

Remoção de fósforo por meio biológico

MARCELO ANTONIO TEIXEIRA PINTO

Engenheiro Químico, chefe de Seção de Operação ETE-Norte e ETE-Sobradinho da Companhia de Água e Esgotos de Brasília-Caesb.

ADALETE FIGUEREDO MACHADO

Engenheira Química, chefe da Seção de Operação da ETE-Sul da CAESB.

KLAUS DIETER NEDER

Engenheiro Civil, chefe da Divisão de Tratamento de Esgotos da CAESB.

Algumas manobras operacionais e a formação de uma região anaeróbica nos reatores, durante o período noturno, possibilitaram excelentes remoções de fósforo nas Estações de Tratamento de Esgotos por lodo ativado, em Brasília. Assim, as alternativas operacionais discutidas neste trabalho vislumbram ser um eficiente meio de transformar Estações Convencionais de Lodos Ativados, já construídas, em Estações de nível terciário para remoção de nutrientes, sem qualquer custo adicional.

A cidade de Brasília foi criada em 1960 e projetada para ser o centro administrativo do governo do País. Em suas margens foi formado artificialmente o Lago Paranoá com objetivo de amenizar o clima da região, além de fins paisagísticos e recreativos.

O crescimento acelerado e desgovernado da região e os esgotos ali lançados, com tratamento inadequado, acarretaram um acelerado processo de eutrofização nas águas do Lago.

Para corrigir este problema, a Companhia de Água e Esgotos de Brasília — CAESB, optou por uma solução que a médio prazo — 1990 — dotará a cidade de duas Estações de Tratamento de Esgotos a nível terciário, com capacidade de tratar todos os esgotos gerados na bacia utilizando o processo Bardenpho, para remoção de nutrientes.

A curto prazo, porém, era importante e necessário introduzir nas Estações atuais um processo que aumentasse a remoção de fósforo (fato limitante para o Lago Paranoá), sem que houvessem obras, gastos adicionais ou redução do volume tratado.

Assim, este trabalho apresenta a bem-sucedida experiência com as atuais Estações de lodo ativados de Brasília na remoção de fósforo dos esgotos, utilizando-se apenas mecanismos operacionais.

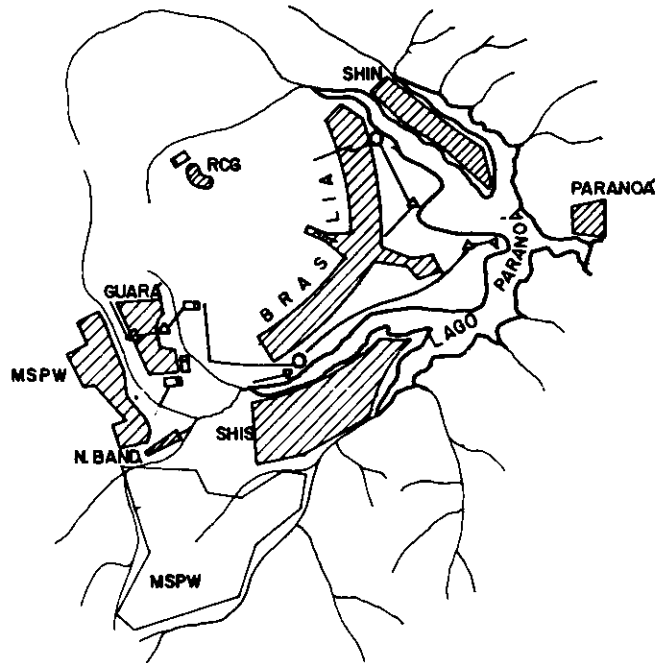
AS ESTAÇÕES ATUAIS

Dos esgotos gerados na bacia do Lago Paranoá, 35% são tratados em duas Estações de Tratamento, localizadas em cada lado da cidade (Figura 1).

A Estação de Tratamento Norte iniciou sua operação em 1969, tendo sido projetada para tratar 260 l/s pelo processo de

lodos ativados convencional. Em 1977, foi modificada através da transformação de 1/6 do reator em câmara anóxica e instalação de uma recirculação interna para introduzir o processo de nitrificação/desnitrificação. Atualmente trata cerca de 290 l/s.

FIGURA 1
A Bacia do Lago Paranoá.



LEGENDA

- ADENSAMENTOS
- INTERCEPTOR DE ESGOTOS
- ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS EM NÍVEL SECUNDÁRIO
- ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTOS
- LAGOA DE OXIDAÇÃO

A Estação de Tratamento Sul iniciou sua operação em 1960, tendo sido projetada para tratar 520 l/s pelo processo de lodos ativados convencional, e alterada em 1978 para modalidade de Estabilização por contato para melhor equilíbrio do processo. Atualmente trata a nível primário 570 l/s a nível secundário 500 l/s.

