificamente para pesquisas sobre tratamento de esgotos sanitários.

No campo experimental, já se encontram em operação (pesquisas) dois reatores anaeróbios pilotos e cinco tabuleiros em solo arenoso natural para disposição de efluentes dos reatores anaeróbios.

Os reatores anaeróbios existentes são um sistema compacto, composto basicamente de tanque séptico e filtros anaeróbios com leito de pedras com fluxos ascendentes e descendentes, e um reator anaeróbio de fluxo ascendente através do leito de lodo.

O sistema compõe-se de um tanque séptico prismático retangular, com duas câmaras em série separadas por uma parede janelada, um filtro de pedras de fluxo ascendente acoplado ao tanque séptico com comunicação direta, e quatro filtros anaeróbios descendentes, afogados, que ladeiam o tanque séptico.

O modelo de reator anaeróbio de fluxo ascendente através do leito de lodo foi desenvolvido pela empresa HEMFIBRA. Foi construído em resina de poliéster estruturada com fibra de vidro e possui um dispositivo interno que funcionava como caixa de areia.

A área destinada ao tratamento por disposição no solo dispõe de cinco módulos de tratamento. São tabuleiros de 3,5 m de largura por 10,0 m de comprimento, totalizando uma área de 175 m², implantados em solo do tipo areia franca, granulometria muito uniforme e diâmetro médio abaixo de 0,6 mm, apresentando uma composição na qual 88% dos componentes são de areia quartzosa e 12% de argila, isto é, um solo muito pobre em nutrientes. Esses 5 módulos, construídos inicialmente com declividade de 4% a 6% possibilitam variar essas declividades de 0% a 6%. Os tabuleiros recebem mudas de capim elefante da variedade Botucatu (*Pennisetum purpureum*), plantadas no sentido longitudinal, sendo estas espaçadas de 0,50 m.

O esgoto afluente do campo experimental provém de um dos coletores principais da rede de esgotos do Campus Central da UFRN, que atende as Residências Universitárias, o Restaurante do Campus, o Pouso Universitário e o Departamento de Educação Física. É, portanto, essencialmente esgoto doméstico.

4.2 Frequência

As amostras tiveram frequência quinzenal de modo a se obter uma reprodutividade dos fatores que possam influir no sistema.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos para as análises de Nitrogênio Orgânico e Amoniacal no período estudado constam nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Dados para Nutrientes (Nitrogênio orgânico) com representação na Figura 2.

	ET3=ET4(10^6 mg/l)	ST3(10^6 mg/l)	ST4(10^6 mg/l)	%T3	%T4
Dez/98	39,9	7,44	4,78	81,3	88,0
Jan/99	38,83	2,66	1,59	93,1	95,9
Fev/99	49	8,4	28	82,8	42,8
Mar/99	43,9	8,7	26,3	80,1	40,0
Abr/99	28,22	21,9	16,93	22,3	40,0
Mai/99	32,6	29,47	27,59	9,6	15,3
Jun/99	31,98	2,5	6,3	92,1	80,3
Jul/99	39,51	2,5	1,25	93,6	96,8

Onde: ET3 e ET4 = entrada dos tabuleiros 3 e 4, respectivamente;
ST3 e ST4= saída do tabuleiro 3 e 4, respectivamente;
%T3 e %T4 = porcentagem de remoção do tabuleiro 3 e 4, respectivamente.

Tabela – 2: Dados para Nutrientes (Nitrogênio amoniacal) com representação na Figura 3.

	ET3=ET4(10^6 mg/l)	ST3(10^6 mg/l)	ST4(10^6 mg/l)	%T3	%T4
Dez/98	22,08	10,64	6,12	51,8	72,2
Jan/99	23,81	3,325	2,66	86,0	88,8
Fev/99	25,14	0,665	0,13	97,3	99,4
Mar/99	59,89	24,15	15,05	59,6	74,8
Abr/99	25,24	17,9	13,48	29,0	46,5
Mai/99	27,59	19,75	21,32	28,4	22,7
Jun/99	29,32	0,47	3,29	98,3	88,7
Jul/99	31,98	1,09	0,31	96,5	99,0

Para os nutrientes, verificou-se uma remoção média total da ordem de 66% de nitrogênio orgânico, variando de 9,6% a 93,6% no tabuleiro 3 e de 15,3% a 96,8% no tabuleiro 4.

Para o nitrogênio amoniacal a remoção média total foi de 78%, variando de 28,4% a 98,3% no tabuleiro 3 e de 22,7% a 99% no tabuleiro 4.

