



### III-182 – MECANISMOS DE REMOÇÃO DE AMÔNIA APLICADO PARA O TRATAMENTO DE LIXIVIADO: ESTUDO NO ATERRO SANITÁRIO DE TAYLOR'S ROAD – VICTORIA, AUSTRÁLIA

**Cynthia Fantoni Alves Ferreira<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil, Especialista em Gestão Ambiental, Mestre e Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

**Michael Connor**

Doutor e Professor Sênior do Departamento de Química e Engenharia Biomolecular da Universidade de Melbourne, Victoria, Austrália.

**Samuel Yuen**

Doutor e Professor Sênior do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Melbourne, Victoria, Austrália.

**Liséte Celina Lange**

Química, Doutora em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Londres – Inglaterra, Profª. Associada do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

**Marcos Von Sperling**

Engenheiro Civil. Doutor e Pós-Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade de Londres - Inglaterra. Prof. Titular do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Endereço de Contato: Universidade Federal de Minas Gerais- Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Av. do Contorno, 842 – 7º andar – Centro, Belo Horizonte - MG. CEP:30.110-060.Tel:+55(31)3409-1039; Fax: +55(31)3409-1879; e-mail: cynthia@desa.ufmg.br/cynthiafaf@hotmail.com.

#### RESUMO

O principal objetivo deste artigo foi de estudar os mecanismos de remoção de amônia, aplicável ao tratamento de lixiviado em lagoas aeradas. Especificamente, quantificar a remoção direta de transferência de amônia via bolhas de ar e na interface ar-líquido e pela nitrificação. O *stripping* da amônia em lagoas aeradas mecanicamente é amplamente usado para esta finalidade. O estudo experimental foi realizado em uma lagoa aerada (3.000m<sup>3</sup>) no aterro de Taylor's Road, Victoria, Austrália, em escala real. As análises dos resultados mostram que as alterações na concentração de amônia foram observadas durante os 25 dias do processo de *stripping* com reduções dos níveis de amônia de 780 a 83 mg/L. Leituras de pH, temperatura e análises de nitrito e nitrato também foram realizadas. A maior remoção da amônia ocorreu por meio da superfície das lagoas, cerca de 89%. Somente 8% da remoção da amônia foi contabilizada via bolhas de ar geradas pelos aeradores, enquanto, 2-3% foi removida pela nitrificação.

**PALAVRAS-CHAVE:** aterro sanitário, nitrificação, lagoa aerada, remoção de amônia, *stripping*.

#### INTRODUÇÃO

Os lixiviados de aterro sanitário estabilizado são caracterizados pela alta concentração de matéria orgânica refratária, amônia e compostos tóxicos, o que os torna um problema ambiental devido a seu alto potencial poluidor, portanto, devem ser tratados antes de serem lançados no corpo d'água receptor. A concentração de amônia no lixiviado pode exceder 1.000 mg/L (WELANDER et. al, 1998).

No aterro sanitário de Taylor's Road, Victoria, as concentrações de amônia alcançam em média 1300 mg/L. Os padrões de lançamento exigidos pela legislação ambiental vigente referente à concentração de amônia no lixiviado antes do seu lançamento é de 150 mg/L.

Para alcançar as exigências de redução dos níveis de amônia, o processo de *stripping* em lagoas tem sido utilizado no tratamento de lixiviado de aterros. Usualmente, o processo requer ajuste de pH e consiste na volatilização da amônia e de carbono orgânico volátil. A elevação do pH é desejável, devido à dependência



deste na concentração de amônia livre na água e da necessidade de manter os custos baixos com menores quantidades de ar utilizado no *stripping*. Entretanto, o ajuste do pH torna-se particularmente difícil para o *stripping* da amônia quando se tratam os lixiviados considerados antigos ou estabilizados, devido à sua forte capacidade de tamponamento.

