



II-452 – USO DE FILTROS AERADOS RUDIMENTARES PARA OXIDAÇÃO DE NITROGÊNIO AMONIAACAL CONTIDO EM EFLUENTES DE REATORES ANAERÓBIOS

Raulyson Ferreira de Araújo⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária – PPGES, da UFRN.

Cícero Onofre de Andrade Neto

Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – PPGES / UFRN

Tatiana Cardoso Delgado

Bióloga pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária na UFRN.

Henio Normando da Silva

Professor Adjunto IV do Departamento de Engenharia Química/UFRN. Mestre em Química Ambiental (UFPE). Doutor em Engenharia Ambiental (INSA/Toulouse-França).

Izaldo Breno de Araújo Medeiros

Acadêmico de Engenharia Civil da UFRN e bolsista IC/CNPq junto ao PPGES – UFRN.

Endereço⁽¹⁾: Rua Sebastião Barreto, 91. Bloco I. Ap. 101 - Neópolis - Natal - RN - CEP: 59080-480 - Brasil - Tel: (84) 9963-1805 - e-mail: raulyson@yahoo.com.br

RESUMO

Apresenta-se o estudo do tratamento biológico de efluente sanitário em um sistema composto por decanto-digestor, filtros anaeróbios e filtros aerados rudimentares, a fim de alcançar a nitrificação nestes filtros aerados em série. Cada reator aerado tem o volume aproximado de 3,00 m³. A aeração é provida com o uso de um compressor, e o controle da vazão de ar com o auxílio de um rotâmetro. Na saída do compressor está instalado um filtro para retenção de óleo prejudicial à comunidade biológica. Com o objetivo de se encontrar a melhor eficiência do sistema de aeração, a pesquisa foi dividida em fases, iniciando os dois filtros com vazões de ar de 0,01 m³ ar/min (mínimo aferido pelo rotâmetro e um décimo do indicado pela bibliografia), sendo estas vazões convenientemente alteradas nas outras duas fases, sendo aqui apresentados resultados das três fases. Durante a primeira fase o sistema operou com 0,01 m³ ar/min nos dois filtros aerados (FA1 e FA2), apresentando uma eficiência média de 92%, 96% e 42%, respectivamente, para DQO, DBO e NH₄⁺ e concentração em torno de 3 NTU de turbidez no efluente final. Durante todas as fases o tratamento apresentou eficiências relativamente estáveis na remoção de DQO (92 – 95%) e na remoção de DBO (96 – 99%). Entretanto, a nitrificação variou, apresentando uma evolução crescente, 42%, 55% e 85%, à medida que a vazão de ar foi sendo aumentada. A boa estabilidade física da biomassa é bem representada pelos dados de turbidez, que apresenta média de 1,07 NTU no efluente tratado, indicando a não ocorrência de cisalhamento no meio filtrante e concentrações de SST inferiores a 20 mg/L, chegando a 2 mg/L. Foram testados filtros aerados ascendentes e descendentes, mas não apresentaram diferença operacional em termos da evolução da perda de carga decorrente da colmatação durante os nove meses de pesquisa. Observa-se uma queda na concentração de nitrito, provocado pelo aumento da aeração, acelerando o processo de nitrificação, e reduzindo, portanto, a presença da substância intermediária na oxidação biológica da amônia. No tocante ao nitrogênio amoniacal, em valores absolutos constata-se concentrações, desde a segunda fase, inferiores a 20 mg NH₄⁺ - N/L. Na atual combinação de vazões de ar testada os níveis de amônia já chegam a 1,68 mg NH₄⁺ - N /L. O nitrato apresentou incremento da fase 1 a fase 2, mas estabilizou-se, não apresentando aumento dos níveis de nitrato na fase 3. Nas fases 2 e 3 há um decréscimo de sua concentração entre os reatores aerados, indicando uma provável desnitrificação, mas ainda insuficiente, talvez por falta de fonte de carbono, para fornecer alcalinidade e elevar o pH. Concluiu-se que a nitrificação é viável em filtros aerados rudimentares com baixos níveis de OD (em torno de 2,0 mg/L), utilizando-se sistemas simples de aeração e sem grandes custos de implantação e manutenção do sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Esgoto Sanitário, Filtros Biológicos, Aeração, Nitrificação.



INTRODUÇÃO

Dentre as tecnologias de tratamento de esgotos, os processos anaeróbios, nas suas diversas formas, apresentam-se bastante eficientes quando se trata da remoção de matéria orgânica, podendo atingir a qualidade do efluente com 60 mg/L de DBO, aceito por alguns órgãos estaduais brasileiros de controle ambiental para despejo em corpos receptores em certas condições.