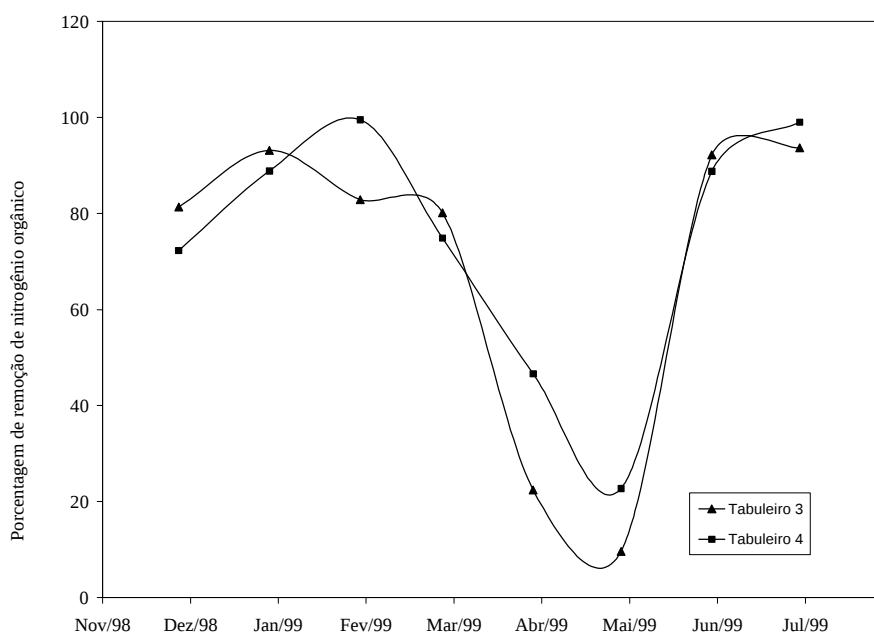


Figura 2. Remoção do Nitrogênio Orgânico.

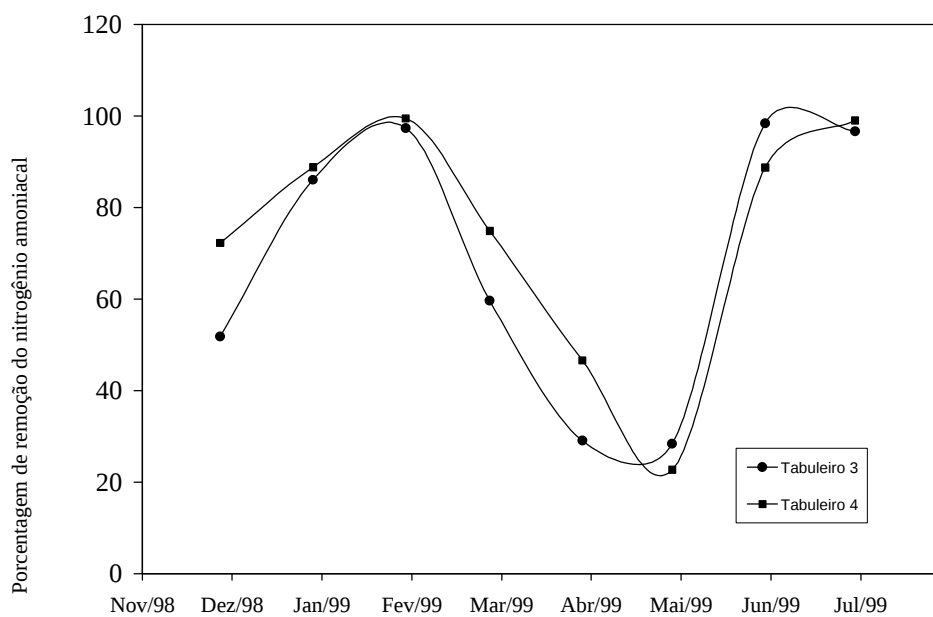


Figura 3. Remoção do Nitrogênio Amoniacal.

Nos gráficos (Fig. 2 e 3) relacionados acima, pode-se observar que, as curvas de remoção apresentam um decaimento nos meses de abril e maio, isso se dá pelo fato de que durante estes meses houve uma mudança na vazão de alimentação dos tabuleiros e também, o tabuleiro 3 foi completamente reconstruído, havendo com isto uma lixiviação dos nutrientes.

6. CONCLUSÕES

Após dez meses de monitoramento, pesquisando o comportamento do sistema de tratamento PROSAB/UFRN, referente ao tratamento biológico do esgoto universitário, obtivemos resultados nos quais podemos observar valores médios de remoção.

Com os resultados obtidos para os nutrientes, pode-se concluir que o sistema de disposição de efluentes tratados no solo funcionou de maneira eficaz, haja vista que houve uma absorção média de nitrogênio da ordem de 67,1%, durante o período estudado. Além do mais, a utilização do efluente tratado na irrigação mostrou-se bastante satisfatório, o que pode ser visualizado pelo crescimento do capim.