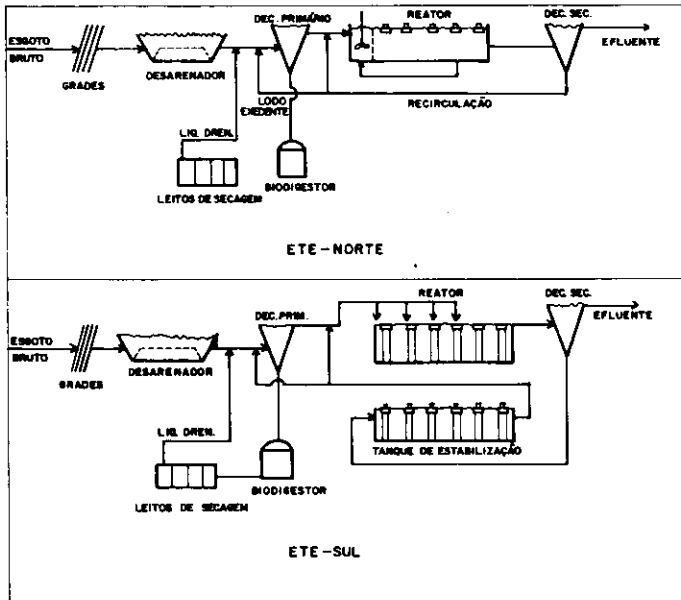
Os fluxogramas de processo das duas plantas, antes das modificações para remoção de fósforo, são apresentadas na figura 2, adiante. Maiores detalhes podem ser vistos no Anexo 1.

A ETE-Norte vinha apresentando sistematicamente concentrações de fósforo efluente bastante inferiores à ETE-Sul, supostamente devido à formação de zonas anaeróbicas no reator durante certos períodos do dia, em virtude do sistema de aeração superficial empregado. Tal situação, porém, não atingia as condições necessárias para uma eficiente liberação de fósforo, nem tampouco possibilitava qualquer controle deste mecanismo.

Assim, acreditávamos que seria possível atingir concentrações de fósforo efluente bastante baixas nas Estações

(<1,0mg/1 de P total) e por conseguinte altas remoções, bastando para isso um rearranjo no processo e algumas manobras operacionais que permitissem melhorar as condições necessárias aos mecanismos de liberação e absorção biológica do fósforo — *luxury uptake*.

FIGURA 2
Fluxograma de processo sem modificações para remoção de fósforo.



AS MANOBRAS IMPLEMENTADAS E A PERFORMANCE ALCANÇADA

Diversos autores têm relatado experiências com algum sucesso em remoção biológica de fósforo, em estação convencional, através de modificações operacionais, sem aplicação de produtos químicos. 15,19,21,26

Tem sido entendimento corrente que para uma eficiente remoção de fósforo por meio biológico são necessárias as seguintes condições:

- Concentrações de matéria orgânica rapidamente biodegradável ou ácidos voláteis nos esgotos afluentes ao reator biológico. 3,19,20,32,33
- Formação de zona anaeróbica (sem oxigênio e sem nitratos), no início do reator, com tempo de retenção suficiente para que microorganismos facultativos através de processo de fer-

mentação produzam ácidos voláteis. Os ácidos produzidos, assim como os ácidos voláteis afluentes, serão utilizados por microorganismos como *Acinetobacter*, para sintetizar e acumular PHB usando polifosfatos armazenados nas células como fonte de energia, liberando ortofosfato para o meio líquido. 12,32,33

- Oxigenação suficiente no restante do reator para que através da degradação do PHB, intracelular seja assimilado o fósforo do meio líquido e estocado no interior das células, usando-se o oxigênio como aceptor de elétrons. 3,13,14,29

- A menor concentração possível de oxigênio e nitratos nos fluxos afluentes à zona anaeróbica para que a matéria orgânica rapidamente biodegradável ou os ácidos voláteis não sejam totalmente consumidos por microorganismos estritamente aeróbicos, impedindo os mecanismos mencionados anteriormente. 21,32

A questão era, portanto, como implementar as condições acima mencionadas em uma Estação de Tratamento com sobrecarga, com a capacidade de oxigenação do sistema sendo plenamente utilizada e sem efetuar obras, trocas de equipamentos ou reduzir o volume tratado.

