

Controle de intumescimento filamentoso em uma planta de lodos ativados de fábrica de papel reciclado através de seletores biológicos

Cláudio Arcanjo de Sousa – Departamento de Engenharia Florestal – UFV - Brasil

Cláudio Mudado Silva - Departamento de Engenharia Florestal – UFV – Brasil

Maria Angélica Moura – Indústrias Klabin de Papel – Ponte Nova - Brasil

RESUMO

Um dos principais problemas operacionais existentes em um sistema de tratamento biológico por lodos ativados é a baixa sedimentabilidade do lodo biológico nos decantadores secundários. Esta má decantabilidade geralmente está associada ao crescimento excessivo das bactérias filamentosas em relação às formadoras de flocos, ocasionando arrastes de sólidos no efluente final.

O objetivo deste trabalho foi o de estudar o uso de seletores biológicos aerados em escala piloto para o controle das bactérias filamentosas em um sistema de lodos ativados de uma fábrica de papel reciclado.

Foram utilizadas três configurações diferentes de seletores biológicos a seguir: um seletor biológico com uma única câmara seletora com tempo de residência hidráulica de 45 minutos, um seletor com quatro câmaras seletoras com tempo de residência de 45 minutos por câmara perfazendo um tempo de residência total de 180 minutos, uma única câmara seletora com tempo de residência total de 180 minutos. Todos os tratamentos foram seguidos de um tanque de aeração de mistura completa e um decantador secundário com a recirculação do lodo para os seletores. Paralelamente foi operado um sistema sem seletores.

Os resultados que indicaram um melhor desempenho para o controle dos organismos filamentosos, redução do IVL (Índice Volumétrico do Lodo), redução das perdas de lodos no efluente final foi o sistema que utilizou o seletor biológico com quatro câmaras seletoras em série com tempo de residência de 45 minutos por câmara.

ABSTRACT

One of the major operational problem in biological activated sludge system is the poor settleability of the biological sludge in secondary clarifier. This problem is usually associated with the excessive growth of the filamentous bacteria. The poor settleability of the sludge causes the loss of suspended solids in the treated effluent, producing a poor quality.

The objective of this work was to study the use of aerobic biological selectors in pilot scale for the control of the filamentous bacteria in an activated sludge system treating old corrugated cardboard (OCC) linerboard mill effluent.

Three different configuration of aerobic biological selectors was tested: one camera selector with hydraulic retention time of 45 minutes, four cameras selector with hydraulic residence time of 45 minutes each with a total hydraulic retention time of 180 minutes, one camera selector with a total retention time of 180 minutes. All treatments were followed by a completely mix tank and a secondary clarifier with a sludge recycling system for the selectors. In parallel a similar system was operated without selectors.

The results indicated a better performance for the control of the filamentous organisms, reduction the SVI (Sludge Volume Index), reduction of sludge losses in the final effluent of the system that used the biological selector with four cameras with a hydraulic retention time of 45 minutes.

PALAVRAS CHAVES – KEYWORDS

Lodos ativados, intumescimento filamentoso, bactéria filamentosa, seletor aeróbio.
Activated sludge, filamentous bulking, filamentous bacteria, aerobic selector.

1. INTRODUÇÃO

O processo de lodos ativados é o processo mais utilizado em todo o mundo para o tratamento biológico de efluentes (METCALF e EDDY, 1991). A principal função do tratamento biológico é o de

remover a matéria orgânica dissolvida e coloidal do efluente. As bactérias na presença de oxigênio são capazes de oxidar a matéria orgânica dissolvida transformando-a em novas células e gases. Durante a oxidação da matéria orgânica as bactérias são capazes de se flocularem, possibilitando sua separação da fase líquida pelo processo de decantação em uma unidade. A principal vantagem dos sistemas de lodos ativados no tratamento de efluentes em relação ao sistema de lagoas é que requer áreas menores e apresenta uma eficiência satisfatória para o tratamento de efluentes industriais e domésticos.

O processo dos lodos ativados é composto basicamente por duas unidades: o reator biológico, onde ocorre a transformação da matéria orgânica em massa microbiana e o decantador secundário, local onde a fase sólida (massa microbiana floculada) é separada da fase líquida (efluente tratado), por sedimentação.

A maioria das pesquisas realizadas até recentemente tinha como finalidade descobrir formas de otimizar a remoção da matéria orgânica e dos compostos poluentes do efluente. Muitos pesquisadores acreditavam que a dificuldade da separação do efluente tratado da biomassa era devido à ineficiência ou mau dimensionamento do sistema de decantação secundária. Com o avanço da ciência, observou-se que a cultura mista de microrganismos que atua no sistema dos lodos ativados tinha papel crucial nas características de sedimentabilidade do lodo. Muitos pesquisadores mostraram que a macroestrutura dos flocos do lodo era devido à presença de organismos filamentosos, isto é, microrganismos que produzem uma espécie de tentáculos na sua superfície muitas vezes mais longos que o diâmetro dos microrganismos HAANDEL e MARAIS, 1999. (JENKINS, 1993) e CETESB 1999 citam duas estruturas básicas da formação do floco biológico sendo a macroestrutura formada pelos microrganismos filamentosos e a microestrutura formada pelos microrganismos formadores de flocos. A macroestrutura tem a função básica de servir de suporte para a fixação dos microrganismos formadores de flocos.

O crescimento excessivo das bactérias filamentosas acarreta o intumescimento do lodo comumente chamado de bulking filamentoso. O *bulking* filamentoso é caracterizado como um dos maiores problemas encontrados nas estações de tratamento de efluente por lodos ativados. No Brasil diversas fábricas de celulose e papel têm enfrentado problemas nas estações de tratamento, devido à má decantabilidade do lodo biológico. Essa má decantabilidade ocasiona principalmente a perda de eficiência de remoção de DQO, DBO e principalmente a perda de sólidos pelos vertedores no decantador secundário.

