

AVALIAÇÃO DO SISTEMA REATOR RALF E FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO, NO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

Miguel Mansur Aisse⁽¹⁾, Décio Jürgensen e Pedro Alem Sobrinho

⁽¹⁾Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR – Rua Imaculada Conceição, 1155 – Prado Velho – Curitiba – PR – CEP: 80215-901 – Brasil – Tel.: (0xx41) 330-1789 – Fax: +55 (0xx41) 332-1206 – e-mail: aissemig@rla01.pucpr.br

RESUMO

Os reatores anaeróbios tipo UASB tornaram-se consagrados no Paraná e no Brasil, ao serem utilizados de maneira extensiva no tratamento de esgotos para populações de 200 a 600.000 habitantes. Receberam junto a SANEPAR o nome de RALF, com a introdução de modificações construtivas. O pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios está sendo estudado, em instalações piloto e mesmo em escala real, através de um Convênio entre SANEPAR e a PUCPR. Busca-se atender a legislação brasileira para o lançamento dos efluentes nos corpos d'água receptores, cujos padrões não são atendidos totalmente pelos reatores tipo UASB.

Este trabalho apresenta resultados do monitoramento da ETE Cambuí (Campo Largo - PR), instalação que emprega o sistema RALF+FAD, construída pela SANEPAR, para uma vazão de 360 m³/h. O efluente apresentou valores de 79 ± 13 mg/L, 17 ± 10 mg/L e 41 ± 4 mg/L, respectivamente para a DQO, DBO e SST. Estes valores representam eficiências de remoção do sistema de 87%, 91% e 83% para os citados parâmetros. A turbidez apresentou valor de $4,1 \pm 2,8$ UNT e o PO₄ valor de $1,4 \pm 0,6$ mg/L, representando uma eficiência de remoção de 68%.

Também estão apresentados os resultados do monitoramento de uma instalação piloto, operando com efluente anaeróbio, construída junto a ETE Ronda (Ponta Grossa - PR). O efluente do flotador apresentou valores de 37 ± 17 mg/L, 9 ± 4 mg/L e 4,4 mg/L, respectivamente à DQO, DBO e turbidez. O fosfato apresentou concentrações no efluente da ordem de $0,07 \pm 0,06$ mg/L.

PALAVRAS CHAVE

Coagulação; Esgoto Sanitário; FAD; Pós-Tratamento; Reator RALF.

INTRODUÇÃO

Flotação por Ar Dissolvido

A flotação é uma operação unitária utilizada para separar partículas líquidas ou sólidas da fase líquida. A separação é obtida introduzindo-se bolhas finas de ar na fase líquida, provocando a ascensão de partículas para a superfície, mesmo as com maior densidade que o líquido. Uma vez na superfície podem ser coletadas e removidas por escumadeiras. No sistema de flotação por ar dissolvido - FAD, o ar é dissolvido no esgoto sob pressão de algumas atmosferas, seguido pela liberação a pressão atmosférica. Em unidades de certo porte, uma porção do efluente do flotador

(15 a 120%) é recirculada, pressurizada e semi - saturada com ar. Esta porção é então misturada com o afluente, antes de sua admissão ao tanque de flotação e o ar libera-se da solução ,quando em contato com o material particulado, na entrada do tanque (Metcalf e Eddy, 1991).

No tratamento de água a finalidade da coagulação e floculação é transformar impurezas que se encontram em suspensão fina, em estado coloidal ou em solução, bactérias, protozoários e/ou plâncton, em partículas maiores (flocos) para que possam ser removidas por sedimentação e/ou filtração ou, em alguns casos, por flotação (Campos e Povinelli, 1987). Este mesmo conceito pode também ser aplicado no tratamento de esgotos sanitários.

A Flotação como Pós-Tratamento de Efluentes Anaeróbios

Jürgensen e Richter (1994) estudaram a coagulação e flotação como pós-tratamento de efluentes de reatores tipo RALF. Segundo os autores, procurou-se aproveitar as características favoráveis à coagulação química que apresenta o efluente dos reatores de digestão anaeróbia. Essas características incluem concentração de sólidos totais suficientemente baixa, pH entre 6,5 e 7,5 e alcalinidade suficiente para as reações com coagulantes metálicos (sulfato de alumínio, cloreto férrico, etc). Nos meses de agosto, setembro e outubro de 1992, foram realizados testes laboratoriais, na ETE Ronda, na Cidade de Ponta Grossa – PR (SANEPAR), com aplicação do processo de coagulação-floculação e flotação, no efluente do reator anaeróbio. Obteve-se os seguintes resultados: turbidez do efluente inferior a 1 UNT; demanda química de oxigênio inferior a 14mg/L, atingindo em algumas amostras 2 mg/L, resultando eficiências superiores a 90% em termos de remoção de DQO e SST (Jürgensen e Richter, 1994).

A Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP, desenvolveu vários estudos referentes a flotação de efluentes anaeróbios, em escala de laboratório, utilizando equipamento (flotateste), desenvolvido por Reali e Santos (Reali et al., 1998). Penetra et al. (1998) citam os resultados e conclusões de investigação realizada visando estudar o efeito da dosagem de cloreto férrico e da variação de pH na eficiência de um equipamento de flotação, em escala de laboratório, alimentado com efluente de reator UASB (18 m³), tratando esgoto doméstico. O tempo de detenção hidráulica no reator UASB era de 8 horas. Os ensaios foram conduzidos com variação da dosagem do cloreto férrico de 30 a 110 mg/L, e da variação do pH de 5,1 a 7,6 com a aplicação de cal. O tempo de floculação (60 minutos), o gradiente de velocidade (60s⁻¹), a pressão de saturação (450 kPa) e a fração de recirculação (20%) foram mantidos constantes ao longo dos ensaios. A velocidade de flotação foi feita variar entre 5 a 25 cm/min. Os melhores resultados na remoção da DQO (91%) foram obtidos com dosagem de 65 mg/L de cloreto férrico e pH de 5,3. Nesta dosagem a remoção de fósforo total, SST, turbidez e cor foram de 95%, 95%, 97% e 92% respectivamente. A dosagem citada foi também a menor que permitiu uma aparente estabilidade do sistema de flotação para diferentes velocidades de flotação. Maiores dosagens podem aparentemente não significar aumento na remoção da turbidez a ponto de justificar custos adicionais associados a aquisição de produtos químicos e a disposição do excesso de lodo.

Reali et al. (1998) apresentaram o resultado de investigação realizada com vistas a avaliação do gradiente médio de velocidade (Gf) e do tempo de floculação (THDf) na eficiência de um equipamento de flotação, em escala de laboratório, alimentado com efluente de reator UASB (18m³), tratando esgoto doméstico. O tempo de detenção hidráulica no reator UASB era de 8 horas. Após a realização de ensaios preliminares, foram mantidos constantes a dosagem de cloreto férrico (65 mg/L), as condições de mistura rápida (TDH de 30s e G_m de 1100s⁻¹), fração de recirculação de 20% na etapa de flotação e pressão de saturação de 450 kPa. O tempo de floculação de 15 min, associado a valores de Gf entre 50 e 80s⁻¹, e o tempo floculação de 25 min,

associado a valores de G_f em torno de $50s^{-1}$, forneceram valores bastantes satisfatórios e próximos entre si na remoção de turbidez (entre 97 e 98%, para velocidade de flotação entre 5 e 15cm/min). A DQO foi positivamente influenciada pelo aumento do tempo de floculação de 15 para 25 minutos, mas foi reduzida a influência dos diferentes valores de G_f estudados (entre 30 e $100s^{-1}$) na remoção de DQO. Assim obteve-se eficiências entre 89,1% e 91,5%, com residuais entre 28 e 22mg/L, para THDf de 25min e V_f de 10cm/min. Para TDHf de 15 min, associado a G_f de $80s^{-1}$, e para TDHf de 25min, associado a G_f de $50s^{-1}$, não foi detectada a presença de sulfetos no efluente final. Para essas mesmas condições, verificou-se remoção marginal de NTK, ao redor de 31%. As maiores remoções de fosfato total (em torno de 96%) foram observados nos ensaios com G_f entre 80 e $100s^{-1}$, em ambos os tempos de floculação testados. Aparentemente, esses valores de G_f influenciam positivamente a cinética da remoção de fosfato.

Penetra et al. (1999) apresentaram o resultado de investigação realizada mediante variação da fração de recirculação do efluente pressurizado a 450 k Pa, com empregado de equipamento de flotação em escala de laboratório, alimentado com o efluente de reator tipo UASB ($18m^3$), tratando esgoto doméstico. O tempo de detenção hidráulico no reator UASB era de 8 horas. Durante os ensaios de floculação/flotação foram mantidos fixos a dosagem de cloreto ferrico (65mg/L), mistura rápida com tempo de 30s e G_n de $1100s^{-1}$ e floculação com tempo de 15 min e G_f de $80s^{-1}$. A fração de recirculação foi variada de 5 a 30%, em volume, e a velocidade de flotação entre 5 e 25cm/min. Como conclusão a fração de recirculação de 20% (16 a 19 g ar/ m^3), proporcionou grande estabilidade ao processo e forneceu excelentes resultados quanto a remoção de DQO (85%), de fosfato total (95,4%) e de SST (95,1%). Considerando-se a eficiência global do sistema UASB e flotação obteve-se até 97% de remoção de DQO (concentração do efluente na faixa de 20 a 30mg/L), até 98% de fosfato total (concentração na faixa de 0,5 a 0,6 mg/L) e até 99% de SST (concentração em torno de 2 mg/L). Quanto aos parâmetros NTK e sulfetos, foram determinados apenas para a amostra obtida no ensaio que forneceu a maior remoção de DQO (recirculação de 20%), sendo observados eficiências de 24,3% (residual de 25,8 mg/L) e 51,9% (residual de 0,52 mg/L) respectivamente.

Pinto Filho; Brandão(2000) também estudaram em Brasília - DF, o uso da flotação por ar dissolvido como pós-tratamento de efluentes anaeróbios de reatores tipo RAFA. Foi utilizada uma unidade em escala de laboratório e o coagulante utilizado, o sulfato de alumínio, com melhores resultados na faixa de dosagem de 160 a 240 mg/L. Nos experimentos mantiveram-se constantes tempo de mistura rápida de 1 minuto, G_m ao redor de $1000 s^{-1}$, G_f de $100s^{-1}$ e pressão de saturação de 500 kPa. Os parâmetros operacionais que conduziram aos melhores resultados foram taxa de aplicação na flotação de 8,1 $m^3/m^2.dia$ e taxa de recirculação de 10% a 20%. A FAD, em condições operacionais adequadas, alcançou remoções de 79% para turbidez, 73% para DQO, 74% para SST e 99% para PO_4 (filtrado).