Apesar do bom desempenho na remoção de carga orgânica, baixa demanda de área, pouca geração de lodo e nenhum gasto energético, os processos anaeróbios são capazes de remover apenas matéria orgânica e sólidos de forma satisfatória, não tendo desempenho significativo no tocante a remoção de matéria nitrogenada, o que torna indispensável a inclusão de uma etapa de pós-tratamento para a remoção da amônia ou do nitrato, sempre que necessário.

O nitrogênio amoniacal quando disposto em corpos receptores em concentrações inadequadas gera alguns inconvenientes, como: toxicidade para os seres vivos, dependendo da temperatura e do pH do meio; consumo de oxigênio para atender a demanda nitrogenada; eutrofização de corpos aquáticos; e, ainda, contaminação dos aquíferos por nitrato, resultado da oxidação da amônia durante sua percolação no solo.

As alternativas de Pós-Tratamento de efluentes de reatores anaeróbios pesquisadas até o momento dividem-se entre sistemas aeróbios e anaeróbios, incluindo filtro anaeróbio, filtro biológico, lodos ativados, biofiltro aerado submerso (BAS), lagoa de maturação, aplicação no solo, dentre outros (CHERNICHARO *et al.*, 2001).

Os reatores aerados mais utilizados no Brasil para pós-tratamento de reatores anaeróbios são os lodos ativados e os biofiltros aerados submersos, surgindo mais modernamente os reatores biológicos de leito móvel com biofilme (MBBR). Neste trabalho apresenta-se como alternativa filtros aerados com leito fixo de material plástico com alto índice de vazios, denominados de forma não muito adequada de “Filtros Aerados Rudimentares”, que de fato constitui uma nova tecnologia, porque tanto contém lodo em suspensão nos interstícios, como retém biomassa aderida ao material de enchimento, que é o princípio de funcionamento dos biofiltros aerados submersos, mas distinguem-se bastante destes, porque a grande quantidade de lodo retido nos interstícios tem papel de destaque na biodegradação, e distinguem-se também dos reatores MBBR, porque o leito é fixo e retém mais sólidos suspensos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência dos filtros aerados submersos como pós-tratamento de um sistema composto de decanto-digestor e filtros anaeróbios, para tratamento de esgoto sanitário em nível terciário, que se apresenta como uma alternativa bastante promissora nas condições brasileiras para atender os padrões de lançamento em corpos receptores.

MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema experimental, apresentado na Figura 01, é composto por um decanto-digestor e quatro filtros biológicos e encontra-se instalado no campo experimental de tratamento de esgotos do PROSAB, inserido no espaço físico da Estação de Tratamento de Esgotos do Campus Central da UFRN, em Natal. O sistema recebe esgoto de características essencialmente domésticas, proveniente das Residências Universitárias, do Departamento de Educação Física, do Restaurante e do Pouso Universitário.

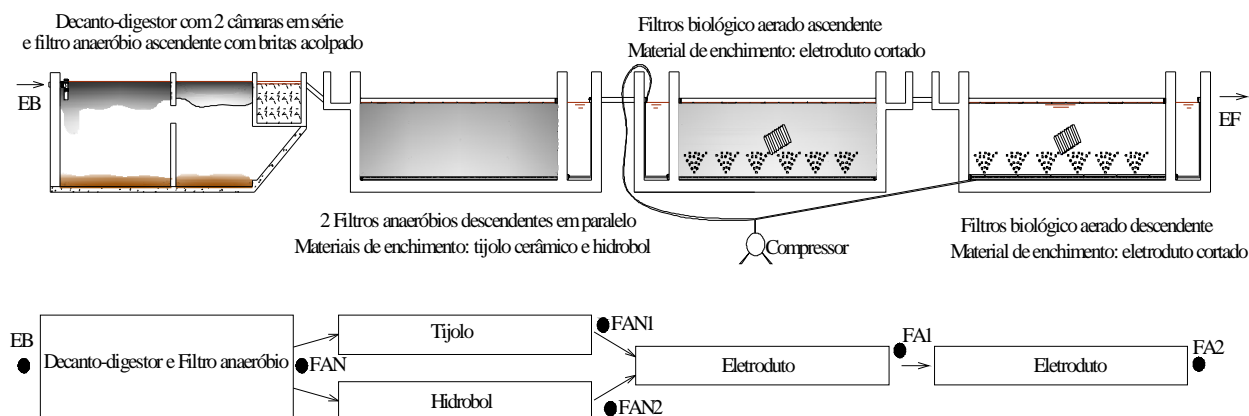


Figura 01: Desenho esquemático dos reatores

Pontos de coleta - EB: esgoto bruto; FAN: ponto de coleta do efluente do tanque-séptico com filtro anaeróbio; FAN1 e FAN2: filtros anaeróbios submersos; FA1 e FA2: filtros aerados submersos.