De acordo com (JENKINS, 1993) e HAANDEL e MARAIS, 1999, existem diversas causas para a proliferação dos microrganismos filamentosos. Essas causas podem ser atribuídas, dentre outros, aos seguintes fatores:

- i) desbalanceamento ou falta de nutrientes (nitrogênio e fósforo) no afluente;
- ii) deficiência ou falta de oxigênio dissolvido no tanque de aeração;
- iii) baixa relação alimento/microrganismo;
- iv) compostos facilmente biodegradáveis presentes no efluente;
- v) afluente séptico, com altos teores de ácidos orgânicos e/ou sulfetos
- vi) pH baixo, principalmente para a proliferação de fungos

O principal objetivo deste estudo foi o de estudar o controle de bactérias filamentosas que ocasionavam o bulking filamentoso em uma planta industrial de tratamento de efluentes da KE – Klabin Embalagens localizada em Ponte Nova – MG, através da utilização de seletores biológicos.

1.1 Descrição do problema

A unidade KE Klabin Embalagens de Ponte Nova produz atualmente 140 ton de papéis capa gramatura 125 e 140 g/m² e miolo de gramatura 120, 140 e 170 g/m². A Estação de Tratamento de Efluentes da unidade industrial em Ponte Nova é constituída por um tratamento preliminar, composto de gradeamento, caixa de areia e neutralização do efluente; um tratamento primário formado por um decantador primário para a remoção de sólidos sedimentáveis, basicamente fibras que são retornados para o processo; um tratamento secundário formado por um sistema de lodos ativados constituído por dois tanques de aeração paralelos seguidos de um único decantador secundário, a estação possui ainda uma lagoa de emergência para direcionar efluentes fora dos parâmetros adequados para tratamento biológico.

O sistema vinha operando com problemas de perda de lodo no decantador secundário devido ao intumescimento ocasionado pela proliferação excessiva de bactérias filamentosas.

Baseados nas principais causas para a proliferação das bactérias filamentosas foram realizados ajustes na planta tais como o ajuste de pH, equalização da vazão de entrada e aumento de nutrientes a fim de controlar o problema. Diante da identificação do microrganismo causador do intumescimento e de posse dos dados operacionais, constatou-se uma baixa relação na concentração de alimento para a concentração dos microrganismos (A/M), e uma elevada idade do

lodo que é o tempo de residência celular no tanque de aeração. Optou-se por isolar um tanque de aeração e operar com apenas um reator, aumentando assim a relação A/M e minimizando o problema.

Conforme exposto anteriormente, um fator operacional de baixa relação A/M nos tanques de aeração podem favorecer o surgimento e proliferação excessiva dos organismos filamentosos. Dependendo do tipo de processo de lodos ativados que se opera, as idades do lodo e as taxas A/M variam muito, sendo que o processo de lodos *ativados convencional* utiliza uma idade do lodo que varia de 3 a 10 dias e uma taxa de A/M de 0,2 a 0,5 Kg DBO/kg SSV.d. O processo de lodos ativados tipo *aeração prolongada*, opera com idades do lodo superiores a 20 dias e uma taxa de A/M da ordem de 0,05 a 0,10 Kg DBO/kg SSV.d. (CETESB, 1999). No processo de *aeração prolongada* o lodo geralmente está mais estabilizado e resiste melhor às variações de carga do sistema. No entanto, a quantidade de alimento disponível para as bactérias no tanque de aeração é menor, o que pode favorecer o surgimento de determinadas espécies de microrganismos filamentosos indesejáveis, como por exemplo, a bactéria *Microthrix parvicella*, tipo 0092, tipo 0041 e tipo 0675 (JENKINS, 1993).

1.2 Princípio de funcionamento do seletor biológico

CHUDOBA, 1973, citado por HAANDEL e MARAIS, 1999, numa tentativa de explicar a razão do surgimento de lodo filamentoso, considerou a hipótese de que o lodo ativo compõe basicamente de dois tipos de organismos: os organismos que tendem a formar flocos e os organismos que tendem a formar lodo filamentoso. Dependendo das condições operacionais no sistema de tratamento um ou outro tipo terá a maior taxa de crescimento e, conseqüentemente, irá predominar no sistema. De acordo com a Figura 1, CHUDOBA, 1973, citado por HAANDEL e MARAIS, 1999, fez ainda o seguinte experimento: adotou a cinética de Monod para a utilização de um substrato rapidamente biodegradável tanto para as bactérias formadoras de flocos quanto para as bactérias filamentosas, e atribuiu valores menores de $\mu_{m\acute{a}x}$ e $K_{m\acute{a}x}$ para as filamentosas do que para as formadoras de flocos. Nestas condições, tem-se que abaixo de uma determinada concentração de substrato a taxa de crescimento das filamentosas excede a das formadoras de flocos prevalecendo a formação de um lodo filamentoso. Entretanto, para um lodo com maiores concentrações de substrato, a taxa de crescimento das bactérias formadoras de flocos será superior, quando comparadas com a das filamentosas, produzindo um lodo com características desejáveis e condições adequadas de decantabilidade.

