



II-373 - CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO LODO ANAERÓBIO DE REATOR UASB DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DO GAMA/DF

Ricardo Augusto Ramos⁽¹⁾

Engenheiro Civil e de Segurança do Trabalho, Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília – UnB. Atua na área de Expansão de Sistemas de Esgotos da CAESB-DF.

Klaus Dieter Neder

Engenheiro Civil pela Universidade de Brasília – UnB, com especialização em Engenharia Sanitária na Universidade de Aachen. Atua como Assessor da Presidência da CAESB-DF.

Yovanka Pérez Ginoris

Engenheira Química pelo Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarria (1995), Mestre em Biotecnologia Industrial pela Faculdade de Engenharia Química de Lorena (2001) e Doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2006). Atualmente é professora adjunta da Universidade de Brasília – UnB.

Marco Antonio Almeida de Souza

Engenheiro Químico pela UFPR. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. PhD pela Universidade de Birmingham, Inglaterra. Professor e Pesquisador Colaborador Sênior junto ao PTARH – Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília – UnB.

Endereço⁽¹⁾: SHES Quadra 601 Bloco B Apartamento 205 – Cruzeiro Novo – Brasília - DF - CEP: 70655-612 - Brasil - Tel: (61) 9555-6535 - e-mail: ricardoaugustoramos@hotmail.com

RESUMO

São analisadas as imagens dos flocos constituintes de lodo anaeróbio proveniente de um reator UASB operado sem descarte de lodo, tratando esgotos tipicamente domésticos no Distrito Federal. Com o objetivo de se avaliar as morfologias dos flocos do lodo anaeróbio de um reator UASB da estação de tratamento de esgotos do Gama/DF, foi estabelecida uma metodologia para a retirada de amostras de lodo do reator. A caracterização morfológica realizada com o emprego da técnica de análise digital de imagens buscou avaliar o comportamento do lodo do reator UASB, quando o mesmo não é submetido a descartes periódicos de lodo. De acordo com os resultados encontrados e avaliando a bibliografia consultada, verificou-se que as imagens analisadas apresentam morfologias típicas de agregados microbianos anaeróbios. Recomenda-se estender as observações das características morfológicas para lodos de outros reatores UASB das estações de tratamento de esgotos do DF. A determinação das morfologias dos flocos poderá auxiliar o monitoramento dos lodos nos reatores, possibilitando uma operação mais eficiente dessas unidades.

PALAVRAS-CHAVE: lodo anaeróbio, UASB, flocos, morfologia.

INTRODUÇÃO

Os índices de atendimento por sistemas de saneamento no Brasil ainda são insuficientes. Estatísticas elaboradas por órgãos federais revelam que uma parcela significativa da população brasileira não dispõe de água tratada nas residências e grande parte da população não é contemplada com coleta e destinação adequada dos esgotos produzidos (IBGE, 2000). O diagnóstico dos serviços de água e esgotos no ano de 2006 indica apenas 48,3 % de cobertura com atendimento urbano por coleta de esgotos e 32,2 % de tratamento dos esgotos gerados (SNIS, 2006).

O tratamento anaeróbio de esgotos sanitários se mostra como uma possibilidade de reverter tal situação, ao passo que pode ser facilmente aplicado às condições climáticas e econômicas do Brasil. O tratamento anaeróbio apresenta vantagens como reduzidos custos de implantação e uma operação simplificada, fatores que até então tornavam proibitiva a expansão das unidades de tratamento de esgotos.

A CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - tem concebido e implantado estações de tratamento de esgotos cuja configuração prevê o emprego de reatores anaeróbios de fluxo ascendente e

manta de lodo desde o fim dos anos 1990. Essas estações já atendem mais de um milhão de habitantes no Distrito Federal (POE/CAESB, 2005).

Apesar de ser considerada uma solução adequada ao tratamento de esgotos no Distrito Federal, a sua utilização ainda prescinde de uma melhor avaliação de desempenho dessas unidades quando operadas em escala real. Não está se tratando apenas de indicadores de qualidade dos efluentes, mas também de um aspecto de grande importância para o desempenho operacional dos reatores anaeróbios: o manejo dos lodos. Há questões ainda não completamente equacionadas no tocante à frequência e volume dos lodos descartados, além da formação da espuma superficial nos reatores.