No esquema, os filtros, FAN1 e FAN2, funcionam paralelamente, sob condições anaeróbias, contendo, respectivamente, tijolo cerâmico e peças de plástico como meio suporte; os filtros FA1 e FA2, em série, ascendente e descendente, respectivamente, aerados, contêm eletroduto cortado de 3/4" de diâmetro e comprimento de 2,5 cm. A utilização de conduíte cortado tem por objetivo otimizar o funcionamento das unidades aeradas, já que os conduítes apresentam alto índice de vazios, grande superfície específica e rugosidade, permitindo boas condições de fluxo, além de favorecer a formação do biofilme e acumular biomassa nos interstícios. Todos os filtros possuem 4,00m de comprimento, 0,70m de largura e altura média de 1,20m no meio suporte. Todo o sistema é construído em alvenaria dobrada revestida com argamassa.

Atualmente, o sistema funciona com uma vazão de 10 m³/d, buscando proporcionar aos filtros aerados um maior tempo de detenção hidráulica (TDH) que, aliado ao seu elevado tempo de retenção celular, favorecerá o crescimento das bactérias nitrificantes, que de acordo com Van Haandel & Marais (1999), necessitam de elevado tempo de retenção celular ao passo que apresentam baixa taxa de crescimento, permitindo-se desta forma o desenvolvimento dos microorganismos responsáveis pela nitrificação. Na Tabela 01 são apresentadas as principais características do sistema. O volume efetivo sendo calculado em função do índice de vazios de cada material.

Tabela 01: Principais características do sistema

Unidade	Vazão (m³/d)	Volume efetivo (m³)	Área do leito (m²)	TDH efetivo (h)	TDH efetivo (h:min)
DD+FAN	10	9,24	-	22,176	22:11
FAN1	5	2,20	2,8	10,5696	05:17
FAN2	5	3,01	2,8	14,44512	07:14
FA1	10	3,14	2,8	7,54008	07:32
FA2	10	3,02	2,8	7,24104	07:15

TDH: Tempo de detenção hidráulica

Até então, é observada no experimento apenas a fase de oxidação, na qual os dois filtros são aerados, no entanto, em etapa posterior planeja-se cessar a aeração no segundo filtro, transformando-o em uma zona anóxica, ao receber o nitrato oriundo do filtro anterior, ainda aerado; buscando assim redução do nitrato (desnitrificação) no último filtro.

As amostras dos afluentes/efluentes foram coletadas semanalmente por voltas das 8h:30min. Todas as análises foram realizadas com base no *Standard Methods for the examination of the water and wastewater* (2005), com exceção do nitrato que utiliza referência do APHA 1992 e do nitrato que segue a metodologia de redução de cádmio da USEPA (1979).

O sistema de aeração é viabilizado pelo uso de um compressor que injeta ar nos filtros através de mangueiras dispostas dentro dos tubos de distribuição de esgoto, como observado nos esquemas mostrados na Figura 01. A vazão de ar é controlada com o auxílio de um rotâmetro. Ao compressor é acoplado um retentor de óleo e



regulador de pressão, que permite conferir ao sistema uma pressão suficiente apenas para vencer a altura do meio suporte e evitar que substâncias tóxicas adentrem ao sistema afetando a comunidade biológica.

Somente 18 dias após a alimentação dos filtros com esgoto anaeróbio iniciou-se o sistema de aeração, de modo a proporcionar condições para fixação da biomassa no material suporte. Decorridos 9 dias do início da aeração procedeu-se a primeira coleta nos filtros aerados. Foi aplicada a vazão de ar mínima ($0,01 \text{ m}^3 \text{ ar/min}$) aferida pelo rotâmetro, em cada filtro, salientando-se que este valor corresponde a um décimo da vazão de ar apontada pelos cálculos, em condições específicas, para que se alcance a nitrificação em um único filtro. Esta demanda de ar calculada está na faixa delimitada por biofiltros aerados submersos e lodos ativados, segundo bibliografia consultada.