ETE-Norte

Assim, após alguns testes foi proposto para a ETE-Norte e incorporado ao processo, em abril/87, o seguinte conjunto de manobras operacionais que, em nosso entendimento, melhoraria os mecanismos de remoção de fósforo que já acreditávamos ocorrer naquela Estação:

- Abandonar o processo de nitrificação/desnitrificação, que já não apresentava bons resultados devido à pequena idade de lodo e à esgotada capacidade de aeração do sistema, desligando a recirculação zona aerada/zona anóxica, a fim de reduzir o aporte de oxigênio para a última.
- Manter sem aeração as primeiras câmaras (antiga zona anóxica), correspondente a 1/6 do volume do reator, de modo que forme uma região anaeróbica.
- Aproveitar as características mais brandas dos esgotos noturnos aumentando, neste período, para 1/3 do reator o volume de lodo sem aeração através do desligamento dos aeradores seguintes à região anaeróbica (0:00h às 06:00 horas).
- Reduzir a idade de lodo para cerca de 3 dias, para evitar a nitrificação, descartando o excesso de lodo ativado apenas uma vez, em horário pré-estabelecido, no período noturno.
- Retirar o decantador primário de operação durante o período noturno (0:00 h às 06:00 horas), para aumentar o aporte de matéria orgânica aos reatores neste período, além de receber e adensar o lodo ativado excedente.
- Reprogramar as descargas de lodo adensado para os digestores anaeróbicos, de modo a minimizar o tempo de permanência do lodo ativado excedente no decantador primário, a fim de evitar a liberação do fósforo já descartado.

QUADRO 1 — Resultados operacionais ETE Norte
(*) Antes das modificações — Resultados de 1984/85/86 e parte de 87.
(**) Afluente ao tratamento secundário.

PARAMETROS	ANTES DAS MODIFICAÇÕES (*)			DEPOIS DAS MODIFICAÇÕES		
	CONCENTRAÇÃO AFLUENTE (**)	CONCENTRAÇÃO EFLUENTE	REMOÇÃO (%)	CONCENTRAÇÃO AFLUENTE (**)	CONCENTRAÇÃO EFLUENTE	REMOÇÃO (%)
DQO	319 ± 17	60 ± 7	81 ± 3	259 ± 22	58 ± 10	80 ± 4
SS	122 ± 6	38 ± 5	69 ± 4	134 ± 5	42 ± 7	69 ± 5
TKN	47,2 ± 3,0	34,7 ± 3,0	26 ± 3	38,5 ± 3,8	26,9 ± 3,2	30 ± 5
P-Total	5,53 ± 0,30	1,62 ± 0,19	71 ± 3	5,68 ± 0,42	0,91 ± 0,20	84 ± 4
ORTO-P	-	0,63 ± 0,10	-	-	0,08 ± 0,05	-

FIGURA 3

Porcentagem dos resultados menores ou iguais aos valores indicados.

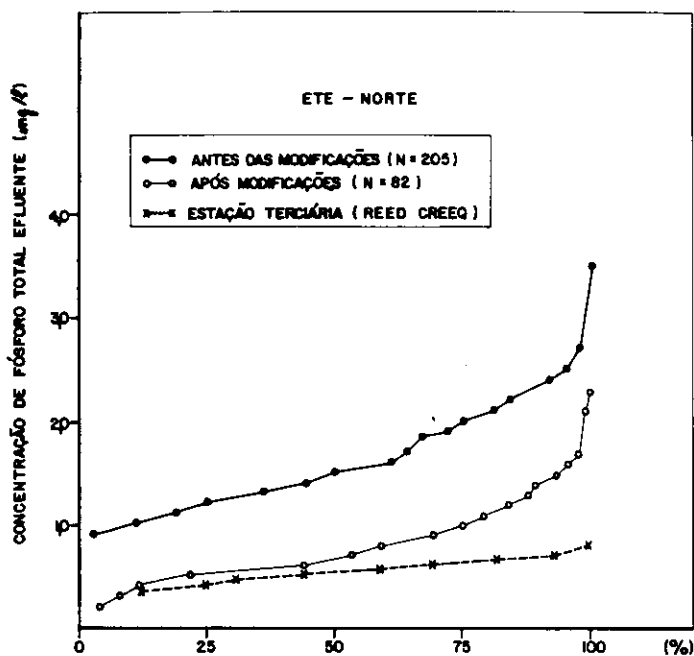
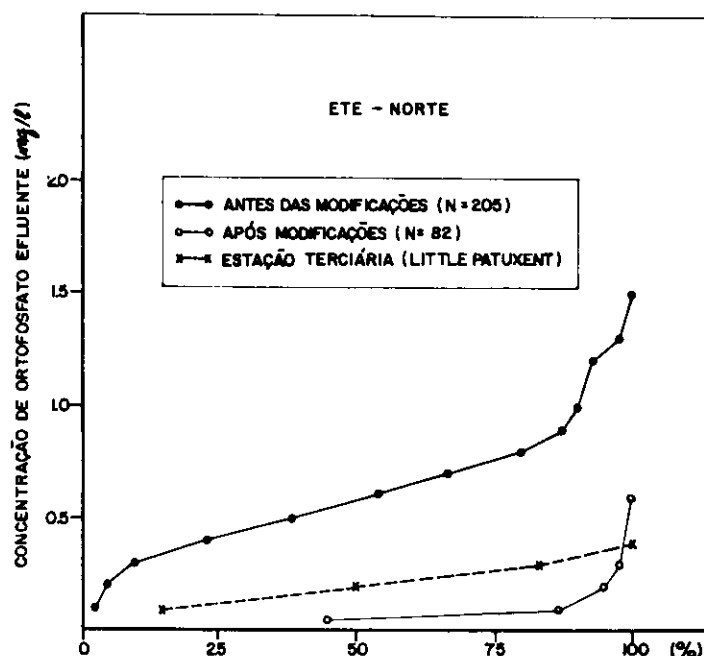


FIGURA 4

Porcentagem dos resultados menores ou iguais aos valores indicados.