Outra maneira mais simples de remoção da amônia, no tratamento de lixiviados em termos de custos, seria investigar os mecanismos de remoção de amônia no tratamento de lixiviados, utilizando-se lagoas aeradas. Alguns trabalhos têm sugerido que a remoção de amônia na superfície das lagoas aeradas pode ser mais importante do que a remoção via bolhas geradas pelos aeradores (SMITH e ARAB, 1988; CRISP et al., 1995).

#### **Transferência de massa: via bolhas de ar**

A concentração de amônia via bolhas de ar por meio da água contendo amônia dissolvida atingem o seu valor de equilíbrio rapidamente (BAYLEY, 1967). Assim, é possível estimar a taxa de remoção de amônia no ar que flui através da lagoa, conhecendo-se a taxa de vazão de ar e a concentração de equilíbrio da amônia no ar sob condições que prevalecem na lagoa.

A fração de amônia “livre” presente,  $f$ , é em função do  $pK_a$  e  $pH$ , em conformidade com a seguinte equação:

$$f = \frac{1}{1 + 10^{pK_a - pH}} \quad (1)$$

A concentração de amônia livre na fase líquida,  $C_L$  (mg/L), é dada por:

$$C_L = f \times C_T \quad (2)$$

Onde  $C_T$  é a concentração total de amônia na fase líquida (mg/L).

Uma abordagem diferente pode ser usada para determinar a quantidade de amônia removida nas bolhas de ar por meio dos aeradores. A concentração de amônia nas bolhas de ar atinge o seu equilíbrio muito rápido. A pressão parcial de amônia nas bolhas em equilíbrio ( $P$  (atm)) é dada por:

$$P = \frac{C_L}{H} \quad (3)$$

Onde  $H$  = constante de Henry (mg/l.atm).  $H$  é primeiramente em função da temperatura,  $T$  (°C), é dado por (SRINATH e LOEHR, 1974):

$$H = 3.564 \times 10^6 \exp(-0.0525 \times T) \quad (4)$$

Sabendo-se a temperatura, pH e concentração de amônia na lagoa, o valor de  $P$  pode ser determinado utilizando-se as equações (1), (2), (4) e (3). Assumindo-se que as bolhas de ar estejam saturadas com amônia quando são volatilizadas da lagoa, a lei ideal dos gases pode ser usada para determinar a massa de amônia removida por cada litro de ar borbulhado por meio da lagoa. Fornecendo-se a taxa de vazão de ar, pode-se estimar a taxa de amônia removida nas bolhas. Na prática o valor da taxa de vazão de ar pode não ser exato, mas uma boa estimativa do valor pode ser obtida das especificações técnicas dos aeradores.

#### **Transferência de massa: superfície da lagoa**

Utilizando-se o modelo de transferência de gás por meio de dois filmes (SKELLAND, 1974), a transferência de massa da amônia na interface líquido/ar da superfície da lagoa é dada pela equação:

$$\frac{N}{V} = K_L a \times C_L \quad (5)$$

Onde:



$N$  = transferência de massa de amônia por unidade de tempo (mg/h);

$V$  = volume da lagoa (L);

$K_L a$  = coeficiente global de transferência de amônia ( $\text{h}^{-1}$ );

$C_L$  = concentração de amônia livre na fase líquida (mg/L).

## MATERIAIS E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

O aterro sanitário de Taylor's Road está localizado em Lyndhurst, a 30 km de Melbourne, Victoria, Austrália. É operado pela empresa SITA Environmental Solutions desde 1990, ocupa uma área de 70 ha. Recebe resíduos: domésticos, comerciais, industriais e da construção civil. O aterro é certificado pela ISO 14001 e AS4801 com um sistema de gestão em meio ambiente, segurança e saúde ocupacional. O sistema de tratamento do lixiviado é realizado por sistemas de lagoas aeradas. No local, existe um reator sequencial em batelada (*Sequencing Batch Reactor* - SBR) porém, por problemas técnicos, não encontra-se em operação.

No aterro de Taylor's Road as concentrações de amônia alcançam em média 1.300 mg/L e o lixiviado deve ser tratado no local, pois não pode ser lançado direto na rede de esgoto doméstico atendendo à legislação australiana. A remoção de amônia por *stripping* sem ajuste de pH é o método de tratamento de lixiviado utilizado no aterro de Taylor's Road.