Com o passar do tempo as vazões de ar foram sendo ampliadas de forma gradativa, de modo a varrer as faixas de ar e preocupando-se principalmente com a estabilidade física da biomassa presente nos reatores aerados, através do monitoramento imediato da turbidez. Na Tabela 02 são apresentadas as cargas aplicadas aos filtros aerados em função das diversas vazões de ar testadas, classificadas como fases a seguir:

Tabela 02: Cargas afluentes aos filtros aerados em função das vazões de ar e das concentrações

Fase	N	FA1		FA2	
		DQO (Kg/m ³ x d)	N-NH ₄ ⁺ (Kg /m ³ x d)	DQO (Kg/m ³ x d)	N-NH ₄ ⁺ (Kg /m ³ x d)
Fase 1	15	1,78	0,22	0,41	0,17
Fase 2	9	1,26	0,28	0,37	0,13
Fase 3	9	0,87	0,17	0,25	0,14

N: Número de dados; Fase 1: $0,01 \text{ m}^3 \text{ ar/min}$ em FA1 e FA2; Fase 2: $0,05 \text{ m}^3 \text{ ar/min}$ em FA1 e $0,01 \text{ m}^3 \text{ ar/min}$ em FA2; Fase 3: $0,10 \text{ m}^3 \text{ ar/min}$ em FA1 e $0,01 \text{ m}^3 \text{ ar/min}$ em FA2;

Atualmente uma quarta fase é testada, mas por se ter apenas 3 dados, a referida não terá seus dados aqui apresentados, apenas comentados no decorrer deste trabalho, quando interessante. Nesta etapa o FA1 está com $0,10 \text{ m}^3 \text{ ar/min}$ e o FA2 com $0,05 \text{ m}^3 \text{ ar/min}$.

RESULTADOS DA FASE 1

Tabela 03 - Valores médios para os parâmetros em cada unidade do sistema na fase 1

Parâmetro	N	EB (med-dsv)	Reatores anaeróbios		Reatores aerados	
			FAN (med-dsv)	FAN1/FAN2 (med- dsv)	FA1 (med- dsv)	FA2 (med- dsv)
pH	15	6,7 – 0,42	6,3 – 0,21	6,5 – 0,19	7,0 – 0,28	6,6 – 0,38
Turbidez (NTU)	15	184,0 – 27,34	112,0 – 15,96	65,0 – 16,13	3,8 – 2,47	2,7 – 0,92
Sól Susp Totais (mg/L)	16	154,6 – 31,0	70,3 – 16,4	29,6 – 9,4	12,2 – 4,5	9,9 – 4,2
Alcalinidade (mg CaCO ₃)	12	386,9 – 267,2	496,2 – 266,3	534,8 – 258,3	436,5 – 269,2	198,4 – 178,1
DQO (mg/L)	18	650 – 83,2	453 – 130,3	126 – 39,2	74 – 26,9	53 – 26,4
Nitrato (mg/L)	18	3,0 – 3,1	2,4 – 2,6	2,2 – 1,7	6,5 – 7,2	13,6 – 13,0
Nitrito (mg/L)	18	0,00 – 1,9	0,07 – 0,10	0,07 – 0,10	5,8 – 2,9	6,6 – 1,9
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	18	48,3 – 8,9	56,3 – 9,1	52,5 – 4,8	42,5 – 9,7	27,8 – 11,6
Nitrogênio Orgânico (mg/L)	18	5,5 – 1,0	5,0 – 1,0	4,2 – 1,3	3,1 – 0,8	2,9 – 0,7
OD (mg/L)	10	-	-	0,38 – 0,3	2,02 – 0,7	2,39 – 1,5

*med = média; dsv = desvio padrão;



Em todas as fases a temperatura apresentou-se sem variações bruscas, ficando sempre em torno de 28 °C. Devido ao comportamento sem diferença significativa, os dados dos filtros anaeróbios em paralelo foram agrupados, sendo o afluente do primeiro filtro aerado a média dos efluentes dos filtros anaeróbios.

RESULTADOS DA FASE 2

Tabela 03 - Valores médios para os parâmetros em cada unidade do sistema na fase 2