De acordo com Mota e Santaella (1994), os processos convencionais de tratamento de águas residuais podem fornecer efluentes adequados para serem utilizados na irrigação de grande variedade de culturas. No entanto, o uso de águas residuais em irrigação, mesmo tratadas, pode ocasionar impactos negativos no meio ambiente, inclusive problemas sanitários. Recomenda-se que sejam adotadas medidas de controle rigorosas, quando se utiliza este tipo de água em irrigação. Devido a possíveis problemas operacionais é recomendável que esgotos tratados não sejam utilizados em culturas produtoras de alimentos ingeridos crus, como hortaliças e frutos que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridos sem remoção da película externa.

Para os efluentes tratados no campo experimental do PROSAB/RN, onde se faz a disposição no solo dos efluentes dos dois reatores anaeróbios como apuramento do processo, o efluente final poderá ser utilizado na irrigação de capim para ração animal e de árvores frutíferas acima mencionados, e possivelmente, na piscicultura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela ajuda financeira e ao Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

REFERÊNCIAS

- Agudo, Edmundo G., *et al.* (1988) “Guia de coleta e Preservação de Amostras de Água”. CETESB; São Paulo – SP.
- APHA; AWWA; WPCF (1985) “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”, 16th edition (Washington, American Public Health Association).
- Carlson, C. A. *et al.* (1974) “Overland flow Treatment of wastewater”, Vicksburg, U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station.
- Driver, C. H. *et al.* (1972) “Assessment of the effectiveness and effects of land disposal methodologies of wastewater management”. Washington, Department of the Army Corps of Engineers,.
- Environment Protection Authority of Victoria. Guidelines for wastewater irrigation. Melbourne 1991 (Publication, 168).
- Ferguson, A. H. (1976) – “*Acceptability of wastewater effluents by soils, in, Land treatment and disposal of municipal and industrial wastewater*” ed., Sanks, R. L. e Asano. T. Ann Arbor, Michigan.
- Franco, A. A. (1992) “Sistemas biológicos fixadores de N₂ atmosférico”. In: *Simpósio Brasileiro sobre Microbiologia do Solo*, 2º, São Paulo, 1992. Anais. São Paulo, CETESB/FAPESP/CNPq, p.18-9.
- Jenkins, T. F. & Martel, C. J. (1978) “Pilot scale study of overland flow land treatment in cold climates”. In: International Conference on Developments in Land Methods of Wastewater Treatment and Utilisation. Melbourne, *Proceedings*. Melbourne, IAWPRC, (paper n.15).
- Kemp, M. C. *et al.* (1978) “Overland flow and slow rate, systems to upgrad wastewater lagoon effluent”. In: International Conference on Developments in Land Methods of Wastewater Treatment and Utilisation. Melbourne, 1978. *Proceedings*. Melbourne, IAWPRC, (paper n.17).
- Kipnis, T. *et al.* (1978) “Ecological and agricultural aspects of nitrogen balance in perennial pasture irrigated with municipal effluents”. In: International Conference on Developments in Land Methods of Wastewater Treatment and Utilisation. Melbourne, 1978. *Proceedings*. Melbourne, IAWPRC, (paper n. 8).

- Kruzic, A. P. & Schroeder, E. D. (1990) *Nitrogen removal in the overland flow wastewater treatment process – removal mechanisms*. J. Water Pollut. Control Fed., 62: 867-76.
- Lee, C. R. & Peters, R. E. (1978) "Overland flow treatment of a municipal lagoon effluent for reduction of nitrogen, phosphorus, heavy metals and coliforms. In: International Conference on Developments in Land Methods of Wastewater Treatment and Utilisation. Melbourne. *Proceedings*. Melbourne, IAWPRC, (paper n. 13).
- Metcalf & Eddy Inc. (1977) "*Tratamento y depuración de las aguas residuales*". Barcelona, Labor.
- Mota, F. S. B. e Santaella, S. T. (1994) "Utilização de Esgoto Tratado em Irrigação". *II Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. Recursos Hídricos e o Desenvolvimento Sustentável do Semi-árido. Fortaleza – CE.
- Nucci, N. L. R. et al. "*Tratamento de esgotos municipais por disposição no solo e sua aplicabilidade no Estado de São Paulo*". São Paulo, Fundação Prefeito Faria Lima, 1978.
- Paganini, W. S. (1997) "*Disposição de Esgotos no Solo: (escoamento a superfície)*", São Paulo: Fundo Editorial da AESABESP.
- Pessoa, A. C. & Jordão, P. E. (1982) "Tratamento de esgotos domésticos". Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- Reed, S. C. (1972) "Wastewater management by disposal on the land. Hanover", New Hampshire, Corps of Engineers – U.S. Army, (Report, 171).