Campos (1999) revela que um aspecto operacional importante em sistemas com lodo em suspensão, como o reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo, é a descarga de lodo de excesso. Por meio desse procedimento, procura-se minimizar a descarga de lodo junto com o efluente, uma vez que tal descarga aumenta a concentração de poluentes do efluente. Essas são importantes estratégias de controle operacional, cujas influências no desempenho global da unidade e de toda a efetividade do tratamento dos esgotos pretende-se avaliar.

Por outro lado, aspectos como a produção, caracterização e destinação adequadas dos lodos produzidos nas diversas etapas de tratamento ainda não foram suficientemente solucionadas, gerando demandas crescentes de regulação para o seu aproveitamento e manejo adequados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Na estação de tratamento de esgotos do Gama, os reatores UASB são constituídos por tanques de formato tronco-piramidal, escavados e moldados no próprio terreno a 45°, revestidos por camada de concreto reforçada em tela de polietileno, apresentando, como principal característica, baixos custos de implantação.

Os tanques apresentam zonas de decantação e de coleta de gases definidos por painéis em telhas de alumínio, conforme é mostrado na Figura 1. A vazão afluyente é repartida junto ao fundo do reator por meio de tubos de PVC perfurados progressivamente. A coleta de efluente dos tanques se dá por meio de tubos de PVC dispostos em posição afogada no tanque, perfurados progressivamente para melhor regularização da vazão coletada ao longo do tanque, levando à caixa de coleta.

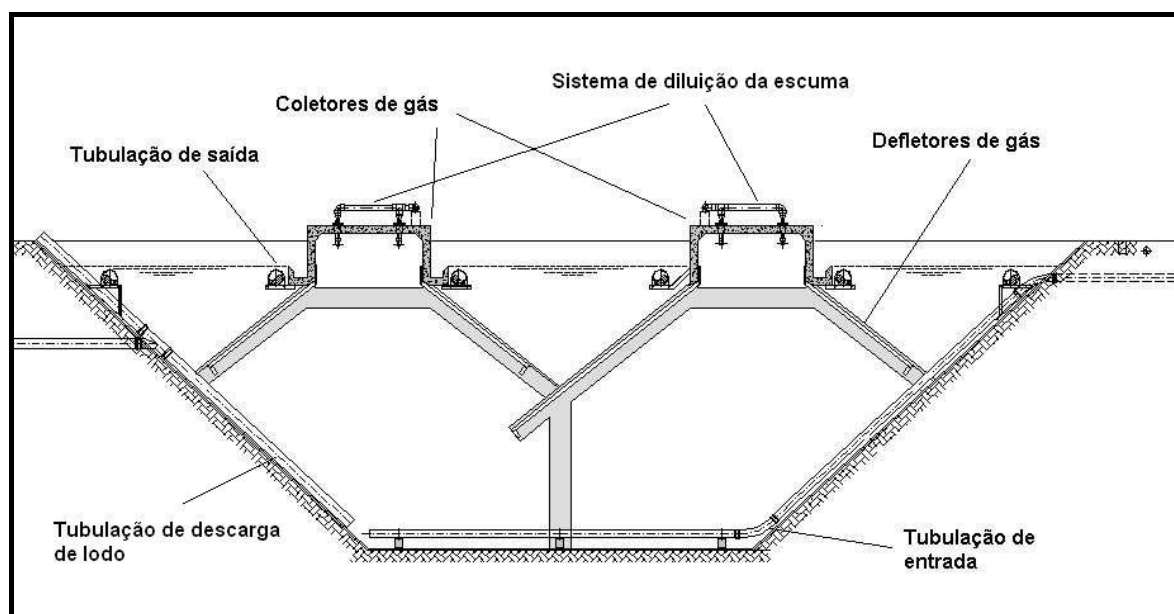


Figura 1 – Corte: Reator anaeróbio de fluxo ascendente da ETE Gama.

Quando há descarte de lodo nos reatores anaeróbios, esse é realizado por meio de tubulações instaladas em pontos localizados a 50 cm do fundo do reator e, eventualmente no interior da câmara de coleta de gás e na superfície dos decantadores, por meio de sistemas de diluição e retirada de espuma.