Parâmetro	N	EB (med-dsv)	Reatores anaeróbios		Reatores aerados	
			FAN (med- dsv)_	FAN1/FAN2 (med- dsv)_	FA1 (med- dsv)_	FA2 (med- dsv)_
pH	9	6,1 – 0,23	6,09 – 0,38	6,42 – 0,12	6,38 – 0,38	6,35 – 0,46
Turbidez (NTU)	9	156,3 – 50,2	99,0 – 30,1	54,4 – 21,75	2,4 – 0,1	2,1 – 1,02
Sól Susp Totais (mg/L)	9	142,7 – 27,5	53,3 – 12,9	26,4 – 6,3	8,2 – 2,7	7,2 – 2,7
Alcalinidade (mg CaCO ₃)	7	198,4 – 41,4	257,4 – 40,1	295,7 – 48,9	108,9 – 87,9	124,5 – 75,9
DQO (mg/L)	8	541,6 – 173,9	321,3 – 146,8	115,8 – 36,7	54,9 – 28,6	26,8 – 12,4
Nitrato (mg/L)	9	2,0 – 0,8	2,2 – 1,2	1,6 – 0,4	17,5 – 8,4	16,6 – 8,1
Nitrito (mg/L)	9	0,0 – 0,0	0,0 – 0,0	0,0 – 0,0	3,7 – 2,6	1,7 – 1,4
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	9	36,1 – 7,3	39,2 – 8,1	41,0 – 7,9	17,5 – 10,8	16,3 – 10,3
Nitrogênio Orgânico (mg/L)	9	4,9 – 1,4	4,7 – 1,9	3,9 – 1,36	3,1 – 0,5	2,6 – 0,4
OD (mg/L)	7	-	-	0,51 – 0,1	2,66 – 0,78	1,26 – 0,9

RESULTADOS DA FASE 3

Tabela 04 - Valores médios para os parâmetros em cada unidade do sistema na fase 3

Parâmetro	N	EB (med-dsv)	Reatores anaeróbios		Reatores aerados	
			FAN	FAN1/FAN2	FA1	FA2
pH	9	6,2 – 0,27	6,2 – 0,08	6,5 – 0,12	5,4 – 0,74	4,4 – 1,0
Turbidez (NTU)	9	170,9 – 36,2	99,85 – 15,7	38,94 – 11,5	5,88 – 3,4	1,4 – 0,3
Sól Susp Totais (mg/L)	9	142,5 – 30,4	55,9 – 16,1	24,7 – 6,3	8,7 – 4,6	4,6 – 1,8
Alcalinidade (mg CaCO ₃)	9	206,2 – 56,7	273,3 – 30,9	303,4 – 30,2	50,9 – 31,9	34,1 – 16,2
DQO (mg/L)	9	509,4 – 68,5	220,0 – 24,9	79,0 – 20,4	40,8 – 13,8	23,1 – 10,7
Nitrato (mg/L)	9	1,81 – 1,5	1,63 – 0,9	1,14 – 0,7	17,2 – 6,9	14,4 – 7,4
Nitrito (mg/L)	9	0,00 – 0,0	0,00 – 0,0	0,00 – 0,0	3,2 – 2,1	0,15 – 0,2
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	9	41,1 – 14,3	44,4 – 5,02	45,2 – 5,86	9,1 – 2,8	6,1 – 3,6
Nitrogênio Orgânico (mg/L)	9	4,3 – 0,7	3,3 – 0,4	3,3 – 0,8	3,2 – 0,8	3,2 – 0,8
OD (mg/L)	8	-	-	0,26 – 0,1	0,45 – 0,07	0,38 – 0,1



As figuras 02 e 03 mostram as concentrações de DQO ao longo de todas as fases e ao longo de todo o sistema e o comportamento do mesmo parâmetro nos filtros aerados de forma isolada, respectivamente. E nas figuras 04 e 05 os gráficos de SST, com concentrações inferiores a 20 mg/L no efluente tratado nas **fases 2 e 3**.