A avaliação do desempenho do sistema reator RALF (UASB) e coagulação – flotação, construído em escala real, para o tratamento de esgoto sanitário, constitui-se no objetivo deste trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

A realização da pesquisa relativa a floculação - flotação por ar dissolvido aplicada ao pós tratamento de reatores anaeróbios, em escala real, está sendo cumprida junto a ETE Cambuí (Campo Largo - PR), da SANEPAR, cuja vazão de projeto é de 360 m^3/h . O projeto foi executado em 1996 e o início da operação ocorreu em abril de 1998.

No processo de coagulação química, o coagulante metálico (cloreto ferrico) hidrolisável é aplicado ao efluente do reator UASB (aqui denominado RALF), em uma câmara de mistura rápida ($G_m > 700 \text{ s}^{-1}$ e TDH $< 5 \text{ s}$). Em seguida o esgoto é enviado ao floculador e posteriormente ao flotador. No tanque de flotação o efluente floculado é misturado à água clarificada e supersaturado de ar (pressão 4 a 6 bar). Ao ser exposta à pressão atmosférica, a água libera o ar em forma de microbolhas e ao ascender promove a flotação os flocos já formados (ver Figura 1). O efluente deverá ser de excelente qualidade, inclusive pela desinfecção final com dióxido de cloro.

A seguir são descritos os parâmetros do dimensionamento hidráulico - sanitário dos principais reatores integrantes da ETE:

Reator RALF: Volume Total de 4000 m^3 , Altura Total de 6 m, TDH de 11,1 horas, Vazão de $360 \text{ m}^3/\text{h}$ (100 L/s) e Número de unidades de 02 em paralelo.

Misturador Rápido: Volume Total de $1,2 \text{ m}^3$, Cloreto Férrico (30 a 90 mg/L) como produto químico, $G_m > 700 \text{ s}^{-1}$ (mecanizado) e TDH de 12 s.

Floculador: Volume Total de 60 m^3 , Gradiente (G_f) com os valores de 90, 60 e 30 s^{-1} (mecanizado) e Número de unidades de 03 em série, TDH de 10 minutos.

Flotador (FAD): Área Total de 46 m^2 , Taxa de escoamento superficial de $7,8 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$, Velocidade ascensional de $7,8 \text{ m/h}$ (13 cm/min), Taxa de recirculação de 10% (Q_{rec}/Q), Raspador de lodo superficial mecanizado, Tanque de água para saturação com Pressão de 5 bar (Recheio de anéis de PVC) e Número de unidades de 02 em paralelo.

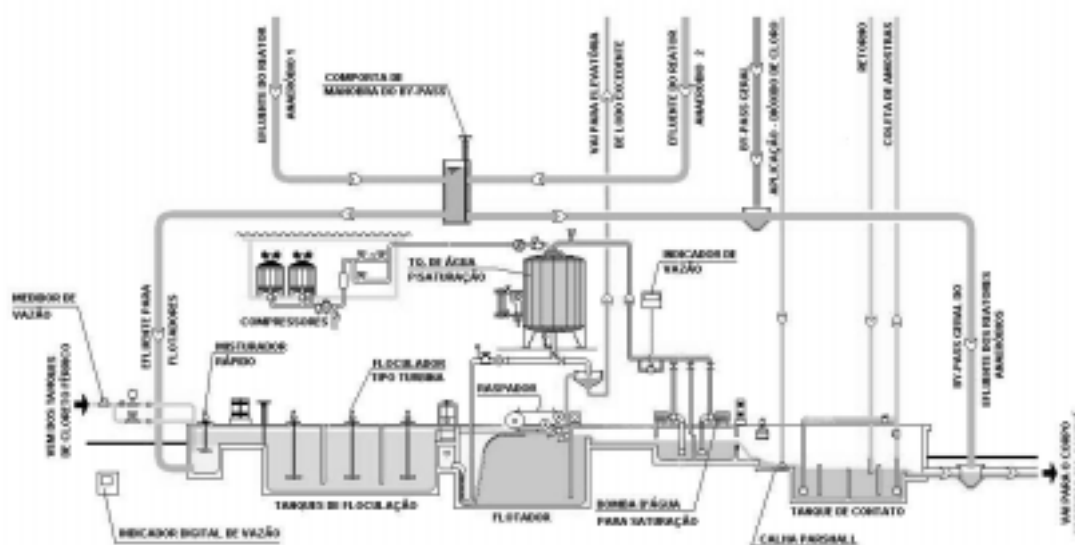


Figura 1 - ETE Cambuí - Fluxograma do Processo de Floculação e Flotação

Fonte: Jürgensen, 1999

As amostras do efluente anaeróbico, reunido dos RALF's 1 e 2, e o efluente dos flotadores foram coletados pontualmente. A amostra do flotador foi coletada observado o TDH decorrido desde o reator RALF, calculado em função da vazão fornecida pelo medidor Nivosonar SM-200, série Controllers, cujo sensor está instalado sobre a calha Parshall da ETE. As operações rotineiras da estação são realizadas pelos funcionários da SANEPAR e a remoção do excesso de lodo dos reatores anaeróbios realizada, quando o volume de sólidos sedimentáveis no seu afluente for superior a $0,3 \text{ mL/L}$.

