

## DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE VOLUMÉTRICO DE LODO NUMA CONCENTRAÇÃO PADRÃO

### **Eduardo Pacheco Jordão<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil e Sanitarista, Professor Adjunto da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

### **Vitor Manuel Marques dos Santos**

Engenheiro Civil, M.Sc. em Engenharia Civil, UFRJ.

### **Jeana Rodrigues da Conceição**

Engenheira Química, aluna de mestrado da UFRJ.

### **Pedro Além Sobrinho**

Engenheiro Civil e Sanitarista, Professor Titular da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.



FOTO

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - Departamento de Hidráulica e Saneamento - Cidade Universitária - Rio de Janeiro - RJ - CEP: 21945-970 - Brasil.

## RESUMO

O Índice Volumétrico de Lodo (IVL) é um parâmetro bem conhecido, utilizado para a quantificação das propriedades do lodo, particularmente sua sedimentabilidade. O IVL tem sido aplicado largamente no controle do processo de lodos ativados, e é realmente muito simples. No entanto, modificações têm sido propostas para o teste do IVL, tais como o Índice Volumétrico de Lodo Diluído (IVLD), o Índice Volumétrico de Lodo com Agitação (IVLA), de modo a eliminar as interferências que usualmente ocorrem no procedimento normal. Tais interferências são normalmente físicas, ou estão relacionadas às características do lodo, como no caso de lodos com alta concentração ou com problema de "bulking".

A fim de eliminar a dependência da concentração do lodo, os autores realizaram ensaios de IVL a uma concentração padrão, usando uma centrífuga para estimar a concentração de sólidos em suspensão e a diluição necessária da amostra. Os ensaios mostraram que estes procedimentos são seguros, precisos, de fácil operação, e consomem menos tempo.

A metodologia proposta é particularmente indicada no caso de lodos com concentrações muito altas, quando o ensaio de IVL padronizado apresenta um "falso" resultado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Índice Volumétrico de Lodo, Índice Volumétrico de Lodo Diluído, Sedimentabilidade, Centrifugação, Tratamento de Esgoto.

## INTRODUÇÃO

Juntamente com os esforços visando a melhoria da qualidade no processo de lodos ativados, verifica-se uma maior preocupação com o controle das características da sedimentabilidade do lodo. Na verdade o estudo da sedimentabilidade do lodo é tão antigo como o artigo clássico em que MOHLMAN, 1934, descreve o índice que leva o seu nome, também conhecido como Índice Volumétrico de Lodo, IVL. Por definição e conceito, o IVL, dimensão ml/g, é o volume em mililitros ocupado por 1 grama de lodo, após sedimentação de 30 minutos. Dito de outra forma, é a relação entre o volume de lodo que sedimenta após 30 minutos em uma proveta graduada de 1.000 ml, e a concentração de sólidos em suspensão nessa amostra. JORDÃO e PESSOA, 1995, denominam de Teor de Lodo o volume sedimentado neste ensaio, padronizado e descrito no artigo original de Mohlman, e nos manuais clássicos.

A experiência entre os que operam estações de tratamento por lodos ativados aponta que IVL maior que 200 ml/g costuma ser uma indicação de lodo de má qualidade e má sedimentabilidade. A literatura indica valores nesta ordem, em particular a publicação clássica sobre operação de estações de tratamento, o MOP-11 da WEF, 1990.

Não obstante, estudiosos e operadores, como por exemplo WANNER, 1994, e o FD-9 da WEF, 1987, lamentam que o teste defina apenas um ponto da curva de sedimentabilidade do lodo - aos 30 minutos do ensaio: dois lodos com diferentes características de sedimentabilidade podem evidentemente apresentar o mesmo valor para o IVL, mas características claramente diversas.