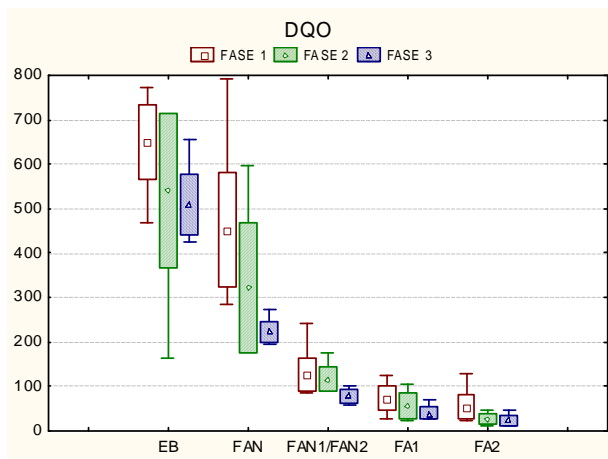


Figura 02: Box Plotter da DQO nas unidades do sistema em todas as fases

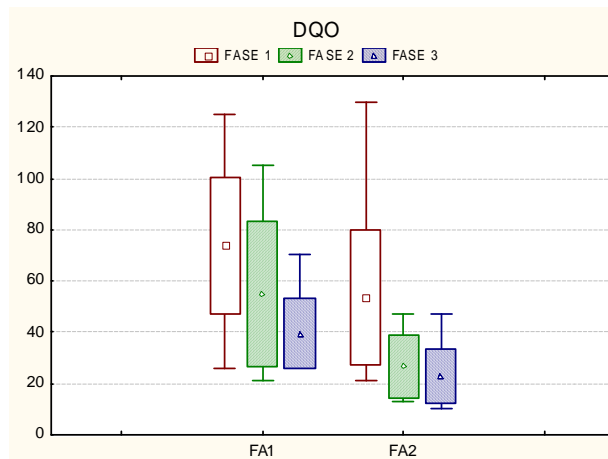


Figura 03: Box Plotter da DQO em todas as fases apenas nos filtros aerados

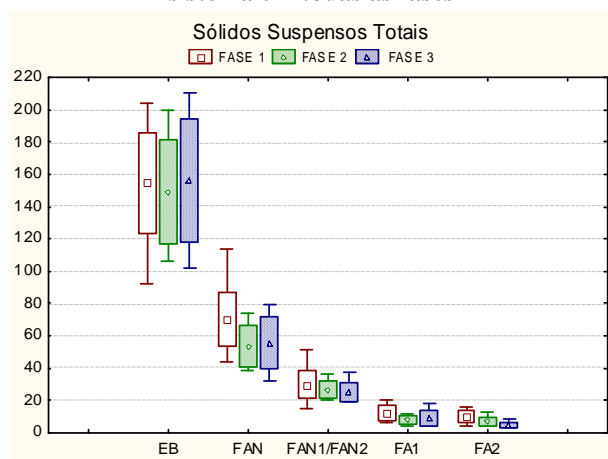


Figura 04: Box Plotter de SST nas unidades do sistema em todas as fases

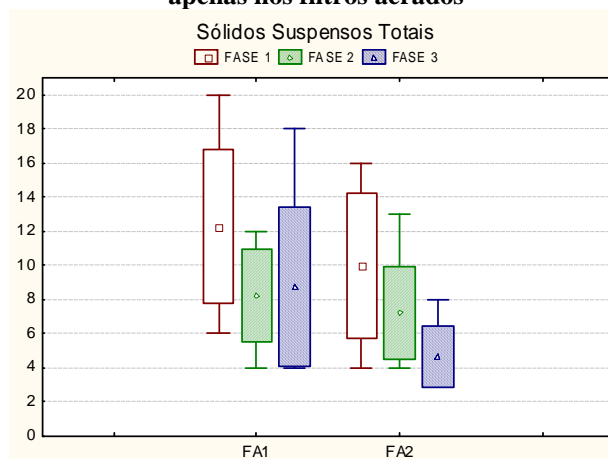


Figura 05: Box Plotter de SST em todas as fases apenas nos filtros aerados

Tabela 05: Eficiências médias de remoção por processos biológicos em cada fase de operação

Parâmetro	Fase 1			Fase 2			Fase 3		
	FA1-FAN	FA2-FA1	FA2-EB	FA1-FAN	FA2-FA1	FA2-EB	FA1-FAN	FA2-FA1	FA2-EB
DQO	42%	28%	92%	53%	51%	95%	48%	43%	95%
DBO	74%	4%	96%	28%	34%	97%	81%	35%	99%
NH ₄ ⁺ - N	19%	35%	42%	57%	7%	55%	80%	33%	85%

De acordo com Metcalf & Eddy (1995), o intervalo ótimo do pH para atividade nitrificante é de 7,5 a 8,6, mas em alguns sistemas bem aclimatados também se consegue nitrificação com menores valores de pH. Durante as **fases 1 e 2** os níveis de pH mantiveram-se abaixo dos da bibliografia citada, mas não muito distante dos valores referidos. Acredita-se que a notória nitrificação (85% do nitrogênio amoniacal) observada sobre baixos valores de pH na **fase 3** pode estar relacionada com o tempo de espera para início da aeração que proporcionou condições para boa fixação da biomassa ao meio suporte. Prova desta estabilidade física da biomassa é bem representada pelos dados de turbidez que apresenta média de 1,07 NTU no efluente tratado, indicando a não ocorrência de cisalhamento no meio, nas figuras 06 e 07 pode ser observada a evolução da turbidez nos filtros. Na fase atual, o segundo filtro aerado está com vazão de ar de 0,05 m³ ar/min e ainda assim apresenta turbidez em torno de 1,0 NTU.