Na escolha da dosagem ótima do coagulante realizaram-se na ETE os testes de jarros, empregando-se rotação de 120 rpm e 40 rpm, respectivamente para as etapas de mistura rápida e floculação. Os tempos foram calculados em função da vazão de esgotos medidos na ETE e o respectivo volume dos reatores. Procedeu-se a escolha da dosagem ótima de cloreto férrico pela medição da turbidez do sobrenadante dos frascos, após a flotação provocada pelo ar dissolvido, aplicado nos frascos (ver Figura 2).

As determinações e ensaios estão sendo conduzidos no Laboratório de Análises Ambientais do ISAM/PUCPR e observam as rotinas expressas no Standard Methods, 1998.

Os estudos com o sistema RALF e flotação por ar dissolvido, para o tratamento de esgoto sanitário, tomaram maior importância no Paraná, com a construção e operação de instalação piloto junto a ETE Ronda, da SANEPAR, localizada em Ponta Grossa - PR. O fluxograma da instalação está apresentado na Figura 3, sendo que a vazão de dimensionamento foi de 10 m³/h, para o afluente proveniente de reator RALF, construído em escala real. Neste trabalho esta apresentado o monitoramento da instalação, conduzido durante o ano de 1995, e realizado no âmbito da SANEPAR.

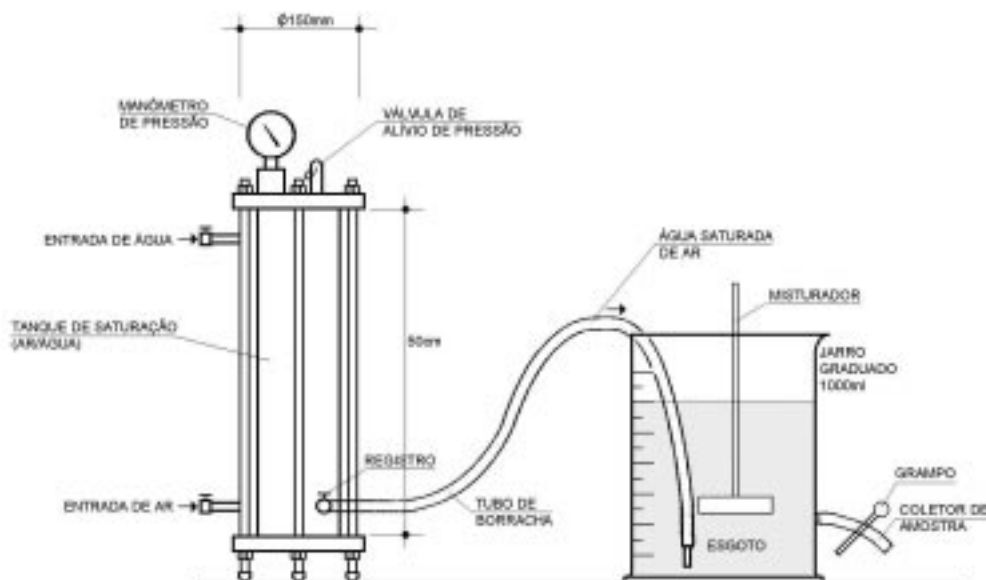


Figura 2 - Equipamento para o teste de jarros seguido de flotação por ar dissolvido, utilizado na ETE Cambuí (SANEPAR)