DICK e VESILIND, 1969, já compartilhavam desta mesma observação, e relacionam fatores importantes, com influência na determinação do Índice Volumétrico de Lodo:

- ? o cilindro graduado de 1.000 mililitros é muito estreito, e suas paredes certamente influenciam a sedimentação. Além desse aspecto, o próprio material da proveta, vidro ou plástico, poderá apresentar efeitos diversos. Testes realizados em provetas e recipientes de diferentes tamanhos mostraram que os IVLs obtidos variam de modo apreciável, para mais ou para menos, em relação à proveta padrão;
- ? a concentração do lodo tem grande influência no ensaio da sedimentação, observa-se que à medida que a concentração do lodo cresce, o IVL aumenta rapidamente, até um valor limite desta concentração, a partir do qual o índice diminui. Nas concentrações muito elevadas, o resultado não espelha absolutamente um quadro real (pode-se imaginar, por exemplo, um lodo com 10.000 mg/l, que nem chegue a sedimentar, nesse caso se leria na proveta o próprio volume inicial, 1.000 ml, e o IVL calculado seria 100 ml/g, um valor indicativo de boas condições de sedimentabilidade, mas que no entanto não espelha a realidade do ensaio realizado);
- ? as relações de viscosidade e resistência do lodo, típicas das suas características reológicas, não se mostram correlacionadas com os valores do IVL;
- ? a temperatura claramente afeta os resultados do teste, uma vez que afeta a viscosidade da amostra. Dois lodos com mesmo IVL podem não ser similares se foram ensaiados ou provenientes de reatores com temperaturas diferentes;

- ? a profundidade inicial da amostra influencia de maneira marcante os resultados do ensaio, daí a importância dos ensaios serem realizados na proveta padrão;
- ? a agitação leve que algumas variações do ensaio já propõem, da ordem de 1 rpm, apresenta resultados de IVL mais baixos, quase sempre inferiores a 100, embora ainda dependentes da concentração de SST da amostra. Estes resultados são na verdade mais realistas, especialmente se for levado em conta que na situação real a sedimentação também ocorre em condições de baixa agitação.

## ALTERNATIVAS PARA O ÍNDICE VOLUMÉTRICO DE LODO

A partir destas observações, novas opções deste tipo de ensaio têm sido propostas, em anos mais recentes, como o Índice Volumétrico de Lodo com Agitação, IVLA, "Stirred Sludge Volume Index" na literatura inglesa, e o Índice Volumétrico de Lodo Diluído, IVLD, "Diluted Sludge Volume Index", na literatura inglesa.

O Índice Volumétrico de Lodo com Agitação, IVLA, consiste em realizar o mesmo tipo de ensaio em um cilindro graduado de 1 ou 2 litros, dotado de uma palheta giratória em seu interior (velocidade até 4 rpm, velocidade periférica da ordem de 1 cm/s), eliminando assim o efeito de paredes e favorecendo o efeito de compactação.

Como outra alternativa para o ensaio clássico de IVL, foi proposto o Índice Volumétrico de Lodo Diluído, IVLD, que consiste em realizar o mesmo ensaio de IVL, na proveta padrão de 1.000 ml, porém com diluições em série ( a diluição deve ser sempre um múltiplo de 2, como 1:2, 1:4, 1:8, usando o efluente do decantador como líquido de diluição).

LEE e outros, 1983, justifica esta técnica, considerando que no ensaio de sedimentação, esta ocorre em quatro fases - refloculação, sedimentação inicial, transição, e compressão - e que ideal seria que o volume de lodo sedimentado após 30 minutos já tivesse alcançado a fase de compressão (lembrando ainda que após 30 minutos somente os lodos que sedimentam rapidamente, ou os diluídos, alcançam a fase de compressão, enquanto os que sedimentam mal ou são muito concentrados ainda se encontram nas fases anteriores, nos 30 minutos do ensaio). Como a diluição do lodo reduz o tempo para alcançar a fase de compressão, após realização de ensaios de IVL com diluição do lodo verificou-se que um estado de boa compactação era sempre alcançado quando o volume de lodo sedimentado na proveta padrão, após 30 minutos - SD<sub>30</sub> chegava a até 200 ml.

Desde que se realize diluições em série, e sempre em um múltiplo de 2, como 1:2, 1:4, 1:8, sendo  $n$  o número de diluições praticado ou necessário para se obter um volume sedimentado até 200 ml, o Índice Volumétrico de Lodo Diluído pode ser expresso na forma seguinte (sendo SST a concentração de Sólidos em Suspensão na amostra original):

$$IVLD = (SD_{30}/SST) * 2^n$$

JENKINS, e outros, 1986, recomendam e descrevem os passos do processo de diluição e de realização dos testes, que WANNER, 1994, igualmente descreve, considerando ainda que uma tolerância de até 40 ml/l é aceitável para os valores de SD<sub>30</sub>.