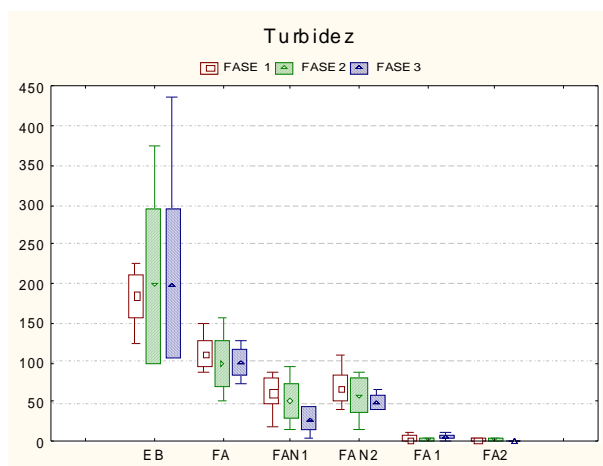


Figura 06: Box Plotter da Turbidez nas unidades do sistema em todas as fases

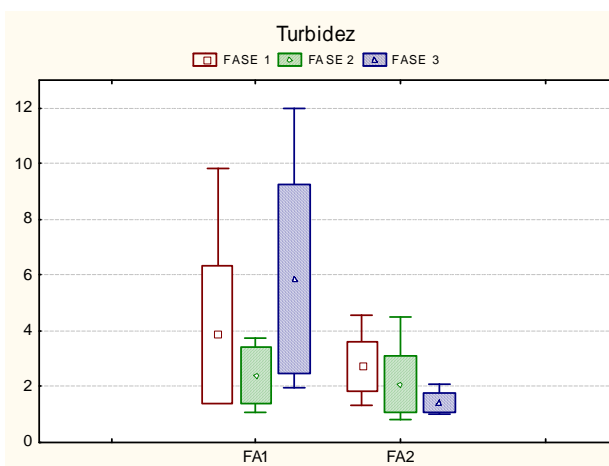


Figura 07: Box Plotter da Turbidez em todas as fases apenas nos filtros aerados

Nos filtros aerados em série foram testadas combinações das vazões de ar nas fases, como já explicado. Optou-se por partir inicialmente com os dois filtros na mínima vazão de ar aferida pelo rotâmetro ($0,01 \text{ m}^3 \text{ ar/min}$), e ir aumentando gradativamente a vazão no primeiro filtro e mantendo a do segundo em $0,01 \text{ m}^3 \text{ ar/min}$. Ao passo que se deram as experimentações observou-se um aumento da atividade nitrificante no primeiro, bem como o aumento dos níveis de turbidez no mesmo, no entanto, o segundo ainda com mínima vazão de ar vem servindo como filtro essencial de segurança, a partir do momento que permite uma intensa nitrificação a montante e consegue conter a turbidez oriunda da unidade precedente.

No FA1 foi observada uma perda acentuada dos níveis de alcalinidade, resultado da produção de ácido durante a nitrificação. De acordo com HOFFMANN (2004) a produção de ácido leva o pH a baixos níveis se o esgoto contiver baixa alcalinidade ($200 - 250 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$), faixa na qual se situa a alcalinidade do esgoto objeto da pesquisa. Segundo alguns autores (ATV Manual, 1997; Von Sperling, 1997) *apud* HOFFMANN (2004) é recomendado uma concentração de pelo menos $50 - 75 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$ no efluente final. Segundo Van Haandel e Marais (1999), valores de alcalinidade abaixo de $30 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$ oferecem riscos de haver queda brusca do pH nos sistemas de lodos ativados e inibir a nitrificação.

Como forma de se aumentar esta concentração uma alternativa é o aporte de bicarbonato de cálcio ou a promoção do processo de desnitrificação, inclusive já programado para uma etapa posterior desta pesquisa. Em termos de matéria orgânica são encontradas concentrações médias de $6,0 \text{ mg/L}$ e $23,14 \text{ mg/L}$, de DBO e DQO respectivamente, na **fase 3**.

Foram testados filtros aerados ascendentes e descendentes, mas não apresentaram diferença operacional em termos da evolução da perda de carga decorrente da colmatção durante os nove meses de pesquisa.

Observa-se uma crescente redução na concentração de nitrito, provocado pelo aumento da aeração, que acelera o processo de nitrificação, reduzindo, portanto, a presença da substância intermediária na oxidação biológica da amônia.

No tocante ao nitrogênio amoniacal, em valores absolutos constata-se concentrações, desde a segunda fase, inferiores a $20 \text{ mg NH}_4^+ - \text{N/L}$. Na atual combinação de vazões de ar testada os níveis de amônia já chegam a $1,68 \text{ mg NH}_4^+ - \text{N/L}$. O nitrato apresentou incremento da fase 1 a fase 2, mas estabilizou-se, não apresentando aumento dos níveis de nitrato na **fase 3**. Nas fases 2 e 3 há um decréscimo de sua concentração entre os reatores aerados, indicando uma provável desnitrificação, mas ainda insuficiente, talvez por falta de fonte de carbono, para fornecer alcalinidade e elevar o pH. Na figura 08 podem ser observados os dados de nitrogênio amoniacal.