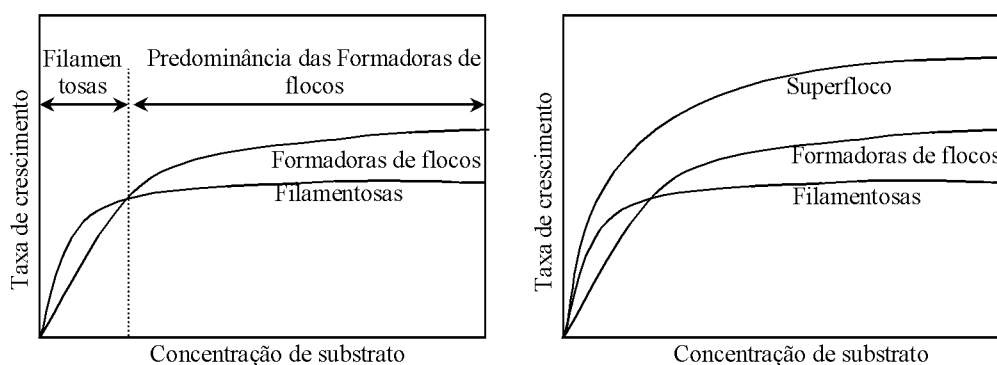


Figura 1. Taxa de crescimento das bactérias formadoras de flocos e filamentosas em função da concentração em sistemas de mistura completa em reatores HAANDEL e MARAIS, 1999.

A mesma hipótese que explica o surgimento das bactérias filamentosas, dá uma indicação de como evitá-las. CHUDOBA 1973, citado por HAANDEL e MARAIS, 1999, sugeriu que fosse adotado um reator aeróbio, de pequenas dimensões, antes do tanque de aeração denominado seletor biológico. Neste seletor, o lodo de retorno entra em contato com o efluente proporcionando, desta forma, uma alta relação A/M favorecendo o surgimento das bactérias formadoras de flocos. Quando o lodo atinge o tanque de aeração, a concentração de material orgânico deverá ser baixa, e apesar do crescimento dos microrganismos filamentosos ser beneficiado nestas circunstâncias, o crescimento dos microrganismos formadores de floco, ocorrido anteriormente no seletor, deverá prevalecer no sistema. Embora o crescimento das bactérias filamentosas não seja controlado, haverá um balanceamento entre as filamentosas e as formadoras de flocos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Planta piloto

Foi utilizado uma planta piloto composta por quatro sistemas de tratamentos por lodos ativados operando simultaneamente em paralelo. O SISTEMA 0 era composto de um tanque de aerção de mistura completa seguido de um decantador secundário com uma linha de recirculação do lodo. O SISTEMA 1 idêntico ao primeiro, com exceção da utilização de um seletor biológico com uma única câmara seletora com tempo de residência hidráulica de 45 minutos. O SISTEMA 2 com um seletor com quatro câmaras seletoras com tempo de residência de 45 minutos por câmara perfazendo um tempo de residência total de 180 minutos. O SISTEMA 3 com uma única câmara seletora com tempo de residência de 180 minutos. Como o sistema operava em paralelo, a taxa de a recirculação do lodo era igual para os quatro sistemas, assim como a vazão inicial e o tempo de retenção hidráulica no tanque de aerção. A taxa de recirculação do lodo foi variável durante o experimento ficando em uma faixa de 0,5 a 5,0 dependendo das condições de sedimentabilidade do lodo. O fluxograma dos sistemas está apresentado na Figura 2. O trabalho foi realizado no Laboratório de Celulose e Papel da Universidade Federal de Viçosa.

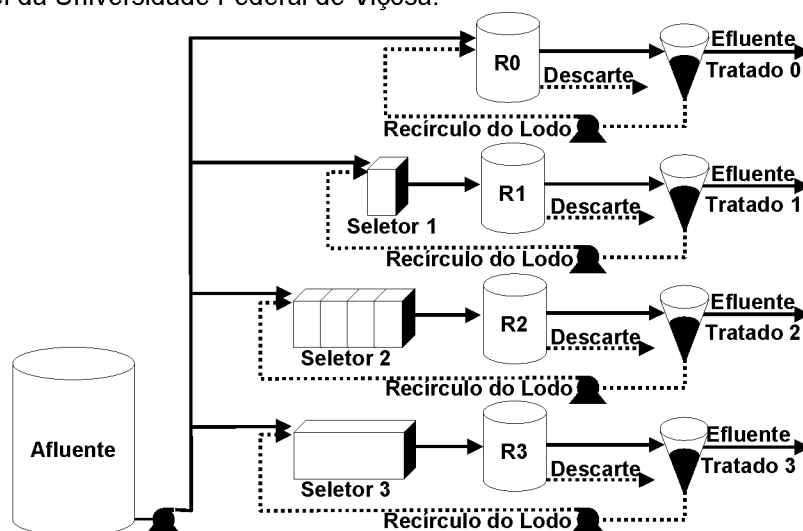


Figura 2. Fluxograma da planta piloto de tratamento de efluentes da fase 2.

2.2 Efluente

O efluente utilizado foi coletado na fábrica de papel reciclado da Klabin localizada na cidade de Ponte Nova – Minas Gerais. O efluente foi coletado após o decantador primário, antes da neutralização e adição de nutrientes. Antes de entrar na planta piloto o efluente passava ainda por uma peneira de 150 mesh para remoção das fibras e pedaços de plásticos que passavam pelo decantador primário, o pH era corrigido para a faixa de 6,5 a 7,5.

O tempo de retenção hidráulica foi de 25,0 horas.

A relação BOD:N:P adotada foi de 100:6:2.

As seguintes análises foram realizadas no efluente durante a condução do experimento: DQO (Demanda Química de Oxigênio), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), SST (Sólidos Suspensos Totais), AGV (Ácidos Graxos Voláteis), temperatura, OD (Oxigênio Dissolvido).

As metodologias utilizadas para as análises foram realizadas de acordo com o Standard Methods for Examination of Water and Wasterwater (1998).

Para as análises de DQO e DBO, as amostras foram filtradas em filtros de 1,2 μm .

A metodologia utilizada para quantificar os ácidos graxos voláteis foi o método Kapp proposto por BUCHAUER, 1998.

Os seguintes carboidratos foram medidos por HPLC: glicose, xilose, galactose, raminose, arabinose e manose.