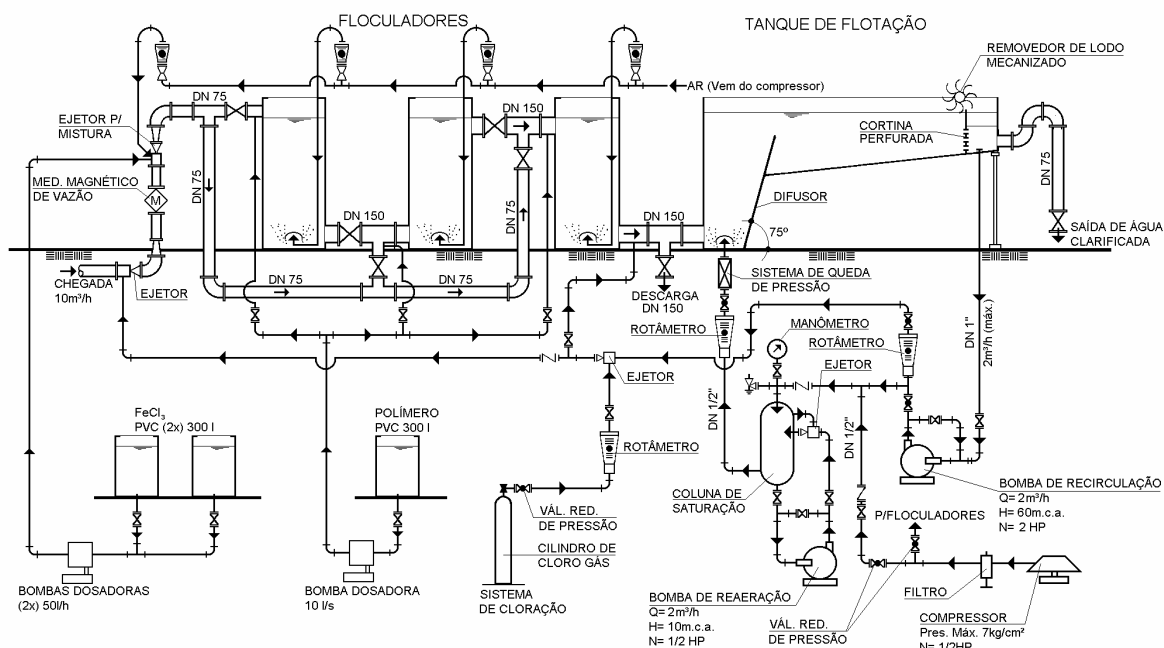


Figura 3 - ETE Piloto da Cidade de Ponta Grossa - PR - Fluxograma do Sistema de Floculação e Flotação
Fonte: Jürgensen e Richter (1994)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ETE Cambuí (SANEPAR)

Procedeu-se o monitoramento da ETE Cambuí, no mês de março de 2001, estando os resultados expressos na Tabela 1. O efluente do flotador apresentou valores de 79 ± 13 mg/L, 17 ± 10 mg/L e 41 ± 4 mg/L respectivamente para a DBO, DQO e SST. Estes valores representaram eficiências de remoção total de 87%, 91% e 83% para os citados parâmetros. A turbidez igualmente apresentou elevada eficiência de remoção e o efluente do flotador $4,1 \pm 2,8$ UNT.

Como era de se esperar a eficiência de remoção de PO_4 foi significativa, 68%, produzindo em efluente com $1,4 \pm 0,6$ mg/L, ressaltando que para poucos dados. A remoção do Nitrogênio (NTK) foi errática e desprezível. O OD apresentou um valor próximo ao 1,0 mg/L, mas em outras ETE's da SANEPAR com tratamento físico-químico, pode atingir mais de 2,0 mg/L, quando no percurso do esgoto tratado houver algum tipo de aeração em vertedores ou canais.

Na análise dos resultados deve-se considerar que a ETE está operando com uma vazão diurna de cerca de 30 L/s, o que conduz a um efluente do RALF com boa qualidade e estável. Esta última condição auxilia a operação da dosagem do cloreto férrico, aplicado em concentração de 65 mg/L, durante o período de monitoramento. A remoção de coliformes assinalada foi a obtida antes da desinfecção com dióxido de cloro.

Para a análise do pH, deve ser destacado que ao afluente da ETE (emissário) é adicionada solução de hidróxido de cálcio, para proporcionar no efluente do RALF um valor próximo ao 7,0. A

Tabela 1 apresenta com maiores detalhes os demais parâmetros analisados ao longo do sistema de tratamento.

Tabela 1- Monitoramento da ETE Cambuí (Campo Largo - PR)