O sistema é composto por 4 lagoas de estabilização: duas de 720 m<sup>3</sup> e 2 maiores de 3.000 m<sup>3</sup>. O tratamento em processo de batelada é realizado primeiramente nas lagoas maiores, ambas equipadas com 2 aeradores de 22kW (Figura 1). O fornecimento de lixiviado é realizado por meio de 14 mangueiras espalhadas em vários pontos no entorno da área do aterro. De acordo com as especificações técnicas, cada aerador fornece 1330 L/s de ar. A aeração é contínua até que a amônia seja reduzida para os padrões exigidos pela legislação australiana (o limite de concentração de amônia para o lançamento é de 150 mg/L). O lixiviado então é lançado na rede de esgoto de acordo com as exigências da legislação local, após o qual a lagoa é preenchida novamente com lixiviado fresco.



**Figura 1:** Sistema de lagoas de estabilização

### PROTOCOLO EXPERIMENTAL

A Lagoa, denominada nesse estudo de Au (de Austrália) (40m x 30m x 2,5m) foi escolhida para a execução da pesquisa, na qual foi preenchida com lixiviado e isolada por 25 dias. O experimento foi conduzido no outono de 2008 (11 de Abril - 6 de Maio). Durante o período experimental, não foram permitidas a entrada e saída de lixiviados da lagoa. Os aeradores operaram continuamente durante todo o experimento.

Trinta e quatro amostras foram coletadas da lagoa e caracterizadas durante um período de vinte e cinco dias. Os aeradores pareciam misturar o volume da lagoa de forma eficaz sem criar zonas mortas. Em cada coleta, as amostras foram retiradas de quatro diferentes pontos da lagoa e misturadas formando-se uma amostra composta. No momento da coleta foram feitas medições de pH e temperatura. As concentrações de amônia foram obtidas mediante análise em laboratórios credenciados, em conformidade com as recomendações do APHA (2005). Para as amostras coletadas no final do período do experimento, concentrações de nitrito e nitrato também foram realizadas, em conformidade com APHA (2005).



## RESULTADOS

### CARACTERIZAÇÃO DO LIXIVIADO

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios obtidos dos parâmetros de caracterização do lixiviado bruto do experimento na Lagoa Au.

**Tabela 1:** Caracterização do lixiviado bruto da Lagoa Au

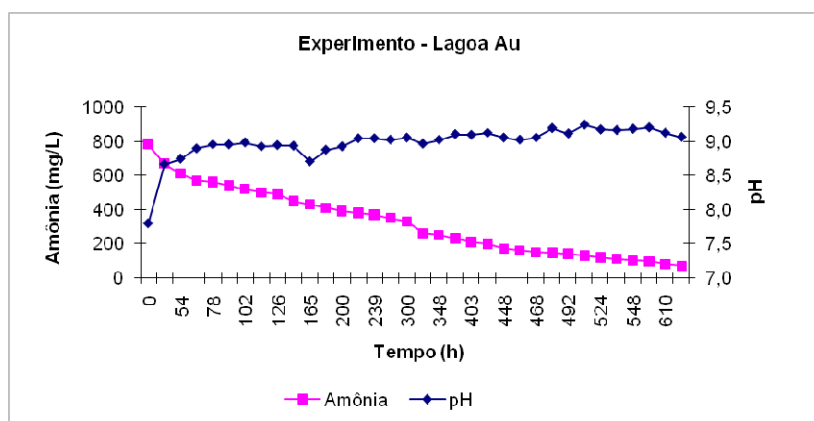
| Parâmetros           | Unidade | Valor médio<br>Lagoa Au* |
|----------------------|---------|--------------------------|
| DQO                  | mg/L    | 1140                     |
| DBO                  | mg/L    | 484                      |
| DBO/DQO              | -       | 0,42                     |
| pH                   | -       | 7,50                     |
| Nitrogênio Total     | mg/L    | 2256                     |
| Nitrogênio amoniacal | mg/L    | 1367                     |
| Nitrato              |         | <0,03                    |
| Alcalinidade         | mg/L    | 7940                     |
| SST                  | mg/L    | 22.798                   |
| SSF                  | mg/L    | -                        |
| SSV                  | mg/L    | -                        |
| COT                  | mg/L    | 965                      |