2.3 Análise de sedimentabilidade

Para a determinação da sedimentabilidade do lodo foi utilizada a análise do IVL (Índice Volumétrico do Lodo) que é o volume ocupado por 1 g de lodo após uma decantação por 30 minutos. O método consiste em colocar uma amostra de lodo devidamente homogeneizada e com concentração de sólidos conhecida em uma proveta graduada e após 30 minutos anotar a altura da

interface de sedimentação do lodo e calcular o volume ocupado por cada grama de lodo (SPERLING, 1996).

2.4 Identificação e quantificação da densidade de microrganismos filamentosos

A metodologia utilizada para identificação e quantificação das bactérias filamentosas foi desenvolvida por Eikelbom citada por JENKINS, 1993. A concentração de microrganismos filamentosos foi estimada visualmente de acordo com as concentrações propostas por JENKINS, 1993.

2.5 Parâmetros operacionais da planta

Os parâmetros operacionais de controle da planta piloto durante a condução do experimento foram:

- Idade do lodo;
- Relação A/M (Alimento/Microrganismo);
- TRH (Tempo de Retenção Hidráulico);
- Concentração de OD (Oxigênio Dissolvido);
- Análise de pH: de entrada e de saída;
- Remoção de DQO (Demanda Química de Oxigênio);
- Remoção de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio);
- Remoção de AGV (Ácidos Graxos Voláteis);
- Decantabilidade do lodo através do IVL (Índice Volumétrico do Lodo);
- Concentração de sólidos suspensos nos reatores e efluentes tratados;
- Taxa de aplicação superficial nos decantadores secundários;
- Taxa de aplicação de sólidos nos decantadores secundários;

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características físico-químicas do efluente

Durante a condução do experimento o efluente apresentou as seguintes características médias de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1. Características físicos químicas do efluente bruto

Parâmetros analisados	Valores médios obtidos
DQO (mg/L)	2068
DBO (mg/L)	1447
SST (mg/L)	360
AGV ¹ (mg/L)	804
Temperatura ²	25
Sulfeto (mg/L) ³	ND
Glicose (mg/L)	110
Xilose (mg/L)	30

¹ Como ácido acético; ² Temperatura de tratamento na planta piloto; ³ Analisados na primeira fase; Os demais carboidratos não foram detectados.

3.2 Identificação dos microrganismos causadores do intumescimento

Foi observado uma presença abundante de *Sphaerotilus natans* e a presença muito comum do TIPO 021N e de *Zooglea ramigera*.

3.3 Remoção de DQO nos diferentes sistemas de tratamentos

As remoções de DQO nos quatro sistemas de tratamentos são apresentados na Figura 3.

Pode-se observar que o SISTEMA 0 que operava sem nenhum seletor biológico apresentou uma menor taxa de remoção de DQO, tanto para idade de lodo de 10 dias quanto para idade de lodo de 20 dias. O sistema que apresentou uma maior remoção de DQO foi o SISTEMA 2 que operava com o seletor com quatro câmaras de 45 minutos cada.

É importante ressaltar que a principal função dos seletores biológicos não é a de aumentar a eficiência de remoção de DQO. No entanto, o sistema de tratamento que possuía um seletor com quatro câmaras seletoras foi o que apresentou o melhor desempenho para a remoção da DQO. Essa melhor remoção no SISTEMA 2 é explicado pela Figura 4, onde se observa uma maior remoção da DQO inicial no seletor 2 com quatro câmaras, dessa forma a carga de DQO que entrava no SISTEMA

2 era menor, o que proporcionava uma menor taxa A/M no reator (Figura 8), tendo uma remoção maior de DQO.

Não houve diferenças significativas na remoção de DQO quando se aumentou a idade do lodo.

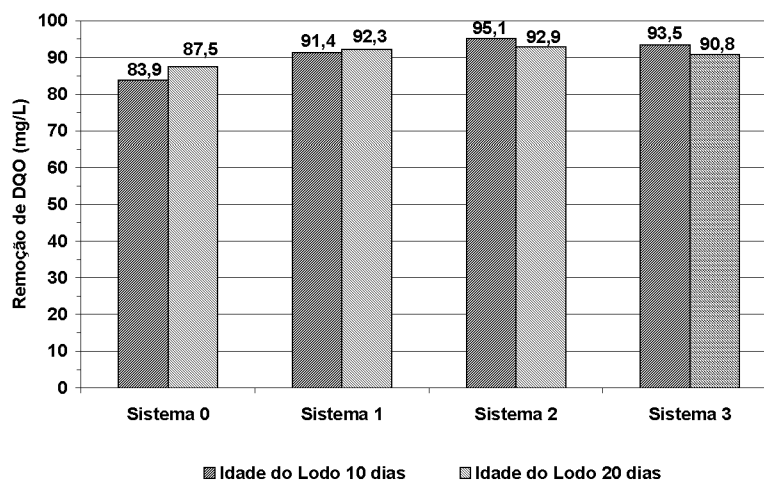


Figura 3. Remoção de DQO nos quatro sistemas de tratamento de tratamento com idade do lodo de 10 e 20 dias.

3.4 Remoção de DQO nos Seletores

As remoções de DQO nos seletores seguem de acordo com a Figura 4. Pode-se observar que houve uma maior remoção de DQO no seletor 2 (quatro câmaras de 45 minutos em série) comparados com os demais seletores. Uma remoção média de DQO acima de 58% em um tempo de residência de apenas 45 minutos é considerado bastante elevado, considerando uma DQO média de entrada de aproximadamente 2100 mg/L. Vale salientar que para o seletor com quatro câmaras seletoras este valor de remoção de DQO chegou a 76% e 65,7% para as idades do lodo de 10 e 20 dias respectivamente. Essa maior percentagem de remoção de DQO em uma idade de lodo menor é devido a ter uma cultura de bactérias mais jovem, sendo mais efetiva para a remoção de DQO do efluente.