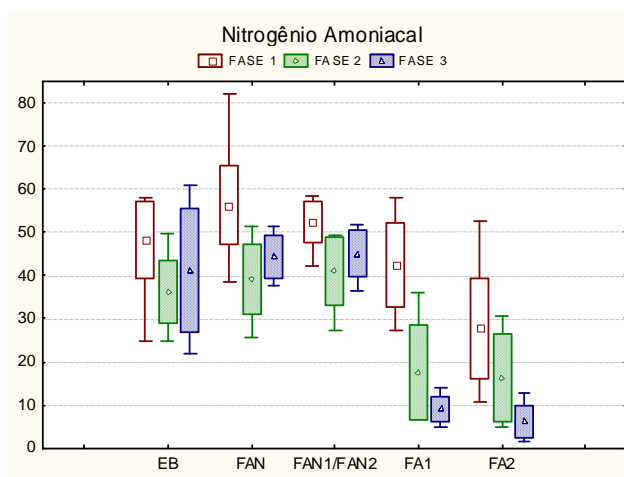


Figura 08: Box Plotter da Amônia nas unidades do sistema em todas as fases

Todos os dados acima citados foram encontrados em níveis de oxigênio dissolvido em torno de 2,0 mg/L. De acordo com (Metcalf e Eddy, 1995) a faixa de concentração de oxigênio dissolvido necessária para a nitrificação em sistemas de biomassa em suspensão é de 1,5 a 4,0 mg/L. Salientando-se que nos reatores aerados há a presença tanto da biomassa em suspensão como aderida ao meio suporte.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Filtros Aerados Rudimentares são capazes de produzir efluentes com baixíssimas concentrações médias de DQO e SST, em torno de, respectivamente, 20 mg/L e 5,0 mg/L.

Os filtros mostraram satisfatória estabilidade física da biomassa ao apresentar baixa concentração de turbidez nos filtros aerados, em torno de 1,5 NTU no efluente final. Quando da aplicação de maior vazão de ar (0,10 m³ ar/min) no primeiro filtro aerado visando aumentar a nitrificação (**fase 3**) houve um aumento do teor de sólidos, no entanto, o filtro posterior mostrou-se capaz de retê-los, garantindo desta forma a qualidade do efluente. Ou seja, filtros em série permitem a flexibilidade operacional para alcance da nitrificação sem prejuízos qualitativos no geral, sem necessidade de decantados e sem remoção de lodo em mais de 9 meses da pesquisa.

Em relação à nitrificação, concluiu-se que são bons os resultados, com eficiência média de remoção de nitrogênio amoniacal em torno de 85% em relação ao esgoto bruto, apresentando concentrações médias de 6,10 mg/L, e em dados momentos chegando a valores inferiores a 2 mg/L.

A nitrificação é viável em filtros aerados rudimentares com baixos níveis de OD (em torno de 2,0 mg/L), utilizando-se sistemas simples de aeração, sem demandar mão-de-obra de alta qualificação e sem grandes custos de implantação e manutenção do sistema.

AGRADECIMENTO

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (FINEP/CNPQ/CT-HIDRO/CAIXA) Edital 5, Rede 2. Os autores agradecem as Instituições que apóiam e financiam o PROSAB, e aos colegas dessa rede de pesquisa pelas valiosas contribuições.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA-AWWA-WPCF. Standard Methods for the examination of Water & Wastewater. 21th edition. American Public Health Association. Washington, D. C. 2005.
2. CERNICHARO, C. A. L. (Coordenador) *et al.* Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios. Projeto PROSAB, ABES. Belo Horizonte, 2001.
3. HOFFMANN, H.; WEITZ, J.; COSTA, T., B.; WOLF, D. B.; PLATZER, C.; COSTA, R., H., R; Avaliação da nitrificação e desnitrificação em um reator seqüencial por batelada como processo descentralizado para tratamento de esgoto sanitário. Anais do Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. San Juan, 2004.
4. METCALF & EDDY, Ingeniería de Águas Residuales – Tratamiento, vertido y reutilización. 3rd ed: McGraw-hill, Inc., Madrid, 1995
5. VAN HAANDEL, A.; MARAIS G., Comportamento do Sistema de Lodo Ativado – Teoria e Aplicações para Projetos e Operação. Campina Grande, 1999.472p.