

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

II-088 – PREDIÇÃO DO NÚMERO DE DISPERSÃO EM UMA LAGOA FACULTATIVA PRIMÁRIA

Carla Gracy Ribeiro Meneses⁽¹⁾

Engenheira Civil/UFRN, Mestre em Saneamento Ambiental/UFRN, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química/UFRN (Área de concentração em Engenharia Ambiental).

Libertalarimar Bilhalva Saraiva

Engenheira Química/FURG, Mestre em Engenharia de Alimentos/FURG, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química/UFRN (Área de concentração em Engenharia Ambiental).

Henio Normando Souza de Melo

Engenheiro Químico, UFPE; Especialização em Segurança do Trabalho, UFPE; Mestre em Química Ambiental, UFPE; Doutor em Engenharia Ambiental, INSA, Toulouse/França; Professor Adjunto IV do DEQ e PPGEQ da UFRN; Vice-Chefe do Laboratório de Eng. Ambiental do DEQ/UFRN; Coordenador do PROSAB/UFRN; PRONEX/UFRN e CT-PETRO REDE 04/RN; Conselheiro do Conselho Estadual de Meio Ambiente – CONEMA.

Josette Lourdes de Souza Melo

Engenheira Química, UFPE; Especialização em Segurança do Trabalho, UFPE; Mestre em Química Analítica, UFPE; Doutora em Engenharia Ambiental, INSA, Toulouse/França; Professora Adjunto IV do DEQ e PPGEQ da UFRN; Chefe do Laboratório de Eng. Ambiental do DEQ/UFRN; Coordenador do PET/UFRN e CT-HIDRO; Conselheira do Conselho Estadual de Meio Ambiente – CONEMA.

André Luís Calado Araújo

Engenheiro Civil (UFPA), Mestre em Engenharia Sanitária (UFPB) e PhD em Engenharia de Saúde Pública (University of Leeds), Professor do Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte (CEFET-RN), Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária da UFRN (PPGES-UFRN).

Endereço⁽¹⁾: Rua Adail Pamplona de Menezes, 448, Apt. 104, Bloco C – Cond. Goldey Valley – Nova Parnamirim - Parnamirim – RN – CEP: 59150-000 – Brasil – Tel: (84) 208-1240

carlagracy@eq.ufrn.br

RESUMO

Apresenta-se no presente trabalho a determinação preditiva do número de dispersão (d) em uma lagoa facultativa primária, através dos métodos empíricos proposto por Polprasert & Bhattarai (1985), Agunwamba *et al* (1992) e Yanez (1993) baseados em parâmetros conhecidos da lagoa (largura, comprimento, profundidade). Para isso, a lagoa foi compartimentada em 8 (oito) seções, onde foram determinados o comprimento, a largura, o volume e o tempo de detenção. Com base nesses dados, calculou-se o número de dispersão (d) em cada seção obtendo os seguintes valores médios para os métodos acima referidos: 0,406, 1,353 e 1,334, respectivamente. O método de Polprasert & Bhattarai apresentou valores de d mais baixos, e os métodos de Agunwamba e Yanez apresentaram valor médio de d praticamente idênticos. Os resultados dos valores preditivos do número de dispersão (d), mostrou que teoricamente o comportamento hidráulico na lagoa é do tipo disperso. Entretanto, para a verificação do tipo real do comportamento, é necessário além dos dados (características físicas, temperatura, vazão), a avaliação de fatores com direção e velocidade dos ventos e um estudo mais completo sobre suas características hidrodinâmicas. Nesse sentido, ainda é bastante recomendável a determinação do número de dispersão através do emprego de técnicas de traçagem.

PALAVRAS-CHAVE: Predição, número de dispersão, lagoa facultativa primária

INTRODUÇÃO

As lagoas de estabilização consistem em um dos sistemas mais simples utilizados no tratamento de esgotos, por apresentarem simplicidade na construção, operação e manutenção. Estas produzem um efluente de alta qualidade com excelente redução de microrganismos patogênicos.

Nas lagoas o comportamento hidráulico pode ser descrito como mistura completa e pistão, e entre estes o de fluxo disperso. A classificação destes é feita por meio da determinação do número de dispersão (d), que indica o espalhamento do tempo de detenção hidráulico real das partículas do fluido em escoamento. Quando d tende a infinito (∞), a lagoa, tem um comportamento de mistura completa. Nesse caso, todas as características do líquido contido na lagoa são iguais em qualquer ponto. Se d é igual a zero, a lagoa está operando com escoamento tubular. Nessa situação, as características do fluido variam apenas ao longo do eixo longitudinal do reator, mantendo-se constantes nos planos transversais. Para d entre zero e infinito, então a lagoa está operando em regime de escoamento disperso.