\* Fonte: SITA, 2008

### AValiação DOS MECANISMOS DE REMOÇÃO DE AMÔNIA NO EXPERIMENTO

Os valores de pH e amônia obtidos ao longo do período de monitoramento da lagoa é apresentado na Figura 2. Observa-se na Figura 2 que a concentração de amônia na Lagoa diminuiu de forma constante durante os vinte e cinco dias a partir de um valor inicial de 780 mg/L para um valor de 83 mg/L no final do experimento. O valor inicial do pH foi de 7,8 aumentando rapidamente para cerca de 9,0 e permanecendo próximo deste valor durante todo o experimento (Tabela 2).

O experimento foi realizado no final do outono e como mostrado na Tabela 2, os valores das temperaturas oscilaram de acordo com as condições meteorológicas e da hora do dia em que foram coletadas as amostras. As temperaturas obtiveram uma tendência lentamente decrescente durante o período experimental. As amostras foram coletadas diariamente.



**Figura 2:** Concentrações de amônia e pH



Para cada amostra, valores de concentração de amônia livre na fase líquida ( $C_L$ ) e pressão parcial ( $P$ ) foram determinados de acordo com as equações: (1), (2), (4) e (3) utilizando-se dos valores de temperatura, pH e concentração de amônia. Os valores de  $pK_a$  o qual variaram com a temperatura foram calculados a partir de informações obtidas de CRISP (1992).

O período experimental foi dividido em 33 intervalos. Como a amostragem não foi realizada em tempos iguais nos intervalos, a duração de cada intervalo  $I_i$ , foi considerada sendo o tempo decorrido entre a coleta da amostra ( $i$ ) e a coleta da amostra seguinte ( $i+1$ ). Para cada intervalo foram calculados os valores médios da temperatura na lagoa ( $T_{med}$ ), pressão parcial da amônia ( $P_{med}$ ) e a concentração de amônia livre ( $C_{L med}$ ). Na abordagem descrita anteriormente, os valores de  $T_{med}$ ,  $P_{med}$  e a taxa de vazão de ar fornecido pelo fabricante do aerador (1330 L/s), foram utilizados para estimar a remoção de amônia via bolhas de ar (AB), durante cada intervalo. A remoção total de amônia (TA) da lagoa durante este intervalo é dada pela equação:

$$TA = V \times (C_i - C_{(i+1)}) \quad (6)$$

Em que  $C_i$  e  $C_{(i+1)}$  são concentrações de amônia no início e final do intervalo (mg/L);  $V$  é o volume da lagoa (L). A remoção de amônia na superfície (AS) neste intervalo é a diferença entre TA e AB. A transferência de massa ( $N$ ) foi determinada a partir dos valores da AS por tempo de duração de cada intervalo. Os valores dos parâmetros acima e dos valores de  $T_{med}$ ,  $P_{med}$ ,  $C_{L med}$ , TA entre outros, para cada intervalo, são apresentados na Tabela 2.

Observa-se na Tabela 2 que a amônia removida por meio das bolhas de ar na lagoa representa apenas cerca de 8% da remoção total da amônia. A remoção dominante no processo é a transferência da amônia para a atmosfera por meio da superfície da lagoa. Estes resultados têm relevantes implicações para o dimensionamento e seleção de adequados aeradores. A turbulência gerada pelos aeradores de superfície é potencialmente importante, mas a quantificação por meio dos mecanismos de transferência de amônia auxilia na otimização de custo/energia em sistemas de tratamento de lixiviados de um aterro sanitário.