As características construtivas dos reatores UASB no Distrito Federal revelam inadequação para o acompanhamento do crescimento da manta de lodo. A ausência de elementos para amostragem a diversas profundidades da zona de digestão dificulta a correta caracterização da biomassa e uma melhor definição da rotina de descartes (Ramos, 2008).

Verificou-se que os reatores UASB da ETE Gama também não possuem dispositivos que permitam fazer a retirada de amostras para a caracterização do lodo em diversas profundidades da manta de lodo. A estrutura de concreto existente para a coleta de gases em conjunto ao separador de fases também dificulta a retirada de amostras de lodo do interior do reator.

Observando as características de um amostrador do tipo para amostragem de gases dissolvidos, foi construído especialmente para a pesquisa o amostrador, mostrado na Figura 2, que possibilitou a extração das amostras do lodo do fundo do reator (manta de lodo).

O amostrador de manta de lodos foi confeccionado com tubos e conexões de PVC reforçado de 100 mm de diâmetro, materiais de fácil aquisição e manipulação.



Figura 2 – Fotografia do amostrador de manta de lodos.

Para a análise das imagens de caracterização morfológica dos flocos constituintes do lodo anaeróbio proveniente do reator UASB operado sem descarte de lodo, foi realizada a técnica de análise digital de imagens.

Para efetuar a aquisição das imagens digitais dos flocos, uma amostra de 1 mL do lodo foi depositada cuidadosamente em uma lâmina de Segdwick-Rafter com o auxílio de uma pipeta e em seguida coberta com uma lamínula.

As imagens digitais foram obtidas em um módulo de aquisição composto por um microscópio óptico Leica (DM LB2) acoplado a uma câmera de vídeo Leica (DFC 280), mostrados na Figura 3.

Foram selecionadas oitenta imagens digitais com dimensões de 1280 x 1024 pixels em escala de cinza (256 níveis de cinza) empregando um aumento total de 50 X e fazendo uso do software comercial Leica. Após a captura, as imagens foram salvas em formato JPEG.

Posteriormente, as imagens digitais dos flocos foram tratadas com auxílio do software comercial Leica Qwin Pro versão 3.2.0 (Leica Microsystem Image Solution, 2003), a fim de estimar vários descritores da geometria euclidiana tais como Diâmetro Equivalente, Circularidade, Convexidade, Razão de Aspecto.



Figura 3 – Sistema de aquisição de imagens para realização de microscopia das morfologias presentes no lodo anaeróbio do reator UASB.

Os parâmetros de estudos morfológicos que foram estudados na pesquisa encontram-se resumidamente descritos a seguir:

- Diâmetro equivalente: calculado por meio da área projetada do objeto pela seguinte equação:

$$Deq = 2x \sqrt{\left(\frac{\text{área}}{\pi}\right)} \quad \text{equação (1)}$$

- Convexidade: define-se por ser a relação entre o perímetro convexo de um objeto e o seu próprio perímetro; objetos regulares apresentam valores em torno de 1, já os objetos irregulares a convexidade é menor que 1.
- Circularidade: é um fator adimensional que descreve a circularidade do objeto; quanto mais próximo de 1, mais circular é o objeto.
- Razão de espectro: é uma relação sensível a extensão do objeto; objetos mais alongados apresentam maior valor deste parâmetro; a razão de aspecto é determinada a partir da relação entre o comprimento e a largura do objeto.

RESULTADOS

Optou-se inicialmente por se determinar as características morfológicas do lodo anaeróbio apenas de um reator UASB da ETE Gama operado sem descarte intencional de lodo. A rotina de freqüentes descartes de lodo, empregada nos reatores operados pela CAESB, inviabilizaria a retirada de uma amostra de lodo do reator que tivesse alguma representatividade, em face da retirada semanal de parte da biomassa do reator.

Após 20 dias da interrupção do descarte de lodo, foi extraída uma amostra do lodo às 10:00 horas do dia 12/02/2008, na camada localizada a 1,56 m do fundo do referido reator.

A Figura 3 apresenta a distribuição de freqüência relativa referente ao tamanho dos flocos do lodo do reator UASB operado sem descarte de lodo. Ainda de acordo com a Figura 4, 53,3% dos flocos incluídos na análise apresentaram dimensões estimadas menores que 100 µm de Diâmetro equivalente (Deq), enquanto que apenas 1% apresentou dimensões maiores ou iguais a 500 µm.