### **ALTERNATIVA PARA O ÍNDICE VOLUMÉTRICO DE LODO A CONCENTRAÇÃO PADRÃO**

Com o objetivo de eliminar a dependência da concentração do lodo, os autores realizaram ensaios de Índice Volumétrico de Lodo, IVL, numa concentração padrão de 2.000 mg/l, usando uma centrífuga para determinar a diluição necessária da amostra para obtenção desta concentração padrão. Dados experimentais são apresentados, para três séries de testes, realizados na Estação de Tratamento de Esgotos da Penha, no Rio de Janeiro.

Os autores trabalharam com um lodo ativado altamente concentrado da ETE Penha, obtendo valores de IVL baixos e mascarados, para valores muito altos de Sólidos Decantáveis de 30 minutos (SD<sub>30</sub>). Conforme mostrado na Tabela 1, uma amostra altamente concentrada, com 8.895 mg/l de Sólidos em Suspensão, por exemplo, apresentava um valor de Sólidos Decantáveis de 30 minutos de 980 ml/l, e um "falso" valor de IVL de 110 ml/g.

Dois tipos de ensaio foram feitos em paralelo para esta situação particular:

- ? foram realizados testes de Índice Volumétrico de Lodo Diluído, IVLD, de acordo com os procedimentos recomendados por JENKINS e outros, 1986, descritos anteriormente;
- ? foram feitos testes de Índice Volumétrico de Lodo a uma concentração padrão de 2.000 mg/l utilizando-se uma centrífuga para determinar a diluição a ser feita na amostra para obter a concentração padrão, de acordo com os procedimentos seguintes.

### **PROCEDIMENTOS PARA CENTRIFUGAÇÃO E PREPARAÇÃO DA AMOSTRA DILUÍDA**

A estimativa da concentração de sólidos em suspensão do "mixed liquor" de um tanque de aeração é uma tarefa simples, quando realizada através de teste de centrifugação, conforme descrito por ARASMITH e outros, 1981. A principal vantagem deste teste sobre a determinação da concentração de sólidos em suspensão segundo os procedimentos do "Standard Methods", APHA/AWWA/WEF, 1995, é que os trabalhos de laboratório envolvidos no teste de centrifugação são menores e de custo mais baixo que o teste seguindo o Standard Methods, além de exigir menos tempo para obtenção do resultado.

Três séries de amostras foram coletadas no canal efluente do tanque de aeração da ETE Penha, tal que a concentração de sólidos em suspensão e o volume de sólidos centrifugados pudessem ser determinados. Os testes de centrifugação foram realizados por 15 minutos, a 3.000 rpm, utilizando-se uma centrífuga Excelsa-Boby-Fanem, modelo 208N, e tubos pyrex número 8.080. Foram utilizados quatro tubos para cada teste, sendo colocados 10 ml de amostra em cada um.

## RESULTADOS

A Figura 1 apresenta as curvas calibradas obtidas para as três séries de testes; a Figura 2 compara as concentrações de sólidos em suspensão estimadas a partir dos testes de centrifugação com as concentrações de sólidos em suspensão determinadas de acordo com os procedimentos do Standard Methods. Um excelente ajuste foi obtido para os testes. As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados comparativos para as duas séries de testes de IVL, IVLD e IVL<sub>2000</sub>. Mostram ainda a concentração de sólidos em suspensão do meio líquido e os valores de SD<sub>30</sub> dos ensaios.

## DISCUSSÃO

Em relação aos ensaios de centrifugação, demonstraram ser seguros e aplicáveis, como uma ferramenta para controle operacional no processo de lodos ativados. Como indica a Figura 2, excelentes valores para sólidos em suspensão estimados foram obtidos com a centrifuga, quando comparados com os valores de sólidos em suspensão medidos.

Observa-se ainda nas Tabelas 1 e 2 que os resultados de IVLD e de IVL<sub>2000</sub> são muito próximos, indicando uma situação muito mais realista que o procedimento normal de determinação de IVL. A preparação da amostra numa concentração padrão de sólidos em suspensão torna-se uma tarefa simples, à medida que a concentração de sólidos em suspensão pode ser estimada através de técnicas de centrifugação.