A Lagoa apresentou praticamente concentrações de nitrato e nitrito constantes de 8-9 mg/L e 4-5 mg/L respectivamente durante o período do experimento (as análises de nitrito e nitrato foram realizadas durante o último terço dos testes). O nitrito e nitrato devem ter sido formados no início do processo, uma vez que no 2º e 3º dias os efeitos inibidores de pH e amônia livre foram combinados e sendo baixo o suficiente para permitirem alguma nitrificação. (ANTHONISEN et al., 1976). Portanto, somente 2-3% pode ser atribuído para remoção de amônia por nitrificação.



**Tabela 2:** Resultados do experimento da Lagoa Au: transferência de massa

| Amostra<br>Nº | Duração<br>intervalo<br>(h) | P med<br>(atm) | T med<br>(°C) | C <sub>L med</sub><br>(mg/L) | AB<br>(g) | TA<br>(g) | AS<br>(g) | N<br>(g/h) | N/V<br>(g.h <sup>-1</sup> .m <sup>-3</sup> ) |
|---------------|-----------------------------|----------------|---------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|--|
| 1             | 21                          | 4,60E-05       | 20,9          | 59,2                         | 6,5       | 330,0     | 323,5     | 15,4       | 5,1  |
| 2             | 33                          | 7,45E-05       | 18,6          | 99,7                         | 16,7      | 180,0     | 163,3     | 4,9        | 1,6  |
| 3             | 15                          | 7,23E-05       | 17,1          | 104,1                        | 7,4       | 120,0     | 112,6     | 7,5        | 2,5  |
| 4             | 9                           | 7,16E-05       | 15,7          | 111,5                        | 4,4       | 30,0      | 25,6      | 2,8        | 0,9  |
| 5             | 15                          | 7,31E-05       | 15,7          | 114,2                        | 7,5       | 60,0      | 52,5      | 3,5        | 1,2  |
| 6             | 9                           | 6,47E-05       | 14,7          | 106,6                        | 4,0       | 60,0      | 56,0      | 6,2        | 2,1  |
| 7             | 15                          | 6,45E-05       | 15,3          | 103,2                        | 6,7       | 60,0      | 53,3      | 3,6        | 1,2  |
| 8             | 9                           | 6,84E-05       | 16,4          | 103,3                        | 4,2       | 30,0      | 25,8      | 2,9        | 1,0  |
| 9             | 24                          | 7,01E-05       | 17,0          | 102,6                        | 11,5      | 120,0     | 108,5     | 4,5        | 1,5  |
| 10            | 15                          | 4,90E-05       | 15,7          | 74,4                         | 5,1       | 60,0      | 54,9      | 3,7        | 1,2  |
| 11            | 7                           | 4,34E-05       | 15,8          | 65,9                         | 2,1       | 60,0      | 57,9      | 8,3        | 2,8  |
| 12            | 28                          | 5,74E-05       | 17,3          | 82,7                         | 11,0      | 60,0      | 49,0      | 1,8        | 0,6  |
| 13            | 15                          | 5,82E-05       | 16,4          | 88,0                         | 6,0       | 30,0      | 24,0      | 1,6        | 0,5  |
| 14            | 24                          | 5,47E-05       | 15,1          | 88,2                         | 9,0       | 30,0      | 21,0      | 0,9        | 0,3  |
| 15            | 24                          | 4,79E-05       | 14,4          | 80,1                         | 7,9       | 60,0      | 52,1      | 2,2        | 0,7  |
| 16            | 37                          | 5,35E-05       | 15,8          | 82,6                         | 13,6      | 60,0      | 46,4      | 1,3        | 0,4  |
| 17            | 37                          | 4,59E-05       | 15,8          | 69,9                         | 7,6       | 210,0     | 202,4     | 5,5        | 1,8  |
| 18            | 24                          | 3,29E-05       | 14,5          | 53,9                         | 5,4       | 30,0      | 24,6      | 1,0        | 0,3  |
| 19            | 24                          | 3,33E-05       | 14,3          | 55,9                         | 5,1       | 60,0      | 54,9      | 2,3        | 0,8  |
| 20            | 22                          | 3,54E-05       | 15,1          | 56,8                         | 8,0       | 60,0      | 52        | 2,4        | 0,8  |
| 21            | 33                          | 3,28E-05       | 14,7          | 53,1                         | 6,1       | 30,0      | 23,9      | 0,7        | 0,2  |
| 22            | 27                          | 2,20E-05       | 12,5          | 40,7                         | 2,8       | 90,0      | 87,2      | 3,2        | 1,1  |
| 23            | 18                          | 1,84E-05       | 12,8          | 33,6                         | 0,6       | 30,0      | 29,4      | 1,6        | 0,5  |
| 24            | 5                           | 1,80E-05       | 13,2          | 32,2                         | 1,9       | 30,0      | 28,1      | 5,6        | 1,9  |
| 25            | 15                          | 1,88E-05       | 12,6          | 34,6                         | 1,2       | 30,0      | 28,8      | 1,9        | 0,6  |
| 26            | 9                           | 1,86E-05       | 12,3          | 34,7                         | 1,9       | 15,0      | 13,1      | 1,5        | 0,5  |
| 27            | 15                          | 1,78E-05       | 12,1          | 33,7                         | 1,0       | 15,0      | 14,0      | 0,9        | 0,3  |
| 28            | 8                           | 1,70E-05       | 11,9          | 32,6                         | 2,8       | 30,0      | 27,2      | 3,4        | 1,1  |
| 29            | 24                          | 1,42E-05       | 11,6          | 27,5                         | 1,5       | 30,0      | 28,5      | 1,2        | 0,4  |
| 30            | 15                          | 1,30E-05       | 11,6          | 25,2                         | 0,8       | 30,0      | 29,2      | 1,9        | 0,6  |
| 31            | 9                           | 1,40E-05       | 12,6          | 25,7                         | 0,9       | 15,0      | 14,1      | 1,6        | 0,5  |
| 32            | 24                          | 1,28E-05       | 12,8          | 23,3                         | 0,8       | 21,0      | 20,2      | 0,8        | 0,3  |
| 33            | 38                          | 1,06E-05       | 12,8          | 19,2                         | 0,7       | 15,0      | 14,3      | 0,4        | 0,1  |