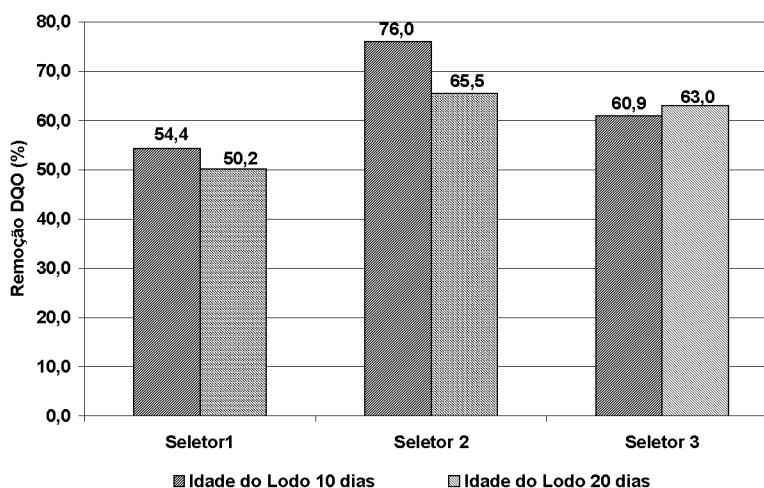


Figura 4. Remoção de DQO nos seletores biológicos com idade do lodo de 10 e 20 dias.

3.5 Remoção de DQO no seletor 2 (Quatro câmaras)

A remoção de DQO no seletor 2 teve o comportamento conforme apresentado na Figura 5. Considerando que a configuração do seletor 2 teve a melhor taxa de remoção de DQO, é interessante observar o que acontece ao longo do seletor para entender a remoção da DQO do efluente. Quase toda a DQO foi removida na primeira câmara seletora, tanto para a idade do lodo de 10 dias quanto para a idade do lodo de 20 dias. Dos 76% de DQO removido, para uma idade do lodo de 10 dias, 66,3% desse total foi removido na primeira câmara com um tempo de residência de 45 minutos. Do restante, 13% foi removido na segunda câmara seletora, 15,3% na terceira e 8,3% na última câmara. Para a idade do lodo de 20 dias que teve a remoção de 65% de DQO, 59,2% foram removidos na primeira câmara, ou seja, grande parte do material facilmente biodegradado foi

metabolizado na primeira câmara seletora, ficando o restante para as demais câmaras. JENKINS, 1993 cita que uma forma de se controlar a bactéria *Sphaerotilus natans* e do Tipo O21N, quando a causa de seu aparecimento é devido a compostos facilmente biodegradáveis é utilizar seletores aeróbios. Como a oxidação dos compostos facilmente biodegradáveis ocorre no início do seletor e a estabilização da microbiota ocorre nos demais, esta pode ser uma possível causa de haver um controle efetivo com o uso de seletores biológicos para estas duas espécies de microrganismos filamentosos causadores do bulking.

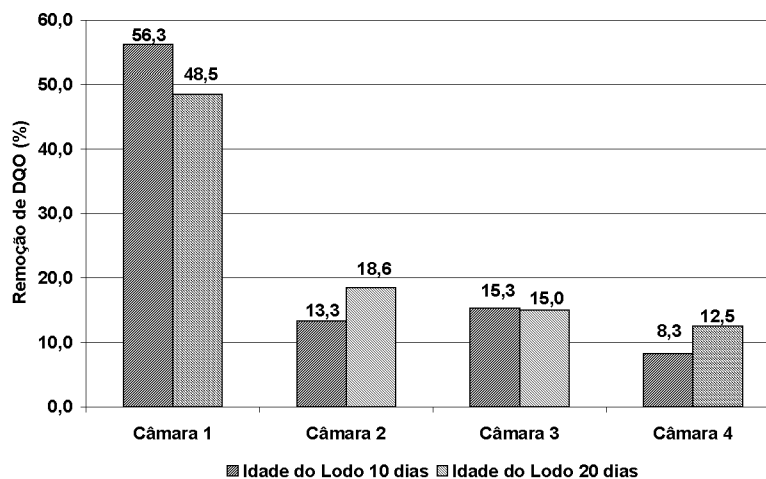


Figura 5. Remoção de DQO ao longo do seletor 2 (fluxo em pistão) com idade do lodo de 10 e 20 dias.

3.6 Remoção de Ácido Graxos Voláteis (AGV)

As remoções de ácidos orgânicos voláteis nos diferentes sistemas tiveram um comportamento conforme apresentado na Figura 6. Uma concentração de ácidos orgânicos da ordem de 804 mg/L é considerada elevada para um tratamento biológico por lodos ativados convencional. Os ácidos orgânicos são originados da própria máquina de papel. GELLER e GÖTTSCHING 1982 e GUDLAUSKI 1996 realizaram trabalhos onde foi medido a concentração de ácidos orgânicos gerados com o fechamento de circuito em máquina de papel. Vale lembrar que estes trabalhos de monitoramento de produção de ácidos orgânicos no processo de fabricação de papel foram realizados a fim de identificar a causa de determinados problemas na fabricação do papel como quebras, lavagens ou boil-out das deposições na máquina, purga das fibras ou aditivos devido a degradação destes, aumento da corrosão devido ao aumento dos ácidos. Estes valores de ácidos orgânicos são incrementados quando há o fechamento de circuito do sistema de água branca no processo de fabricação do papel, o que tem sido grandemente realizado pelas fábricas como forma de minimizar o consumo de água e a produção de efluentes. Além da formação de AGV na máquina, constata-se a formação também no decantador primário, que possui um tempo de residência de aproximadamente 6,3 horas SOUSA, 2001. O tempo de detenção hidráulico recomendado para uma vazão média em um decantador primário, deve ser inferior a 6 horas e para a vazão máxima, superior a 1 horas (SPERLING, 1996).