Normalmente, os projetos são feitos para que os escoamentos tendam ou para mistura completa ou para escoamento tubular, porém muitos autores têm a opinião que o regime disperso é a melhor aproximação para descrever o regime hidráulico nas lagoas de estabilização. Entretanto, segundo Agunwamba *et al.*, (1992) a maior dificuldade no uso deste regime é a determinação do número de dispersão (d) cuja precisão afeta o modelo. Em lagoas d é normalmente determinado por estudos de regime hidrodinâmico com traçadores. Estes estudos são trabalhosos, apresentam custos elevados e os valores obtidos não podem ser utilizados em projetos de outras lagoas. Conhecendo este problema, alguns pesquisadores utilizam equações empíricas para estimar o número de dispersão baseadas nas características e geometria da lagoa.

O presente trabalho, tem como objetivo a predição do número de dispersão (d) em uma lagoa facultativa primária constituinte de uma série de lagoas que trata esgoto doméstico na cidade do Natal, RN, através dos métodos empíricos proposto por Polprasert & Bhattarai (1985), Agunwamba *et al* (1992) e Yanez (1993) baseados em parâmetros da lagoa (largura, comprimento, profundidade).

O desenvolvimento desse trabalho conta com o apoio da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Rio Grande do Norte (CAERN).

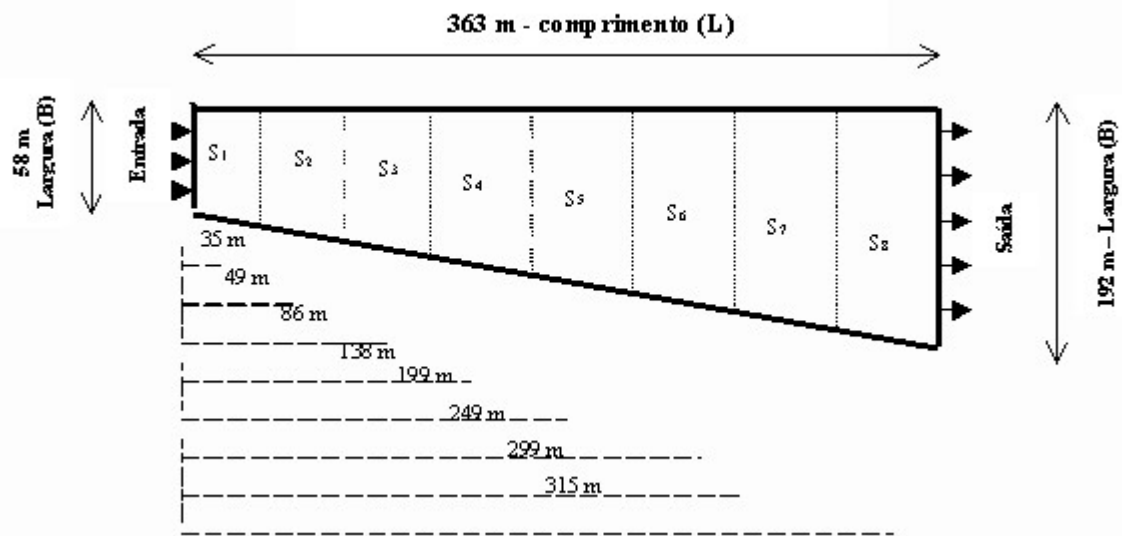
MATERIAIS E MÉTODOS

A lagoa facultativa primária em estudo está situada na estação de tratamento de esgotos (ETE) da CAERN localizada no bairro de Ponta Negra na cidade do Natal, RN. A ETE consiste em um sistema de lagoas em série, sendo uma lagoa

facultativa primária e duas lagoas de maturação. Dimensionadas para duas etapas de construção, prevendo-se ampliação em 2.006. A primeira etapa de construção da ETE está dimensionada para atender uma população de 25.350 habitantes e vazão de 75 l/s, e a segunda etapa de construção da ETE está dimensionada para atender uma população de 33.550 habitantes e vazão de 95 l/s.