**Tabela 1: IVL, IVLD, IVL<sub>2000</sub> do Lodo Ativado da ETE Penha (Abril, 1996)**

Teste (*)	SS (mg/l)	SD30' (ml/l)	SD30' a 2.000 mg/l (ml/l)	IVL (ml/g)	IVLD (ml/g)	IVL a 2.000 mg/l (ml/g)
1	5.585	830	170	149	86	85
2	7.600	960	170	126	87	85
3	8.895	980	175	110	85	88

(\*) De um total de 17 testes, Abril de 1996.

**Tabela 2: IVL, IVLD, IVL<sub>2000</sub> do Lodo Ativado da ETE Penha (Setembro, 1996)**

Teste (*)	SS (mg/l)	SD30' (ml/l)	SD30' a 2.000 mg/l (ml/l)	IVL (ml/g)	IVLD (ml/g)	IVL a 2.000 mg/l (ml/g)
1	9.170	860	105	94	52	53
2	9.080	840	115	93	51	58
3	8.910	780	95	88	51	48
4	10.140	900	130	89	55	65
5	9.610	900	100	94	50	50
6	9.470	870	115	92	55	58
7	8.890	900	100	101	54	50
8	8.770	830	95	100	52	50

---

9	7.260	435	100	60	52	50
---	-------	-----	-----	----	----	----

(\*) De um total de 21 testes, Agosto, Setembro, Outubro de 1996.

Figura 1 - Correlação entre sólidos centrifugados e concentração de sólidos em suspensão ETE Penha.