• Retirar o fluxo de líquido drenado dos leitos de secagem para a Estação, encaminhando-o para uma lagoa de acumulação e evaporação existente, de modo a não realimentar a Estação com o fósforo já descartado.

Os resultados são apresentados nas figuras 3 e 4 e no quadro 1 e nos mostram que, após efetuadas as modificações citadas, as concentrações de ortofosfato efluente reduziram significativamente, chegando a valores menores que as encontradas em Estações terciárias no Exterior. Foi observado também abundante formação de espuma nos aeradores e decantadores secundários nos meses mais quentes do ano (agosto a dezembro), onde a ausência de coletores de espuma nos decantadores permitiu a passagem deste material para o efluente, reduzindo neste período a eficiência do sistema, diagnosticado pela diferença entre fósforo total e ortofosfato.

ETE-Sul

Com a experiência adquirida na ETE-Norte, em julho/87 modificou-se o processo da ETE-Sul, de modo a que se instalas-

se também naquela Estação as condições necessárias aos mecanismos bioquímicos do processo. Assim, foram implementadas as seguintes manobras operacionais:

• Abandonar a modalidade de estabilização por contato e aeração estendida, fazendo com que toda vazão afluyente entrasse nas primeiras câmaras das séries de aeração.

• Formar uma zona anaeróbica no início do reator através do desligamento dos aeradores durante o período noturno (0:00 h às 06:00 horas). Devido aos mecanismos de transmissão dos motores que acionam os aeradores estarem agrupados, era obrigatório que no mínimo metade do volume do reator ficasse sem aeração.

• A idade de lodo, o descarte de lodo ativado excedente, as manobras com o decantador primário e o tratamento do líquido drenado obedecem às mesmas recomendações desenvolvidas na ETE-Norte.

Assim, a única diferença entre as duas Estações passou a ser a existência contínua na ETE-Norte de uma zona sem aeração (1/6 do volume do reator), que tem seu volume duplicado durante o período noturno, enquanto que a ETE-Sul a zona sem

QUADRO 2 — Resultados operacionais ETE Sul.

(*) Antes das modificações — Resultados de 1984/85/86 e parte de 87.

(**) Afluente ao tratamento secundário.

PARAMETROS	ANTES DAS MODIFICAÇÕES (*)			DEPOIS DAS MODIFICAÇÕES		
	CONCENTRAÇÃO (mg/l)		REMOÇÃO (%)	CONCENTRAÇÃO (mg/l)		REMOÇÃO (%)
	AFLUENTE(**)	EFLUENTE		AFLUENTE(**)	EFLUENTE	
DQO	309 ± 21	66 ± 8	78 ± 3	317 ± 36	48 ± 12	85 ± 5
SS	114 ± 7	45 ± 7	61 ± 5	138 ± 13	35 ± 5	75 ± 3
TKN	41,9 ± 2,9	32,1 ± 3,0	23 ± 5	35,7 ± 4,6	23,7 ± 3,6	34 ± 5
P-Total	4,70 ± 0,26	2,37 ± 0,35	50 ± 6	6,38 ± 0,93	1,18 ± 0,27	82 ± 6
ORTO-P	-	1,32 ± 0,21	-	-	0,44 ± 0,21	-

aeração (1/2 do volume do reator) somente é formado no período compreendido entre 0:00 h e 06:00 horas.

Os resultados são apresentados nas figuras 5 e 6 e Quadro 2 e nos mostram uma substancial redução nas concentrações de fósforo total e ortofosfato no efluente da Estação, resultante das modificações operacionais implementadas. Os outros parâmetros de controle de processo apresentaram sensível melhoria, não sendo observada presença de espuma nos aeradores e decantadores secundários como na Estação Norte.

Comportamento Horário do Sistema

Com o objetivo de verificar o funcionamento do sistema durante o período com e sem a formação da zona anaeróbica, diagnosticando os efeitos que este procedimento acarretava nos mecanismos de remoção de fósforo, foi monitorado na ETE-Sul o perfil horário do comportamento das concentrações de fósforo nas unidades do processo. Os resultados são mostrados na figura 7.

FIGURA 5

Porcentagem dos resultados menores ou iguais ao valor indicado.