A lagoa facultativa primária em estudo, apresenta uma forma geométrica trapezoidal, com capacidade máxima de 110.348,4 m³ e 2 m de profundidade. Para o estudo, a lagoa foi compartimentada em 8 (oito) seções (Figura 01) cumulativas a partir da entrada da lagoa (p. ex: $S_{2C} = S_1 + S_2/2$). Em cada seção foram colocados, com o auxílio do GPS, "pontos sinalizadores" construídos com tubo de PVC de 150 mm de diâmetro e 60 cm de altura, fixos em base de concreto e preso por corda a uma bóia, totalizando 30 (trinta) ao longo da lagoa no sentido longitudinal e transversal. Estes pontos serviam como base para determinação das áreas de cada uma das seções trapezoidais, além de serem utilizados como armadilhas de coleta de sedimentos.

Figura 01: Representação gráfica das seções



MÉTODOS EMPÍRICOS PARA DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE DISPERSÃO

Na determinação preditiva do número de dispersão (d) da lagoa, foram utilizados três modelos empíricos: Polprasert & Bhattarai (1985), Agunwamba *et al.*, (1992) e Yanez (1993), todos representados pelas equações de (1) a (3), respectivamente.

- Polprasert & Bhattarai (1985) $d = \frac{0,184 \cdot t \cdot v (B + 2H)^{0,489} \cdot B^{1,511}}{(L \cdot H)^{1,489}} \quad (1)$

- Agunwamba *et al.*, (1992):

$$d = 0,102 \left(\frac{3 \cdot (B + 2H) \cdot t \cdot v}{4 \cdot L \cdot B \cdot H} \right)^{-0,410} \left(\frac{H}{L} \right) \left(\frac{H}{B} \right)^{-(0,981 + 1,385H/B)} \quad (2)$$

- Yanez (1993)

$$d = \frac{(L/B)}{-0,291 + 0,254 (L/B) + 1,014 (L/B)^2} \quad (3)$$

onde:

L = comprimento da lagoa (m)

B = largura da lagoa (m)

H = profundidade da lagoa (m)

t = tempo teórico de detenção (dias)

v = viscosidade cinemática do líquido (m^2/d), em função da temperatura do líquido

RESULTADOS

Objetivando-se a predição do número de dispersão foram determinados primeiramente, o comprimento e a largura de cada seção, calculados através das medições das demarcações dos "pontos sinalizadores" em relação ao ponto de entrada da lagoa, o volume e o tempo de detenção, adotando-se um volume total da lagoa de 90.750 m³, vazão média afluente de 4.000 m³/d e profundidade de 2m (Tabela 01).

Tabela 01: Comprimento, largura, volume e tempo de detenção de cada seção

Seção	Comprimento cumulativo (m)	Largura cumulativa (m)	Volume cumulativo (m ³ /d)	Tempo de detenção cumulativo (dias)
S1C	35	71,70	8.750	2,19
S2C	49	76,10	12.250	3,06
S3C	86	89,75	21.500	5,37
S4C	138	108,94	34.500	8,62
S5C	199	131,46	49.750	12,43
S6C	249	149,92	62.250	15,56
S7C	299	168,37	74.750	18,68
S8C	315	174,28	78.750	19,68

A partir desses dados, calculou-se o número de dispersão (d) em cada seção da lagoa facultativa primária, empregando-se os 3 (três) métodos empíricos apresentados anteriormente e considerando uma viscosidade cinemática de 0,077 m²/d, em função da temperatura média do líquido de 25° C (Metcalf & Eddy, 1991). Os resultados encontram-se na Tabela 02.

Tabela 02: Faixas de valores do número de dispersão (d) em cada seção, obtidos através dos métodos empíricos

Método Empírico	Número de dispersão (d) / Seção							
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈
Polprasert & Bhattarai (1985)	0,29	0,27	0,29	0,34	0,42	0,48	0,55	0,58
Agunwamba <i>et al.</i> ., (1992)	2,89	2,20	1,45	1,08	0,89	0,80	0,75	0,73
Yanez (1993)	4,66	1,99	1,05	0,76	0,62	0,56	0,52	0,51

A Tabela 03 apresenta os resultados da estatística básica dos valores do número de dispersão (d) obtidos de acordo com os três métodos, e a Figura 02 corresponde a um gráfico "Box & Whisker", utilizado para indicar a distribuição e a variabilidade dos valores de d .