Análises	Parâmetros	Unidades	Afluente Bruto ($\bar{x} \pm \sigma$)	Valores		N	Efluente RALF's ($\bar{x} \pm \sigma$)	Valores		N	Efluente Flotador ($\bar{x} \pm \sigma$)	Valores		N
				Máximo	Mínimo			Máximo	Mínimo			Máximo	Mínimo	
Físico Químicas	ST	mg/L	574 \pm 154	832	372	13	288 \pm 8	244	225	5	317 \pm 25	348	275	9
	STF	mg/L	258 \pm 49	351	212	11	193 \pm 22	224	167	11	214 \pm 17	234	182	8
	STV	mg/L	319 \pm 83	444	193	14	89 \pm 22	129	57	9	109 \pm 17	135	85	11
	SST	mg/L	244 \pm 76	430	160	11	47 \pm 12	65	33	9	41 \pm 4	46	35	9
	SSF	mg/L	59 \pm 29	117	20	13	14 \pm 4	20	9	10	23 \pm 4	30	17	10
	SSV	mg/L	213 \pm 84	367	140	13	36 \pm 9	48	24	10	18 \pm 3	23	14	10
	SDT	mg/L	282 \pm 60	402	196	13	230 \pm 13	246	213	7	267 \pm 27	305	222	10
	SDF	mg/L	179 \pm 31	228	137	10	179 \pm 18	208	157	11	188 \pm 13	208	168	11
	SDV	mg/L	93 \pm 55	185	23	12	55 \pm 19	94	31	10	93 \pm 12	113	77	11
	SSed	ml/L	5 \pm 3	12	2	11	0 \pm 0	1	0	10	1 \pm 0	2	1	10
	AGV	mg/L	141 \pm 39	180	69	9	36 \pm 6	43	27	8	33 \pm 8	45	20	8
	Alcalinidade Total	mg/L	230 \pm 39	315	187	16	187 \pm 41	240	141	17	117 \pm 54	240	5	15
	DBO ₅	mg/L	194 \pm 25	211	176	2	37 \pm 28	61	11	4	17 \pm 10	28	4	6
	DBD ₅	mg/L	----- \pm -----	-----	-----	--	8 \pm 1	8	7	2	14 \pm 8	24	4	6
	DQO ₅	mg/L	599 \pm 135	802	386	11	118 \pm 27	158	83	13	79 \pm 13	97	59	13
	DQO ₂	mg/L	----- \pm -----	-----	-----	--	51 \pm 0	51	51	2	77 \pm 31	119	47	6
	Fe	mg/L	----- \pm -----	-----	-----	--	----- \pm -----	-----	-----	--	----- \pm -----	-----	-----	--
	K	mg/L	----- \pm -----	-----	-----	--	----- \pm -----	-----	-----	--	----- \pm -----	-----	-----	--
	N-total	mg/L	48,2 \pm 0,8	48,8	47,7	2	57,1 \pm 57,4	169,0	12,8	6	41,8 \pm 21,7	63,0	14,1	6
	N-orgânico	mg/L	23,0 \pm 0,2	23,1	22,8	2	46,1 \pm 59,1	162,2	8,4	6	31,7 \pm 19,5	52,1	8,1	6
	N-NH ₃	mg/L	25,3 \pm 0,6	25,7	24,9	2	10,9 \pm 9,6	24,0	1,5	6	10,2 \pm 9,9	23,2	1,6	6
	N-NO ₃	mg/L	1,0 \pm 0,0	1,0	1,0	1	----- \pm -----	-----	-----	--	1,7 \pm 1,6	4,1	0,1	6
	N-NO ₂	mg/L	1,5 \pm 0,0	1,5	1,5	1	----- \pm -----	-----	-----	--	0,5 \pm 0,3	0,7	0,1	6
	OD	mg/L	----- \pm -----	-----	-----	--	----- \pm -----	-----	-----	--	0,4 \pm 0,5	1,6	0,1	3
	pH	-----	6,8 \pm 0,3	7,3	6,3	16	6,8 \pm 0,3	7,2	6,0	17	6,1 \pm 0,5	6,8	4,3	17
	PO ₄	mg/L	4,4 \pm 4,5	7,6	1,2	2	4,1 \pm 2,2	6,2	0,5	6	1,4 \pm 0,6	2,4	0,7	6
	SO ₄	mg/L	----- \pm -----	-----	-----	--	1,0 \pm 0,2	1,1	0,8	2	0,2 \pm 0,0	0,2	0,2	2
	Turbidez	UNT	60,3 \pm 11,5	77,0	45,0	7	13,4 \pm 1,8	16,0	10,5	21	4,1 \pm 2,8	11,0	0,7	27
	Temperatura	°C	----- \pm -----	-----	-----	--	22,6 \pm 3,4	25,0	16,0	12	22,7 \pm 2,5	25,0	18,0	13
Metais Pesados	Al	mg/L	----- \pm -----	-----	-----	--	----- \pm -----	-----	-----	--	----- \pm -----	-----	-----	--
	Cd	mg/L	----- \pm -----	-----	-----	--	----- \pm -----	-----	-----	--	----- \pm -----	-----	-----	--
	Ni	mg/L	----- \pm -----	-----	-----	--	----- \pm -----	-----	-----	--	----- \pm -----	-----	-----	--
	Pb	mg/L	----- \pm -----	-----	-----	--	----- \pm -----	-----	-----	--	----- \pm -----	-----	-----	--
Biológicas	CT	NMP/100mL	1,2E+07 \pm 1,2E+07	2,8E+07	3,3E+06	3	1,3E+07 \pm 1,0E+07	2,5E+07	1,7E+06	4	2,4E+06 \pm 3,2E+06	9,0E+06	5,0E+05	6
	CF	NMP/100mL	3,7E+06 \pm 8,8E+06	1,7E+07	1,7E+06	3	3,9E+06 \pm 2,3E+06	5,9E+06	9,1E+05	4	8,0E+05 \pm 5,6E+05	1,4E+06	2,0E+05	6

Obs: Período: 07/03 à 20/03/01 e 10/07 a 19/07/01

Tratamento estatístico: foram excluídos os valores que excederam ao intervalo $\bar{x} + \sigma$, para os sólidos, DQO e turbidez.

Caracterização do Esgoto Bruto (Afluente), períodos de 27/03 à 18/05/00 e 13/12/00 à 23/01/01.

Quanto aos aspectos operacionais, a ETE exige funcionários com melhor qualificação do que normalmente exigido em instalações com o reator RALF, ou sua associação ao filtro biológico, por exemplo. As habilidades deverão ser múltiplas, às tarefas rotineiras (limpeza da grade, descarte de lodo do RALF, etc.), à operação dos vários equipamentos eletromecânicos e a condução adequada do tratamento físico-químico (teste de jarros, dosagem e manuseio de produtos químicos).

Instalação Piloto junto a ETE Ronda

Durante o período de 15/05 a 17/08/95 foi realizado um monitoramento mais intenso da instalação piloto, operando com esgoto anaeróbio. O efluente do flotador apresentou valores de 37 \pm 17 mg/L, 9 \pm 4 mg/L e 4,4 mg/L respectivamente para a DQO, DBO e turbidez. Os valores das eficiências obtidas, bem como a evolução destes e de outros parâmetros monitorados podem ser encontrados na Tabela 2 e Figura 4.