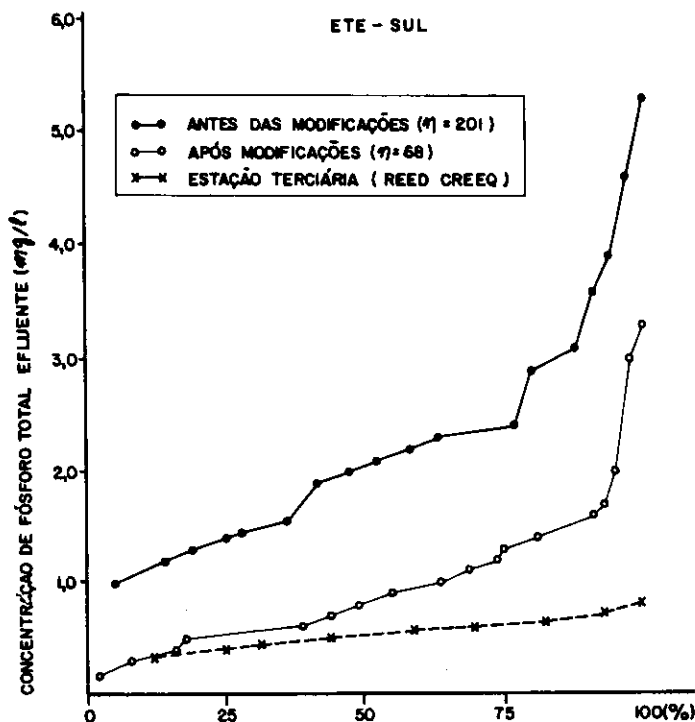


FIGURA 6

Porcentagem dos resultados menores ou iguais ao valor indicado.

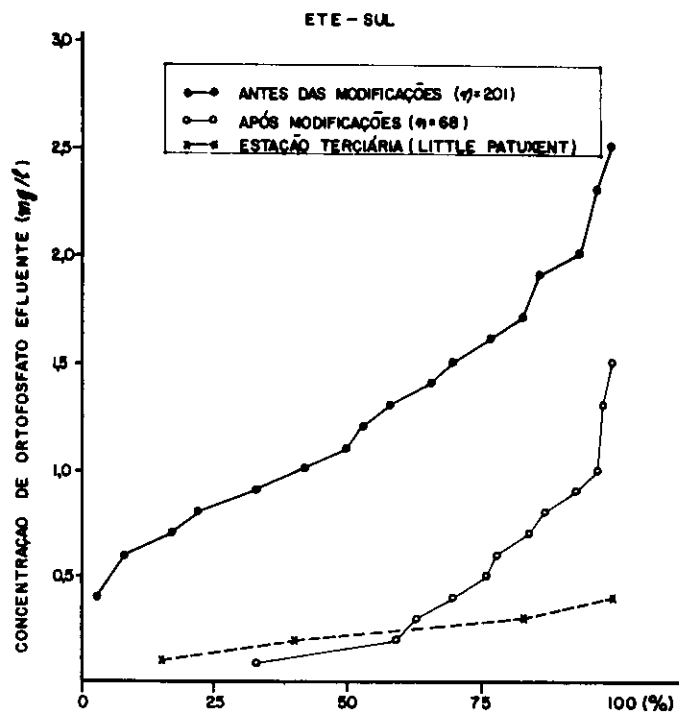


FIGURA 7
Perfil horário da ETE Sul.

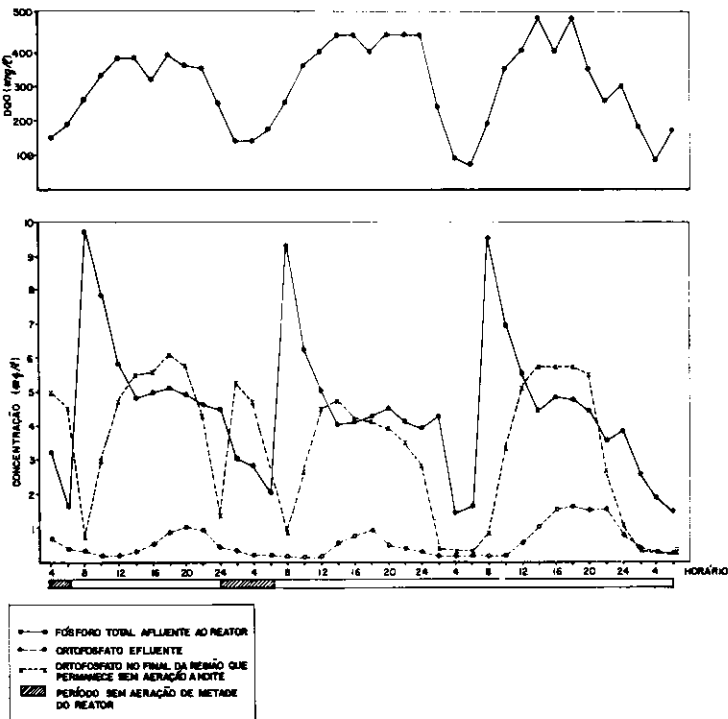
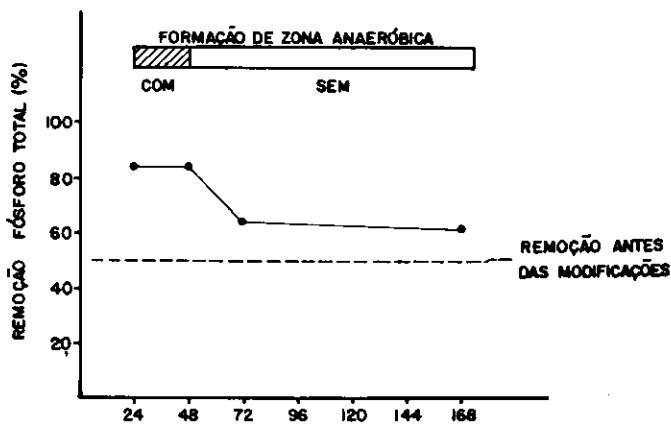