P<sub>med</sub> = pressão parcial média; T<sub>med</sub> = temperatura média; AB = remoção de amônia via bolhas de ar; TA = remoção total de amônia; AS = remoção de amônia na superfície; N = transferência de massa de amônia na superfície da lagoa, C<sub>L med</sub> = concentração média de amônia livre na fase líquida.

Na Figura 3 é apresentado o gráfico de N/V x C<sub>L med</sub>, a partir do qual foi determinado para a Lagoa o K<sub>L</sub>a (coeficiente global de transferência de amônia). O K<sub>L</sub>a é uma medida da velocidade com que o sistema de aeração transfere a amônia para o líquido sendo utilizado como referência para a eficiência do processo de aeração. A partir da Equação (5) o valor de K<sub>L</sub>a deve ser igual ao declive da reta que melhor ajusta os pontos no gráfico. O valor encontrado para a Lagoa foi de 0,0153 h<sup>-1</sup>.

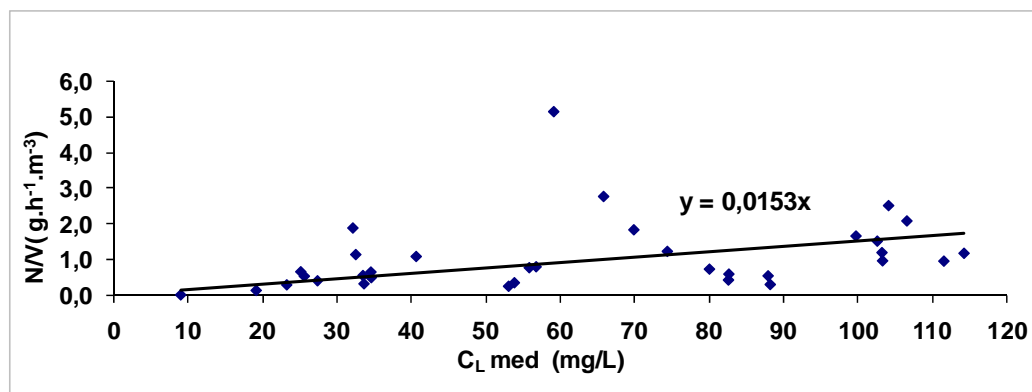
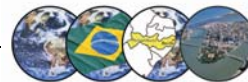