Tabela 2 - Monitoramento da Instalação Piloto, junto a ETE Ronda (Ponta Grossa – PR)

DATA	temperatura		Q	Esgoto Bruto						EFLUENTE(mg/l)								EFICIENCIA(%)						
	ar (T1)			cor	alcalinidade	PH	Turbidez	DQO	DBO	cor	alcalinidade	PH	Turbidez	DQO	DBO	DQO	DBO	DQO	DBO	DQO	DBO			
	ar	água																				RALF	FLOTADOR	REATOR
	°C	°C																						
15/05/95	23,0	21,5	10	317,1	151,0	6,30	8,4	405	200	65,7	79,1	6,30	3,83	63	30	27	7	93	97	84	85			
16/05/95	22,4	21,3	10	195,0	155,3	6,95	15,5	567	280	85,0	103,5	6,55	8,63	70	32	26	8	95	97	88	89			
17/05/95	23,1	21,8	10	305,7	140,3	6,90	14,9	370	179	55,7	74,4	6,29	4,23	55	13	26	7	93	96	85	93			
18/05/95	18,0	20,8	10	305,7	143,6	6,89	10,5	293	197	72,9	82,4	6,37	6,54	63	28	28	7	90	96	78	86			
13/06/95	21,7	20,0	10	302,9	183,3	----	12,4	422	200	50,0	98,1	----	4,97	149	49	38	6	91	97	65	76			
14/06/95	22,1	21,3	10	400,0	181,7	----	14,9	440	304	51,4	116,4	----	6,16	77	43	29	14	93	95	83	86			
19/06/95	13,8	19,1	10	280,0	146,3	----	8,6	366	176	23,3	60,3	----	2,18	63	43	16	9	96	95	83	76			
22/06/95	16,5	19,2	10	600,0	137,0	----	25,3	275	133	28,3	63,2	----	1,97	152	53	68	11	75	92	45	60			
26/06/95	15,7	18,4	10	392,9	116,6	----	30,6	294	156	31,7	47,0	----	2,49	69	48	42	9	86	94	77	69			
28/06/95	21,4	20,2	10	400,0	116,4	----	25,4	678	374	28,0	73,6	----	2,68	143	83	48	11	93	97	79	78			
10/07/95	17,5	18,7	10	333,3	87,8	----	----	862	398	38,3	45,2	----	----	137	64	19	2	98	99	84	84			
11/07/95	20,2	19,5	10	428,6	90,4	----	----	244	118	48,6	53,4	----	----	69	27	19	6	92	95	72	77			
12/07/95	20,4	19,7	10	285,7	90,3	----	----	345	168	23,9	49,9	----	----	89	35	28	6	92	96	74	79			
13/07/95	22,1	20,1	10	285,7	92,6	----	----	381	189	12,1	40,0	----	----	90	40	31	6	92	97	76	79			
17/07/95	22,9	20,1	10	282,9	94,0	----	----	373	241	25,0	52,3	----	----	89	42	66	19	82	92	76	83			
16/08/95	21,2	20,1	10	400,0	201,0	----	----	380	209	20,0	141,0	----	----	152	98	61	10	84	95	60	53			
17/08/95	15,9	18,4	10	394,3	127,1	----	----	521	268	9,6	74,0	----	----	174	103	54	12	90	96	67	62			
Média	19,9	20,0	10	347,6	132,6	6,76	16,6	424	223	39,4	73,8	6,38	4,37	100	49	37	9	91	96	76	78			
DesvPadrão								157	79					41	25	17	4	6	2	11	11			

Obs: (1) média de valores pontuais das 09:00 até 17:00 hs

Ao se comparar os dados da instalação piloto com a ETE em escala real, observaram-se vários resultados convergentes. Porém a remoção de fosfato foi bem mais elevada no piloto, calculada em 97,5%. Para um afluente de $2,85 \pm 1,39$ mg/L, obteve-se um efluente de $0,07 \pm 0,06$ mg/L.

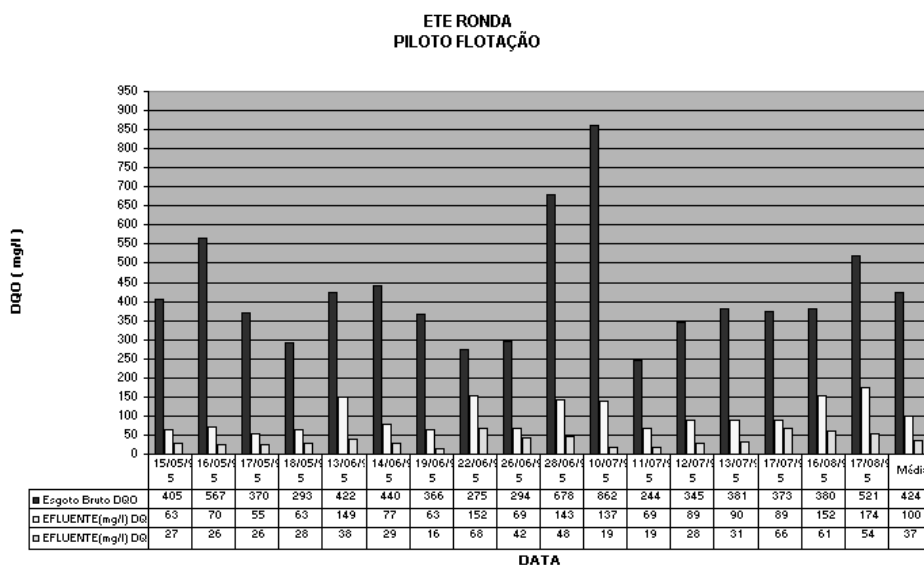


Figura 4 - Instalação piloto junto a ETE Ronda (Ponta Grossa – PR) – Gráfico dos valores de DQOt afluente e efluente do Sistema RALF+FAD