FIGURA 8

Redução na eficiência do processo.



É possível observar a liberação de ortofosfato na região anaeróbica durante o período que os aeradores permaneceram desligados. Tal situação permite uma assimilação relativamente constante do fósforo na zona aerada durante o decorrer do dia. Os picos observados no efluente da ETE são relativos às altas concentrações de fósforo do afluente do reator no período da manhã, oriundos da liberação indesejável de parte do fósforo já descartado com o lodo excedente no decantador primário. Tal fato terá que ser minimizado para melhor eficiência do processo.

A não formação da zona anaeróbica no período noturno acarretou uma menor eficiência na remoção de fósforo. Esses valores se mantiveram constantes até o quinto dia com total aeração, porém, em níveis mais elevados que os alcançados em um sistema convencional, conforme mostrado na figura 8.

DISCUSSÃO

Embora utilizando apenas as condições e as possibilidades operacionais existentes nas duas plantas, os resultados obtidos permitem observar os seguintes aspectos:

- Os microorganismos responsáveis pelo processo de remoção de fósforo são capazes de assimilá-lo em condições quase que estritamente aeróbicas, bastando para isso um estímulo para essa acumulação (Lotter, 1986 e Wentzel *et al*, 1986). Para tanto, a geração de ácidos voláteis e a conseqüente liberação de ortofosfato, efetuada através da formação de uma zona na anaeróbica com o desligamento de alguns aeradores por um certo período da noite, parece ser suficiente para estimular o processo.

- Enquanto existir PHB estocado nas células ou altas concentrações de acetato afluente e oxigenação adequada, ocorrerá assimilação de fósforo. (Wentzel, 1986). Tal consideração pode justificar o fato da remoção de fósforo total não ter reduzido aos níveis de uma estação convencional após a manutenção de todos os aeradores ligados. Possivelmente, cada uma das manobras citadas tem contribuído com uma parcela das condições necessárias à remoção de fósforo alcançada nas ETES.

- A ausência de espuma nos aeradores e decantadores secundários da ETE-Sul pode ser atribuído ao sistema de aeração Simplex que utiliza cones para recirculação vertical. (Na ETE-Norte, os aeradores são apenas superficiais). Este sistema de recirculação vertical tem sido bastante utilizado no combate a bactérias filamentosas. Tais fatos nos levam a acreditar que a presença de espuma está relacionada a bactérias filamentosas (problemas constantes na ETE-Norte), contrariando o descrito por Hart (1985) que supôs que o *Acinetobacter* poderia produzir filmes poliméricos, que segurariam as bolhas de ar, fazendo com que este material flotasse na superfície dos tanques formando a espuma.

ANEXO 1 — DADOS GERAIS DAS ETES SUL E NORTE

PARÂMETRO	ETE-SUL	ETE-NORTE
• População atual contribuinte (hab)	190.000	120.000
• Vazão média tratada (l/s)	570	290
• Gradeamento	02	02
• Desarenador		
— Velocidade média (m/s)	0,30	0,15
— Retirada da areia	mecanizado	mecanizado
— Volume médio retirado (m ³ /mês)	24	30
• Decantador Primário		
— Número de unidades	02	01
— Diâmetro (m)	28	28
— Volume (m ³)	1900	1900
— Tempo de retenção médio	1h54min	1h50min
— Taxa aplicação média (m ³ /m ² .h)	1,60	1,70
— N.º de câmaras	36	18
— Volume total (m ³)	11.376	5.688
— Tempo de retenção	5h42min	4h30min
— Tempo de retenção médio câmara anaeróbica	—	0,9h
— Idade de lodo (d)	4	3
— F/M médio (KgDBO/Kg MLSS)	0,49	0,50
— MLSS	1200	1700
— Carga de DQO aplicada/m ³ aeração (Kg/m ³)	1,1	1,7
• Decantadores Secundários		
— N.º de unidades	3	2
— Diâmetro (m)	28	28
— Volume (m ³)	2100	2100
— Carga superficial média (m ³ /m ² .h)	1,11	0,85
— Taxa de recirculação (%) média	50	57
• Digestores		
— Primário	02	02
— Secundário	01	01
— Volume	4260 (cada)	4260 (cada)
— Tempo de retenção (d)	25	68
• Leitos de Secagem		
— N.º de caixas	60	60
— Área total (m ²)	3200	3200