Tabela 03: Estatística básica dos valores do número de dispersão (d)

Métodos Empíricos	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
Polprasert & Bhattarai (1985)	0,406	0,279	0,581	0,123
Agunwamba <i>et al.</i> ., (1992)	1,353	0,735	2,893	0,796
Yanez (1993)	1,334	0,515	4,666	1,434

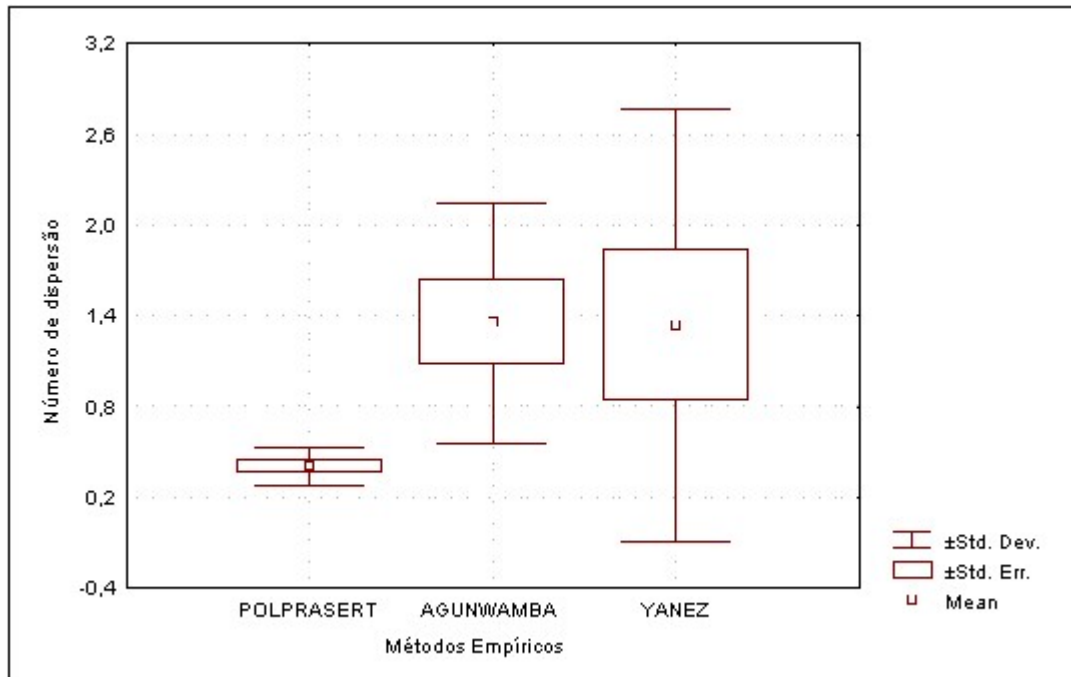


Figura 02: Gráfico "Box & Whisker" da distribuição e variabilidade do número de dispersão nos três métodos empíricos

Analisando os resultados, temos:

- A distribuição dos valores de d nos métodos apresenta-se de forma simétrica;
- O método de Polprasert & Bhattarai apresentou valores de d mais baixos, aumentando o seu valor a cada seção, tendendo assim, a um fluxo de mistura completa. Já os outros métodos, apresentam um decréscimo de d , tendendo a zero, a cada seção analisada;
- Os métodos de Agunwamba *et al.*, e o de Yanez apresentaram valor médio de d praticamente idênticos. De acordo com Von Sperling (1996) os métodos de Agunwamba *et al.*, e Yanez fornecem resultados médios similares, para lagoas com comprimento superior a 100 m. Portanto, os valores encontrados acima ratifica a observação feita por Sperling, que sugere quando, se necessitar de simplicidade nos cálculos em lagoas com comprimento superior a 100 m, pode-se utilizar a equação proposta por Yanez.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados, concluiu-se que:

Como os valores preditivos do número de dispersão (d) estão entre zero e infinito, então a lagoa está supostamente operando em regime de escoamento disperso. Entretanto, para a verificação do tipo real de regime é necessário além dos dados (características físicas, temperatura, vazão), a avaliação de fatores com direção e velocidade dos ventos e um estudo mais completo sobre suas características hidrodinâmicas. Nesse sentido, ainda é bastante recomendável a determinação do número de dispersão através do emprego de técnicas de traçagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUNWAMBA, J. C; EGBUNIWE, N; ADEMILUYI, J. O. Prediction of the dispersion number in waste stabilization ponds. Wat. Res. Vol. 26, p. 85-89, 1992.
2. METCALF & EDDY. Wastewater engineering treatment, disposal, reuse. 3. Ed. Mc Graw-Hill.
3. VON SPERLING, M. Lagoas de Estabilização. vol. 3., Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1996, 140p.