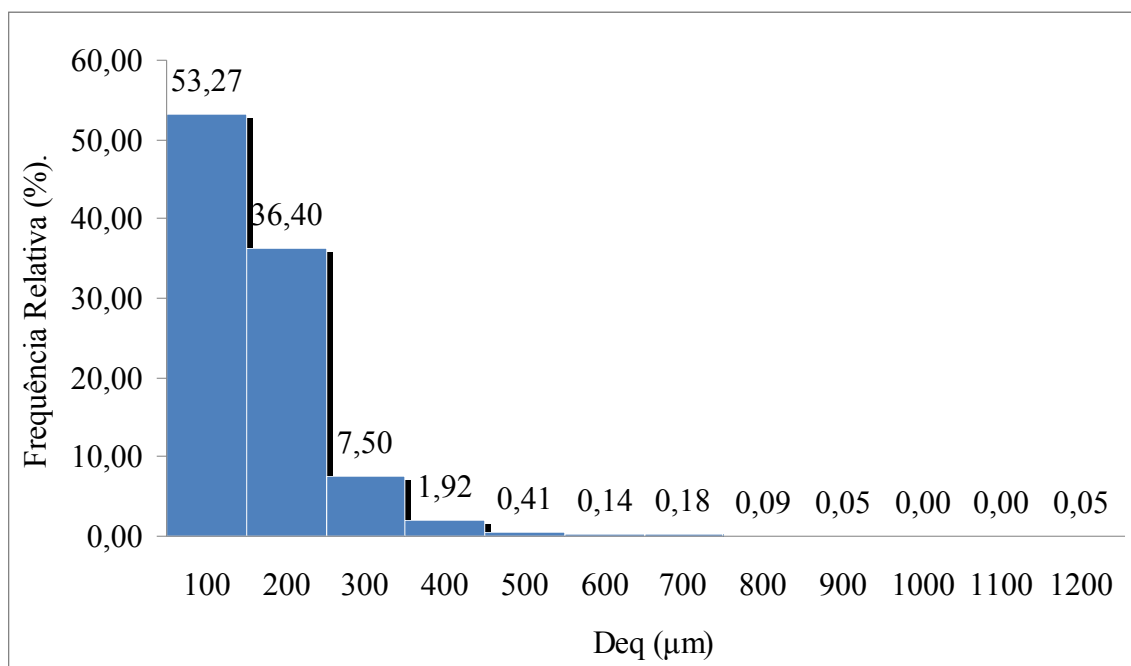


Figura 4 – Histograma de distribuição de frequência do Deq (μm) do lodo do reator UASB operado sem descarte de lodo.

A análise digital de imagens permitiu ainda avaliar a morfologia dos agregados microbianos, pela estimação dos parâmetros de circularidade, convexidade e razão de aspecto. A Figura 5 apresenta uma representação esquemática de um agregado microbiano anaeróbio e filamentos (Araya-Kroff *et al.*, 2004).

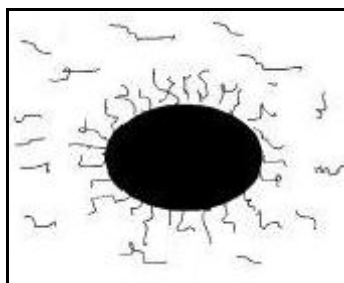


Figura 5 – Representação esquemática de um agregado microbiano anaeróbio e filamentos, adaptado de Araya-Kroff *et al.*, 2004.

A Tabela 1 apresenta os parâmetros morfológicos da amostra do lodo retirada do reator UASB sem descarte de lodo.

A referida Tabela mostra que o Deq do lodo variou de 58,87 – 1139,75 μm, com valor médio de 120,20 μm. Segundo os valores da circularidade encontrados, pode se verificar que os flocos têm uma tendência a circularidade, conforme mostra também a Figura 6. Esta tendência pode ser confirmada por meio dos valores de convexidade os quais oscilaram entre 0,25 – 0,97 com valor médio de 0,72, o que sugere a ocorrência de flocos altamente convexos, sugerindo que os agregados microbianos apresentam morfologia tendendo a granular.

Ainda, os valores da razão de aspecto, no intervalo de 1,05 – 5,89 indicam que os flocos apresentaram uma morfologia predominantemente circular.