CONCLUSÃO

Os resultados apresentados pela ETE-Sul, embora inferiores à ETE-Norte, mostram que a formação de uma câmara anaeróbica noturna, acrescida de algumas medidas operacionais complementares, possibilitou, para as condições dos esgotos de Brasília, excelentes resultados de remoção de fósforo, bem como dos outros parâmetros de controle de processo.

Algumas manobras ainda precisam ser otimizadas de modo a evitar a realimentação com o fósforo já descartado. A ETE-Sul tem potencial para atingir resultados ainda melhores que os obtidos até então.

A ETE-Norte, por sua vez, que mantém uma pequena região anaeróbica (tempo de retenção médio de 0,9 hora) durante todo o dia, tendo seu volume duplicado durante a noite, apresentou resultados de ortofosfato efluente impressionantemente baixos, em concentrações inferiores às Estações construídas a nível terciário. Para reduzir a perda de flocos pelos decantadores secundários aumentando a remoção de fósforo total serão montados nessas unidades os coletores de espuma.

Desse modo, as alternativas aqui apresentadas vislumbram ser um eficiente meio de transformar Estações convencionais de lodos ativados, já construídas, em Estações de nível terciário para remoção de nutrientes sem qualquer custo adicional.

Além disso, fornece alguns subsídios para redução de custos na construção de Estações terciárias devido à possibilidade de alternar as condições de oxigenação nas primeiras câmaras sem que haja prejuízos à eficiência do processo.