CONCLUSÕES

Foram conduzidos estudos relativos ao monitoramento da ETE Cambuí (Campo Largo – PR), instalação que emprega o sistema RALF+FAD, construída pela SANEPAR, para uma vazão de 360 m³/h. O efluente do flotador apresentou valores de 79 ± 13 mg/L, 17 ± 10 mg/L e 41 ± 4 mg/L, respectivamente para a DQO, DBO e SST. A turbidez apresentou valor de $4,1 \pm 2,8$ UNT e o PO_4 , de $1,4 \pm 0,6$ mg/L, representando uma eficiência de remoção de 68%.

Também estão apresentados os resultados do monitoramento de uma instalação piloto, operando com efluente anaeróbio, construída junto a ETE Ronda (Ponta Grossa - PR). O efluente do

flotador apresentou valores de 37 ± 17 mg/L, 9 ± 4 mg/L e 4,4 mg/L, respectivamente à DQO, DBO e turbidez. O fosfato apresentou concentrações no efluente da ordem de $0,07 \pm 0,06$ mg/L. Quanto aos aspectos operacionais, a ETE exige funcionários com melhor qualificação, do que normalmente exigido em instalações com o reator RALF, ou sua associação ao filtro biológico, por exemplo. As habilidades deverão ser múltiplas, às tarefas rotineiras (limpeza da grade, descarte de lodo do RALF, etc.), à operação dos vários equipamentos eletromecânicos e a condução adequada do tratamento físico-químico (teste de jarros, dosagem e manuseio de produtos químicos).

O sistema RALF+FAD pede ser capaz de fornecer um afluente que atende a legislação ambiental do Estado do Paraná ($DQO < 150$ mg/L e $DBO < 60$ mg/L), para o lançamento em corpos d'água receptores, bem como minimizar o aporte de PO_4 , um dos responsáveis pela eutrofização.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à SANEPAR e ao PROSAB, através da FINEP, CNPq e CEF, todo o apoio demonstrado ao longo do desenvolvimento dos trabalhos, desde a construção da instalação piloto, o acesso à ETE Belém e o financiamento da operação e monitoramento. À Fundação Araucária igualmente pelo apoio emprestado, no ano de 2001, à operação e monitoramento dos pilotos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AISSE, M. M.; JÜRGENSEN, D.; LOBATO, M. B.; ALÉM SOBRINHO, P. Avaliação do Sistema Reator RALF e Flotação por Ar Dissolvido, no Tratamento de Esgoto Sanitário. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, João Pessoa, 2001. *Anais*. Rio de Janeiro, ABES, 2001.
- APHA; AWWA; WEF. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 20ª edição. Washington, D. C., APHA. 1998.
- CAMPOS, J.P. e POVINELLI, J. *Coagulação e Floculação. Técnicas de Abastecimento e Tratamento de Água*. São Paulo, CETESB, 2n. 1987. P.91-120.
- JÜRGENSEN, D. e RICHTER, C. A. *Tratamento de Esgotos por Digestão Anaeróbia – Coagulação e Flotação. SANARE*. Curitiba, SANEPAR. 1 (1): 19-20. Jul/Set 1994.
- JÜRGENSEN, D. *ETE Cambuí; Fluxograma do Processo*. SANEPAR. 1999.
- METCALF e EDDY. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. 3rd ed. New York, Mc Graw Hill, 1991. 1334p.
- PARLATORE, A. C. Mistura e Floculação. *Técnicas de Abastecimento e Tratamento de Água*. São Paulo, CETESB, 2V. 1987. p. 131-68.
- PENETRA, R. G. ; REALI, M. A. P. ; FORESTI, E. ; CAMPOS, J. R. Post-Treatment of Effluents from Anaerobic Reactor Treating Domestic Sewage by Dissolved – Air Flotation. Taller y Seminario Latino Americano de Aguas Residuales, V, 1998. *Anais*, Viña del Mar – Chile, 1998.
- PENETRA, R. G. ; REALI, M. A. P. ; CAMPOS, J. R. Influência da Quantidade de Ar Fornecida no Pós-Tratamento por Flotação de Efluentes de Reatores Anaeróbios UASB. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20, Rio de Janeiro, 1999. *Anais*. Rio de Janeiro, ABES, 1999. p. 192-9.
- PINTO FILHO, A.C.T.; BRANDÃO, C.C.S. Avaliação do potencial da flotação por ar dissolvido sob pressão como pós-tratamento para efluentes de reatores anaeróbios de fluxo ascendente. Congresso da AIDIS, XXVII, Porto Alegre - RS, 2000. *Anais*. Rio de Janeiro, ABES, 2000. 8p (I-001).

REALI, M. A. P ; PENETRA, R.G. ; CAMPOS, J. R. Influência da Floculação na Flotação de Efluentes de Reatores Anaeróbios (UASB). Congresso AIDIS, XXI, Lima – Perú, 1998. *Anais Eletrônicos*. 8p.