Tabela 1 - Caracterização morfológica do lodo do reator UASB, sem descarte de lodo.

Valores	Circularidade	Convexidade	Razão de aspecto	Deq. (µm)
N	2187	2187	2187	2187
Média	3,64	0,72	1,59	120,20
Desvio Padrão	2,71	0,12	0,37	75,91
Máximo	41,93	0,97	5,89	1.139,75
Mínimo	1,10	0,25	1,05	58,87

Nota: N – Número de flocos avaliados.

Amaral (2003), operando um reator UASB em escala piloto submetido a cargas orgânicas e tempos de retenção hidráulica crescentes, observou a evolução da biomassa em relação a alguns parâmetros morfológicos. Verificou que havia um incremento no número de agregados com diâmetro equivalente entre 0,1 e 1 mm, à medida que o tempo de experimento avançava. Observou que o mesmo acontecia para os agregados com diâmetro equivalente superior a 1 mm. Não houve praticamente variação na faixa entre 0,01 e 1 mm ou inferior a 0,01 mm ao longo do experimento. Os agregados com diâmetro equivalente inferior a 0,1 mm representaram 94 % do total dos agregados ao término do experimento, sendo que os agregados com diâmetro equivalente superior a 0,1 mm atingiram o valor máximo de 6% do total.

No caso do reator UASB da ETE Gama, operado sem descarte programado de lodo, 53,3% dos flocos apresentaram dimensões estimadas menores que 0,1 mm, e 46,7% apresentaram dimensões maiores ou iguais a 0,1 mm.

Analisando a Figura 6, verifica-se que mais de 83% dos flocos apresentam circularidade entre 0 e 5.

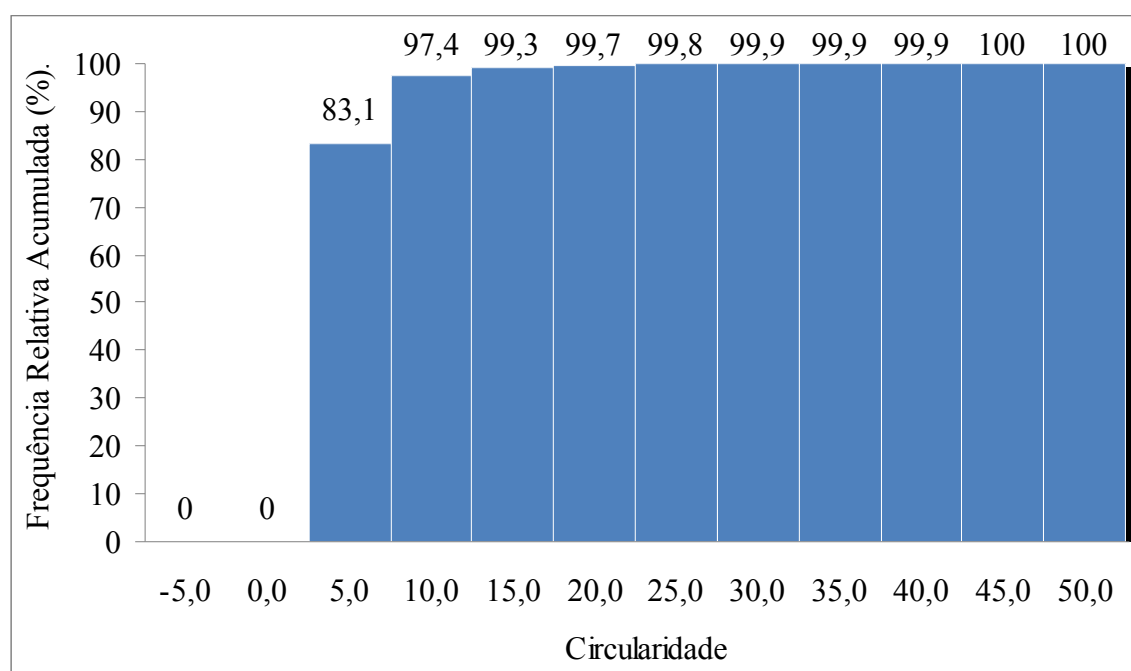


Figura 6 – Histograma de distribuição de frequência relativa acumulada da circularidade dos flocos do lodo do reator UASB operado sem descarte programado de lodo.