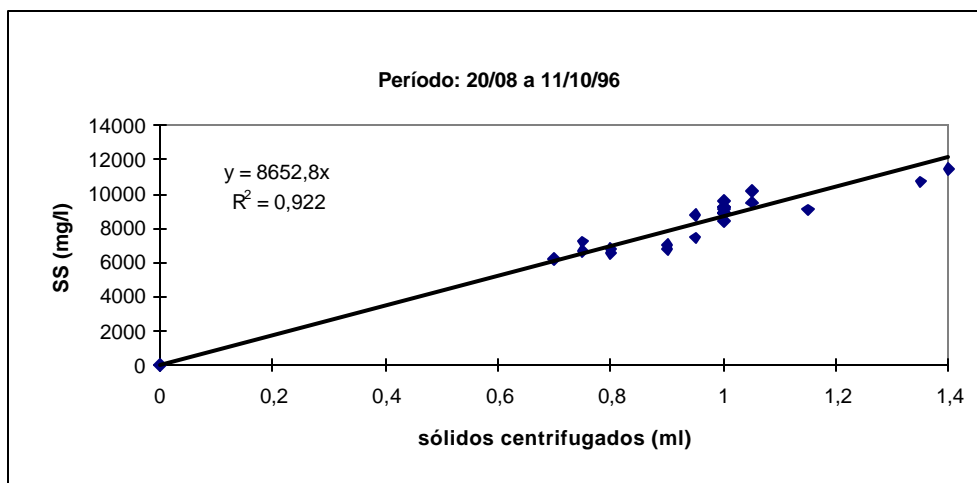
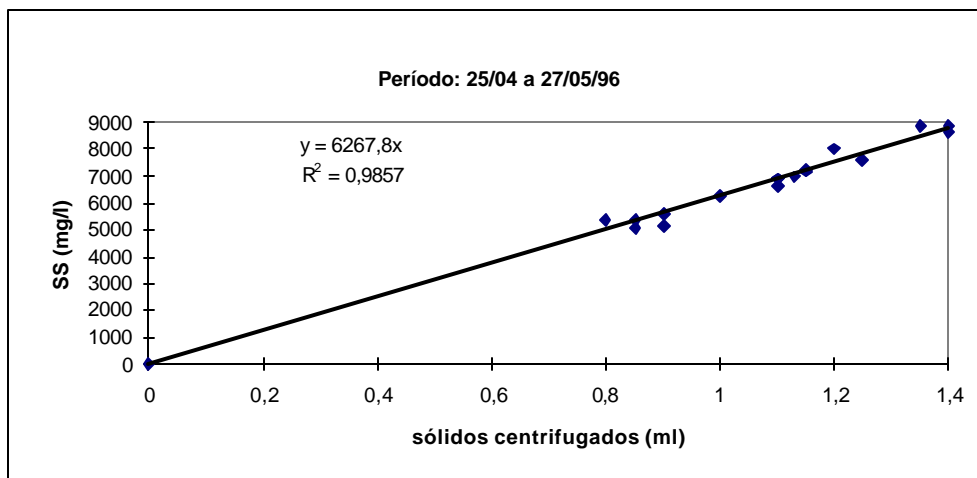
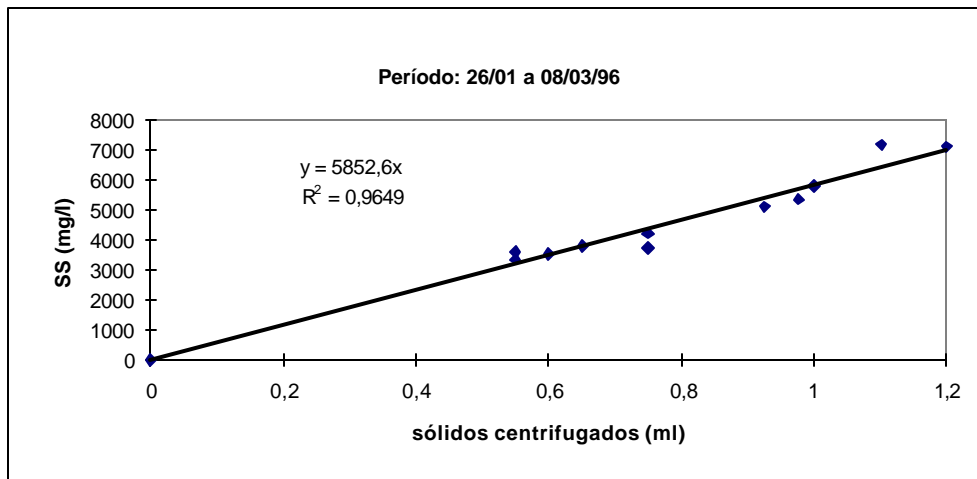
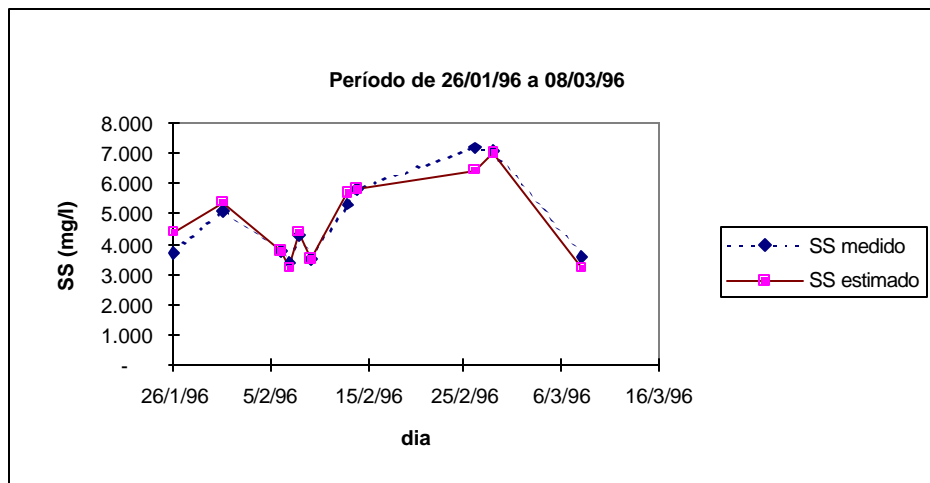
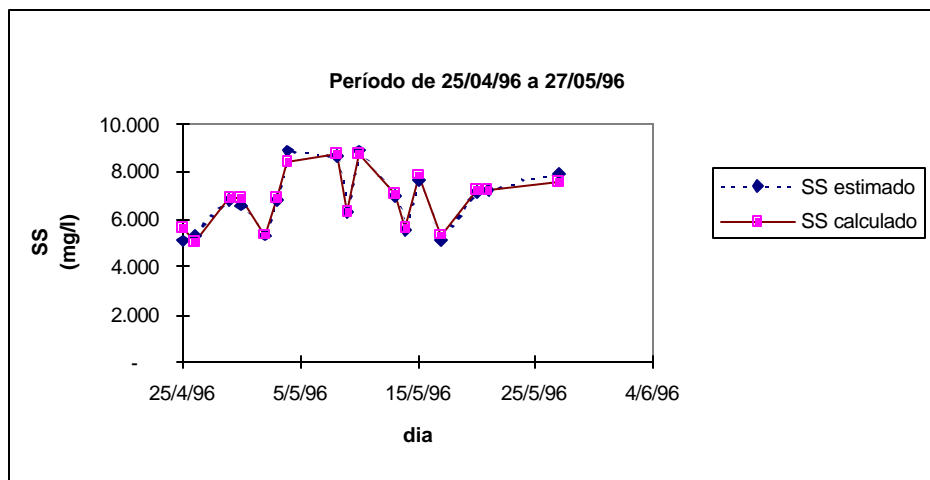
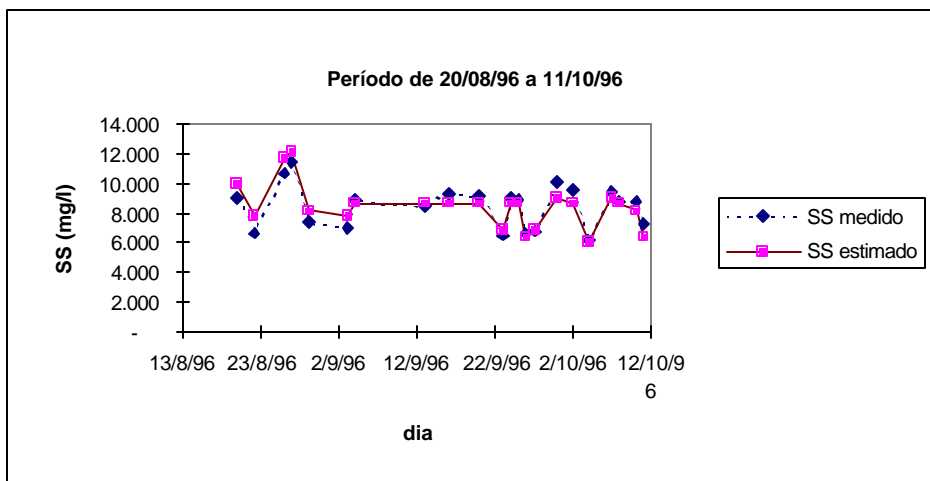