Figura 3: Valor de  $K_{La}$  da Lagoa Au

## CONCLUSÕES

A pesquisa contribuiu para uma melhor compreensão da importância dos diferentes mecanismos físicos de remoção de amônia em lagoas aeradas utilizadas para tratar lixiviados contendo altas concentrações de amônia. Os cálculos baseados na medição da taxa de remoção de amônia, para a lagoa do sistema de tratamento de lixiviado do aterro sanitário de Taylor's Road mostrou que a remoção dominante no processo foi a transferência da amônia para a atmosfera por meio da superfície da lagoa, representando 89%. Somente em torno de 8% do total de amônia removida foi representado pela remoção de amônia por meio das bolhas produzidas pelos aeradores, e estes valores poderiam ser ainda menores se o equilíbrio nas concentrações de amônia não fossem alcançados em todas as bolhas antes de atingirem a superfície da lagoa. Somente 2-3% pode ser atribuído para remoção de amônia por nitrificação.

Os estudos confirmam que o principal papel dos aeradores nas lagoas de tratamento de lixiviados é criar uma turbulência na superfície. Isto tem implicações na seleção e no dimensionamento dos aeradores. Tornou-se evidente que os aeradores devem ser dimensionados para proporcionar uma maior turbulência na superfície com um baixo consumo de energia.

O valor de  $K_{La}$  para a Lagoa Au nas condições operacionais estudadas foi estimado em  $0,0153h^{-1}$ . Até o momento não foram encontrados valores de  $K_{La}$  publicados na literatura para que seja possível a sua comparação.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de doutorado sanduíche (Processo N° 200478/2007-9) concedida para esta pesquisa, bem como a SITA Environmental Solutions pelo apoio no aterro de Taylor's Road, Austrália e assistência com a análise dos lixiviados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANTHONISEN, A. C., LOEHR, R. C., PRAKASAM, T. B. S. and SRINATH, E. G. Inhibition of nitrification by ammonia and nitric acid. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, v.48, p.835-852, 1976.
2. APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21th Edition. American Public Health Association, Washington, DC, 2005.
3. BAYLEY, R. W. Desorption of waste water gases in air. *Effluent and Water Treatment Journal*, v.7, p.78-84, 1967.
4. CRISP, B.E. Ammonia stripping from near neutral pH solutions. M. Eng. Sc. Project Report. University of Melbourne, 1992.





5. CRISP, B. E., FISHER, M. A., BASKARAN, K. CONNOR, M. A. Ammonia desorption from wastewaters under near neutral pH conditions. In: 16<sup>th</sup> FEDERAL CONVENTION, 1995, Sydney. *Proceedings...* Sydney: AWWA, 1995.
6. SITA ENVIRONMENTAL SOLUTIONS. Report on (2007-2008) monitoring data review. Taylors Road Landfill, Victoria, 2008.
7. SKELLAND. Diffusional mass transfer. Wiley, New York. 528p., 1974.
8. SMITH, P. G. e ARAB, F. K. The role of air bubbles in the desorption of ammonia from landfill leachates in high pH aerated lagoons. *Water, Air and Soil Pollution*. v.38, p.333-343, 1988.
9. SRINATH, E. G. and LOEHR, R. C. Ammonia desorption by diffused aeration. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, v.46, p. 1939-195, 1974.
10. WELANDER, U., HENRYSSON, T. and WELANDER, T. Biological nitrogen removal from municipal landfill leachate in a pilot scale suspended carrier biofilm process. *Water Research*, v.32, p.1564-1570, 1998.