Houveram grandes reduções dos ácidos orgânicos em todos os sistemas realizados, sempre próximos de 90%. Pode-se afirmar que não houve diferenças significativas nas remoções destes ácidos nos diferentes tipos tratamentos realizados neste estudo.

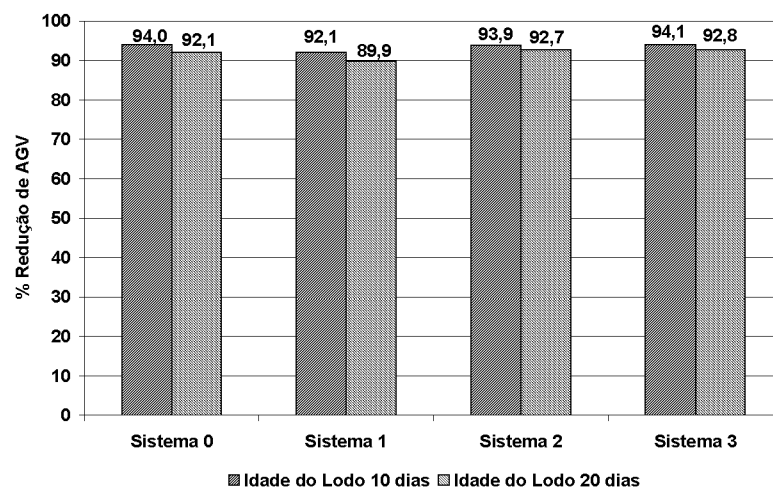


Figura 6. Remoção de AGV nos quatro sistemas de tratamento com idade do lodo de 10 e 20 dias.

O resultado da remoção dos AGV nos três diferentes seletores é apresentado no gráfico da Figura 7. Nessa Figura pode-se verificar as diferenças de remoção de AGV nos diferentes seletores, novamente o seletor 2 com quatro câmaras seletores obteve a maior remoção de AGV comparados com os demais seletores. Para a idade de lodo de 10 dias não houve diferenças significativas nas percentagens de remoção dos AGV entre os seletores. No entanto, para a idade de lodo de 20 dias, a diferença na percentagem de remoção dos AGV foi bem mais pronunciada principalmente no primeiro com o segundo seletor, sendo que a diferença de remoção de AGV entre o segundo e terceiro seletores foi bem pequena. Essa maior remoção de AGV no seletor 2 pode estar propiciando um maior controle da proliferação das bactérias filamentosas uma vez que estas utilizam dos AGV como fonte de energia para manutenção celular. RICHARD e MARSHALL, 1999 testou alguns tipos diferentes de seletores biológicos e cita que eles podem controlar o crescimento de microrganismos filamentosos em sistemas de lodos ativados que utilizam AGV como fonte de energia, desde que estas concentrações não sejam elevadas.

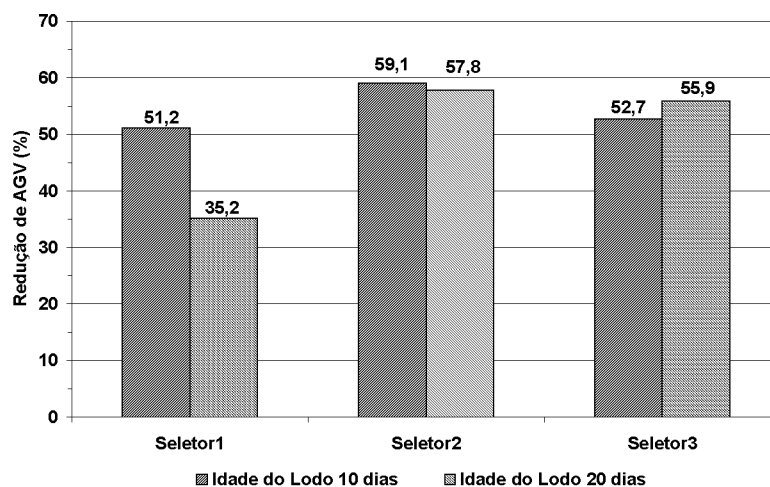


Figura 7. Remoção de AGV nos seletores biológicos com idade do lodo de 10 e 20 dias.

3.7 Taxa de Alimento/Microrganismos (A/M)

A taxa de A/M nos reatores biológicos é apresentada na Figura 8. A taxa A/M é um dos parâmetros de controle de uma estação de tratamento biológico. A faixa ideal situa-se entre 0,3 e 0,8 Kg DBO/Kg SSV no tanque para se garantir um crescimento balanceado entre os microrganismos formadores de flocos e os microrganismos filamentosos, proporcionando assim a formação de flocos fortes e pesados. Segundo CETESB 1998, quando há uma alta concentração de alimento no meio (elevado A/M) as bactérias tendem a não aglutinar produzindo um efluente de baixa qualidade. Por outro lado, quando há uma baixa disponibilidade de alimento no meio, as bactérias filamentosas tendem a sobressair em relação as formadoras de flocos uma vez que estas apresentam uma maior área para absorção dos alimentos.

De acordo com o Figura 5 observa-se uma diferença significativa nas taxas de A/M do primeiro reator para os demais, sendo que o Reator 0 apresentou os maiores valores de A/M. Evidentemente, os valores A/M nos reatores 1, 2, e 3 são bastantes baixos, devido a presença dos

seletores biológicos, que conforme apresentado anteriormente, são capazes de reduzir a DQO significativamente nas câmaras seletoras.