Observando a Figura 7, verifica-se que apenas 16% dos flocos da amostra analisada apresentaram convexidade inferior a 0,6. Os valores médios de convexidade e circularidade próximos da unidade sugerem que a morfologia da amostra analisada apresenta características próprias de agregados microbianos anaeróbios (Araya-Kroff *et al.*, 2004).

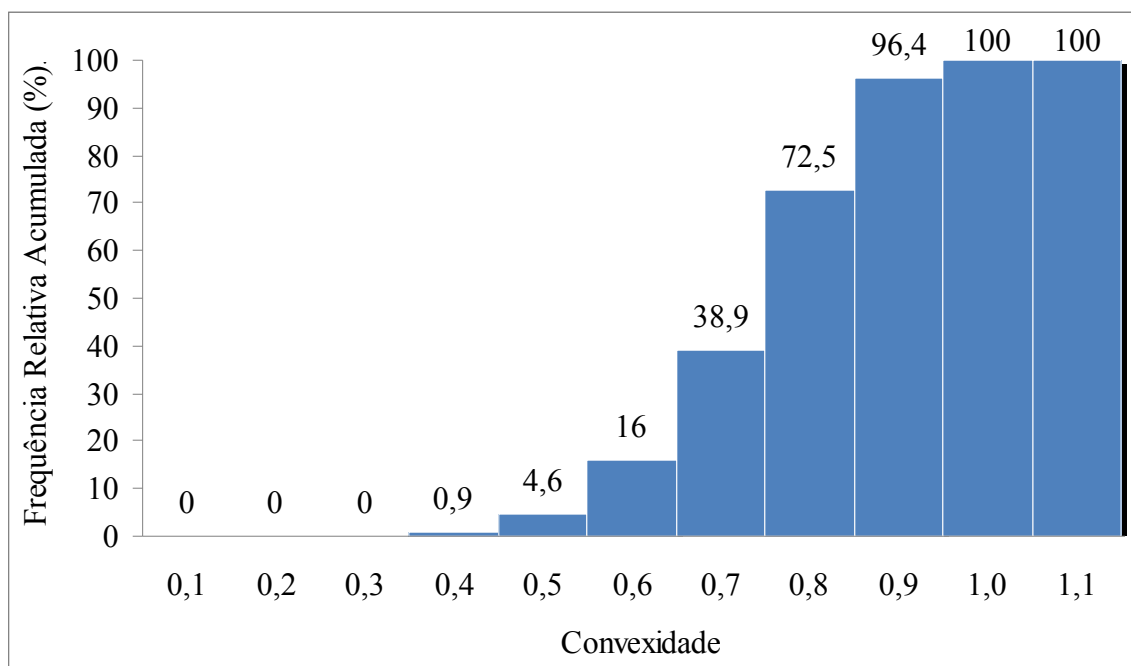


Figura 7 – Histograma de distribuição de frequência relativa acumulada da convexidade dos flocos do lodo do reator UASB operado sem descarte programado de lodo.

Em seu experimento, Amaral (2003) verificou ainda que a convexidade dos agregados microbianos com diâmetro equivalente entre 0,01 e 0,1 mm apresentou valores próximos a 0,8.

No reator UASB da ETE Gama, mais da metade dos agregados apresentava diâmetro equivalente inferior a 0,1 mm, e valor médio de convexidade igual a 0,72. A partir da análise morfológica dos flocos, pode-se inferir que os mesmos apresentaram uma morfologia típica de agregados microbianos anaeróbios, conforme ilustrado nas Figuras 8 e 9.