Figura 2 - SS medido e estimado (através de centrifuga) - ETE Penha.





## CONCLUSÕES

A determinação do IVL a uma concentração padrão é recomendada, utilizando o teste de centrifugação para estimar a concentração de sólidos em suspensão, tal que uma diluição apropriada possa ser preparada. Estes procedimentos são seguros, precisos, de fácil operação, e demandam menos tempo para obtenção da resposta. Esta metodologia é particularmente indicada no caso de lodos com concentrações muito altas, quando o ensaio de IVL padronizado apresenta um "falso" resultado.

## AGRADECIMENTOS

Os recursos para este projeto foram fornecidos pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Estado do Rio de Janeiro, CEDAE, através de um convênio com o Escritório Técnico da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MOHLMAN, M. L. The Sludge Index. **Sew. Works J.**, 6(1):119, 1934.
2. APHA/AWWA/WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19ª Edição. APHA/AWWA/WEF, 1935.
3. JORDÃO, E. P., PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 3ª Edição. ABES, 1995.
4. DICK, R. I., VESILIND, P. A. **The Sludge Volume Index - What is it?** Journal WPCF, Julho 1969.
5. JENKINS, D., RICHARD, M., DAIGGER, G. **Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming**. Water Research Commission. South Africa, 1986.
6. ARASMITH, E. E. **Centrifuge, Operational Control Tests**. Linn-Benton Community College. Albany. Oregon, 1986.
7. WEF. **Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants**. MOP-11, 1990.
8. WANNER, J. **Activated Sludge Bulking and Foaming Control**. Technomic Publishing, 1994.
9. WEF. **Activated Sludge**. FD-9, 1987.
10. LEE, S., KOOPMAN, B., BODE, H., JENKINS, D. **Evaluation of Alternative Sludge Settleability Indices**. Water Research. Volume 17, 1983.