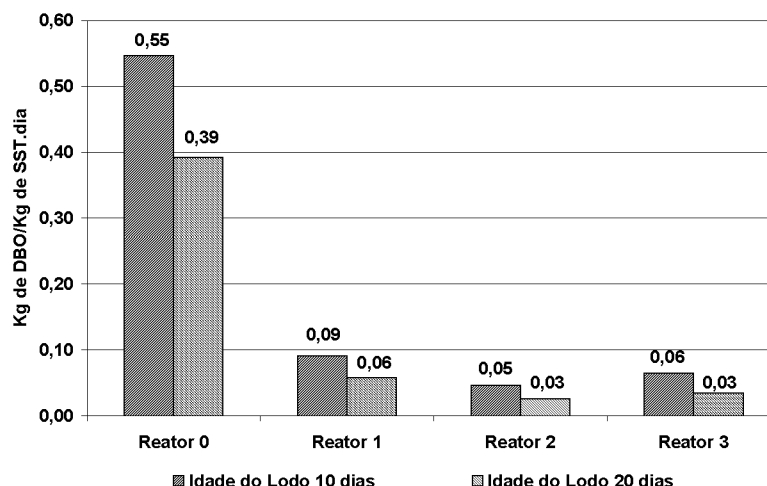


Figura 8. Taxa A/M nos reatores biológicos com idade do lodo de 10 e 20 dias.

A taxa de A/M no seletor 2 teve o seguinte comportamento apresentado na Figura 9. Como uma maior relação A/M beneficia a proliferação das bactérias formadoras de flocos, estas são grandemente beneficiada pelo tempo de contato com o efluente na câmara 1, onde há a maior relação A/M.

JENKINS 1993 cita que o curto período de tempo de retenção no seletor não é suficiente para propiciar o crescimento das bactérias, tanto formadora de flocos quanto as filamentosas. No entanto, aquelas que têm a maior capacidade de absorver e armazenar o substrato, são beneficiadas com os seletores, uma vez que o crescimento se dá no reator biológico e somente aquelas que armazenaram o substrato no seletor biológico seriam capazes de crescer e desenvolver, sendo esse um dos princípios de funcionamento do sistema seletor-reator no controle das bactérias filamentosas.

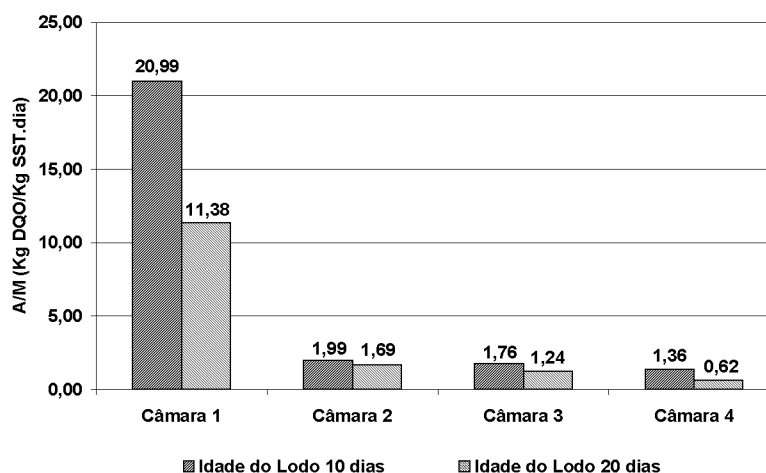


Figura 9. Comportamento da taxa F/M no seletor 2 com idade do lodo de 10 e 20 dias.

3.8 Índice Volumétrico do Lodo (IVL)

Os valores do índice volumétrico do lodo estão apresentados na Figura 10. SPERLING, 1996 classifica os valores de IVL em faixas compreendidas da seguinte forma: valores de IVL entre 50 e 100 g/L são bons, valores entre 100 e 200 são médios, valores entre 200 e 300 g/L são ruins e valores acima de 300 g/L são péssimos para uma estação de tratamento biológico. Apesar de não observar valores na faixa dos 50 e 100 g/L considerados bons, pode-se observar que o melhor tratamento para obter um menor IVL foi o que utilizou o seletor biológico com quatro câmaras em fluxo em pistão seguidos do seletor com tempo de residência total de 180 minutos porém com mistura completa. Um fato relevante neste estudo foi o do seletor com uma única câmara seletora com um tempo de residência de 45 minutos que apesar de remover os ácidos DQO, AGV e ter uma alta relação A/M não foi efetivo para o controle das bactérias filamentosas e redução do IVL sendo que durante a condução do experimento apresentou os piores resultados quando comparado com o sistema 1 que não tinha seletor.

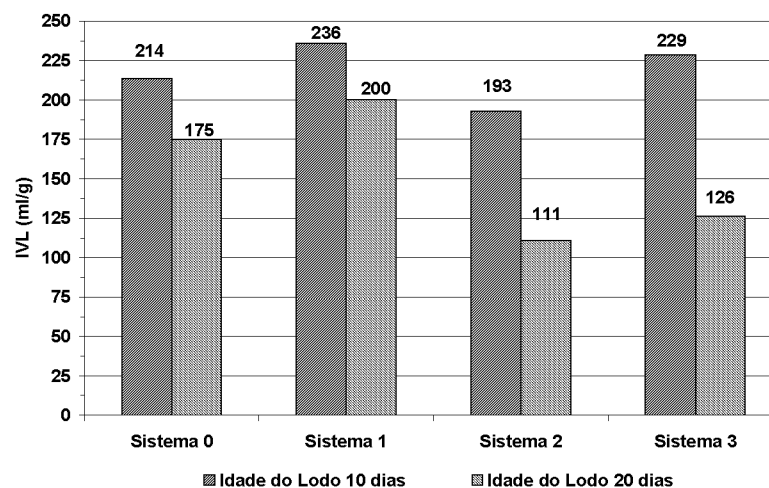


Figura 10. Índice Volumétrico do Lodo nos quatro sistemas com idade do lodo de 10 e 20 dias.