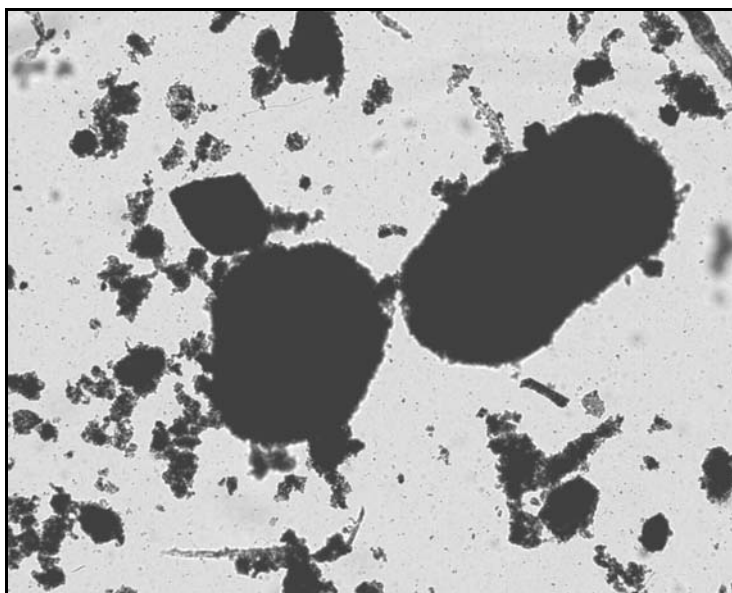


Figura 8 – Imagem de flocos do lodo do reator UASB operado sem descarte de lodo (50x).

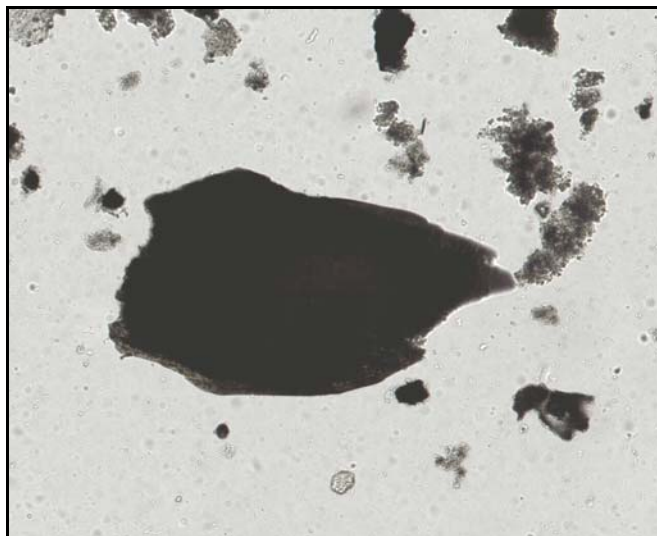


Figura 9 – Imagem de flocos do lodo do reator UASB operado sem descarte de lodo (50x).

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados encontrados e observando os dados relativos à bibliografia consultada, verifica-se que as imagens analisadas apresentam morfologias típicas de agregados microbianos anaeróbios.

Os equipamentos utilizados para a retirada de amostras de lodo, captura e tratamento de imagens revelaram-se adequados à metodologia proposta, mostrando viabilidade de aplicação em maior escala nas demais unidades operacionais do sistema de esgotamento sanitário do Distrito Federal.

Recomenda-se estender as observações das características morfológicas para lodos de outros reatores UASB das estações de tratamento de esgotos do DF. A determinação das morfologias dos flocos poderá auxiliar o monitoramento dos lodos nos reatores, possibilitando uma operação mais eficiente dessas unidades.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB-DF), e foi realizado sob os auspícios do convênio entre a Universidade de Brasília, via o seu Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, e a CAESB. Agradecemos a Fundação de Apoio à Pesquisa do DF – FAPDF pelo apoio na participação do evento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMARAL, A. L. P. (2003). Image analysis in biotechnological processes: applications to wastewater treatment. Dissertation for PhD degree in chemical and biological engineering at the University of Minho. Escola de Engenharia. Departamento de Engenharia Biológica, 240p.
2. ARAYA-KROFF, P., AMARAL, A. L., NEVES, L., FERREIRA E. C., PONS, M.-N., MOTA, M., ALVES, M. M. (2003). "Development of image analysis techniques as a tool to detect and quantify morphological changes in anaerobic sludges: I. Application to a granulation process. *Biotechnology and Bioengineering*, 87(2), 184-193.
3. POE/CAESB (2005). SIESG – Sistema de esgotamento sanitário. CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, Brasília, Brasil.
4. RAMOS, R. A. (2008). Avaliação da influência da operação de descarte de lodo no desempenho dos reatores UASB em estações de tratamento de esgotos no Distrito Federal. Dissertação de mestrado, Publicação PTARH.DM-117/2008, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília/DF, Brasil, 133p.



5. SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (2006). Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2005. Parte I: Texto – Visão Geral da prestação de serviços. Ministério das Cidades/SNSA/PMSS.