Assim, acreditamos ter dado um grande passo à incorporação dessas unidades ao complexo de tratamento terciário que se encontra em construção, possibilitando o tratamento a nível avançado de mais 600 l/s de esgotos gerados na bacia do Paranoá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 — Arvin E. and Kristensen C.H. (1984). *Exchange of organics, phosphates and cation between sludge and water in biological phosphorus and nitrogen removal process*. Enhanced Biological phosphorus removal from wastewater — Post — Conference seminar — IAWPRC.
- 2 — Barnard J.L. (1976). *A Review of Biological phosphorus removal in the activated sludge process*. Water S.A. vol. 2, n.º 3, págs. 136-144.
- 3 — Barnard J.L. (1984). *Activated primary tanks for phosphate removal*. Water S.A. vol. 10, n.º 3, págs. 121-126.
- 4 — Best. A.G., Hatton C.J., Rechwall A.J. and Herley B. (1984). *Biological phosphorus and nitrogen removal at an experimental full scale plant in the United Kingdom*. Post Conference seminar IAWPRC. Enhanced Biological phosphorus removal from wastewater.
- 5 — Buchaw L. (1981). *The location and nature of accumulated phosphorus in Seven Sludge from activated sludge plants wich Exhibited Enhanced phosphorus Removal* — Water S.A. vol. 7, n.º 1, págs. 1-7.
- 6 — Daigger G.T., Randall C.W., Waltrid G.D. and Morales L.M. (1987). *Factors affecting biological phosphorus removal for the VIP process, a high rate University of capetown type process*. IAWPRC. Conference of Biological Phosphate Removal — Rome.
- 7 — Fukuse T. Shibata M. and Mycaji Y. (1984). *Factors affecting biological removal of phosphorus*. Post-Conference seminar IAWPRC.
- 8 — Gerbart A., Mostert E.S., Winter C.T. and Villers R.H. (1986). *The effect of acetate and short. Chain carbon compounds on the Kinetics biological nutrient removal* — Water S.A. vol. 12, n.º 1, págs. 7-12.
- 9 — Gerbert A., Villiers R.H., Mostert E.S. and Riet C.J.J. (1987). *The phenomenon of simultaneous phosphate uptake and release, and its importance in biological nutrient removal*. IAWPRC. Conference of Biological Phosphate Removal — Rome.
- 10 — Groenestijn J.W. and Deineima M.H. (1987). *The utilization of polyphosphate as an energy reserve in Acinetobacter Sp. and activated Sludge*. Advances in Water Pollution Control — Biological Phosphate Removal from Wastewater — IAWPRC. Conference — Rome.
- 11 — Hart M. A. (1985). *Scum formation in a nutrient removal at activated sludge plant*. Water S.A., vol. 11, n.º 4, págs. 171-178.
- 12 — Lotter L.H., Wentzel M.C., Loewenthal R.E., Ekama G.A., Marais G. R. (1986). *A Study of selected characteristics of Acinetobacter spp. isolated from activated sludge in anaerobic/anoxic/aerobic and aerobic systems*. Water S.A., vol. 12, n.º 6, págs. 209-224.
- 13 — Lotter, L.H. and Murphu In. (1987). *Microscopic evaluation of carbon and phosphorus accumulation in nutrient removal activated sludge plants*. — Design and operation of large Wastewater Treatment plant — IAWPRC Workshop — Budapest.
- 14 — Lotter L.H. (1987). *Preliminary observations on polyhydroxybutyrate metabolism in the activated sludge process*. Water S.A., vol. 13, n.º 3, págs. 189-191.
- 15 — Milbury W.F. McCauley, D. and Hawthorne C.H. (1971). *Operation of conventional activated sludge for maximum phosphorus removal*. JWPCF, vol. 43, n.º 9, págs. 1.890-1.901.
- 16 — Mino T., Arun V., Tsuzuwi Y. and Matsuo T. (1987). *Effect of phosphorus accumulation on acetate metabolism in the biological phosphorus removal process*. IAWPRC Conference of Biological Phosphate Removal — Rome.
- 17 — Mulbarger M.C., Murpley M.C. and Huffman D.D., (1971). *Phosphorus Removal by luxury uptake*. JWPCF, vol. 43, n.º 8, págs. 1.617-1.628.
- 18 — Mulder J.W., and Rensink J.H. (1987). *Introduction of biological phosphorus removal to an activated sludge plant with practical limitation*. IAWPRC Conference of Biological Phosphate Removal — Rome.
- 19 — Nicholls H.A. (1979). *Bacterial stress: prerequisite for biological phosphorus removal*. JWPCF, vol. 51, n.º 3, págs. 557-569.
- 20 — Nicholls H.A., Pitman A.R. and Osborn D.W. (1984). *The readily biodegradable fraction of sewage: It's influence on phosphorus removal and measurement*. Post conference Seminar — IAWPRC Enhanced Biological Phosphorus Removal from wastewater — Paris.
- 21 — Nicholls H.A., Osborn D.W. and Pitman A.R. (1986). *Biological removal at Johannesburg Northern and Goudkoppies wastewater treatment plant* — Water S.A., vol. 16, n.º 1, págs. 13-18.
- 22 — Oldham W.K. (1984). *Full-scale optimization of biological phosphorus removal at Kelowa* — Post Conference seminar — IAWPRC. Enhanced Biological Phosphorus Removal from wastewater.
- 23 — Pitman A.R., B.C. Trim and L. Van Dalsen. (1987). *Operating Experience with biological nutrient removal at the Johannesburg Bushkoppie Works* — Design and Operation of Large wastewater treatment plant — IAWPRC Workshop-Budapest.
- 24 — Randall C.W., Benefield L.D. and Lan J.C. (1986). *The utilization of biological phosphorus removal process to reduce the aeration requirements of activated sludge systems-Post*. Conference Seminar — IAWPRC Enhanced Biological Phosphorus Removal from wastewater — Paris.
- 25 — Randall C.W., Brannan K.P. and Benefield L.D. (1987). *Factors affecting anaerobic stabilization during biological phosphorus removal*. IAWPRC Conference of Biological Phosphate Removal — Rome.
- 26 — Rensink J. H., Donher H.J.G.W. and Semans T.S.J. (1984). *Phosphorus removal at low sludge loading* — Post — Conference seminar — IAWPRC. Enhanced Biological Phosphorus Removal from wastewater.
- 27 — Shapiro J. and Levin G.V. (1976). *Anoxically induced release of phosphate in wastewater treatment*. JWPCF, vol. 39, n.º 11, págs. 1.810-1.818.
- 28 — Stall T.R. and Sheward J.H. (1976). *Effect of wastewater composition and cell residence time on phosphorus removal in activated sludge*. JWPCF, vol. 48, n.º 2, págs. 307-322.
- 29 — Tetreault M.J., Benedict A.H., Halinpter C. and Barth E.F. (1986). *Biological Phosphorus Removal: A tecnology evaluation*. JWPCF, vol. 58, n.º 8, págs. 823-837.
- 30 — Vacker, D., Connell C.H. and Wells W.N. (1976). *Phosphate Removal through municipal wastewater treatment at San Antonio, Texas*. JWPCF, vol. 39, n.º 5, págs. 750-770.
- 31 — Walsh T.K., Well G.W., Behrman B.W. and Jous E.R. (1983). *A review of biological phosphorus removal technology*. Metcalf and Eddy.
- 32 — Wentzel M.C., Lotter L.H., Loewenthal R.E. and G.V.R. Marais (1986). *Metabolic behaviour of acinetobacter spp. in enhanced biological phosphorus removal — a biochemical model*. Water S. A., vol. 12, n.º 4, págs. 203-208.
- 33 — *Theory, Design and operation of nutrient Removal actinated sludge process* — Water Research Comission of South Africa — diversos autores.