3.9 Concentração de Sólidos Suspensos Totais (SST) no efluente final

A concentração de sólidos suspensos totais no efluente tratado está apresentado na Figura 11. Nessa Figura pode-se visualizar uma diferença marcante entre os sistemas 1 e 2 com o sistema 3 e 4. Os SISTEMAS 0 e 1 durante todo o tratamento apresentaram uma maior perda de sólidos no efluente final. Mesmo que não haja diferenças significativas entre os tratamentos para os valores de IVL, a perda de sólidos nos SISTEMAS 2 e 3 foram bastantes inferiores comparadas com os sistemas 1 e 2. Essa menor perda de lodo produz um efluente de melhor qualidade com menor turbidez e com menores valores de DQO conseqüentemente uma maior redução de DQO e DBO.

Comparando o SISTEMA 2 e 3 observa-se uma menor perda de lodo para o SISTEMA 2 que operava com um seletor tipo fluxo em pistão e o SISTEMA 3 operava com um seletor de mistura completa.

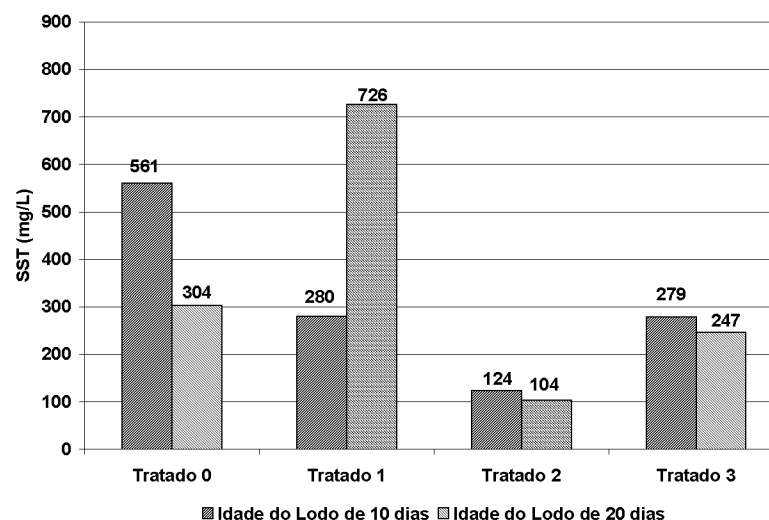


Figura 11. Concentrações de sólidos suspensos totais no efluente tratado, com idade do lodo de 10 e 20 dias.

4. CONCLUSÕES

- Os principais microrganismos filamentosos encontrados relacionados com o intumescimento do lodo foram *Sphaerotilus natans* e TIPO 021N e entre outros formadores de flocos *Zooglea ramigera* nos seletores biológicos;
- De acordo com os estudos efetuados e os resultados encontrados pode-se dizer que o SISTEMA 2 (quatro câmaras seletoras em série) foi mais eficiente para controlar as concentrações de bactérias filamentosas e reduzir o IVL, seguido do SISTEMA 3 (uma câmara seletora mistura completa);
- O SISTEMA 2 teve uma melhor eficiência para a remoção de DQO do efluente;
- A perda de sólidos foi mais acentuada nos SISTEMAS 0 e 1;

- Grande parcela da DQO foi removida através dos seletores e uma grande parcela desta foi removida nos 45 minutos de tratamento;
- Uma alta concentração de AGV foi removida nos seletores, desfavorecendo a interferência destes na proliferação das bactérias filamentosas.

5. AGRADECIMENTOS

- KLABIN Papéis e Embalagens – Unidade Ponte Nova – Minas Gerais
- Universidade Federal de Viçosa – Laboratório de Celulose e Papel
- CNPq

6. BIBLIOGRAFIAS CITADAS

- APHA, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 20th. USA 1998.
- BUCHAUER, K. *A comparison of two simple titration procedures to determine volatile fatty acids in influents to wastewater and sludge treatment process*. Water S. A. V. 24 n° 1. p. 44-49 1998.
- CETESB, *Microbiologia de lodos ativados*. 47 p. São Paulo, 1999.
- GUDLAUSKI, D. G. *White water system closure means managing microbiological buildup*, Pulp and Paper, V. 70 n° 3 p. 161, 162, 165. March 1996.
- HAANDEL, A.; MARAIS, G. *O comportamento do sistema de lodo ativado – Teoria e aplicações para projetos e operação*. Universidade Federal da Paraíba. Paraíba 1999.
- JENKINS, D.; RICHARD, M. G.; DAIGGER, G. T. *Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming*. 2nd Lewis Publisher. Michigan USA 1993.
- MARSHALL, R.; MICHAEL, R. *Selectors in pulp and paper mill activated sludge operations – do they work?* In: Tappi International Environmental Conference, 1999, p.11-25.
- METCALF & EDDY *Wastewater engineering- Treatment, disposal, reuse* 3th Edition. McGraw-Hill. 1334 p. New York 1991.
- RICHARD, M. *Overview of filamentous organisms and activated sludge operation* Wastewater Microbiology – Proceedings of the Conference Seminar. Water Environment Federation p. 51-59 Kansas City-Missouri. June 1988
- SAMPAIO, A. O.; VILELA, J. C. *Utilização de seletores para o controle de intumescimento filamentoso em processos de lodos ativados-programa experimental em escala real*. In: Anais do Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABEAS 1993.
- SOUSA, C. A.; SILVA, C. M.; MOURA, M. A. *Control of filamentous bulking in an activated sludge process treating old corrugated cardboard (OCC) linerboard mill effluent*. In: Anais 7TH Brazilian Symposium on the chemistry of lignins and other wood components. Ouro Minas Palace Hotel Belo Horizonte Minas Gerais. September 2-5,2001.
- SPERLING, M. V. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Lodos ativados* Universidade Federal de Minas Gerais – DESA Belo Horizonte 415 p. 1996.