**Hidrodinâmica comportamental em Reatores UASB; Uma nova abordagem de arquitetura interna**

DE OLIVEIRA, Glauco Fernandes De Oliveira Nunes1

1  Mestrando do curso de engenharia , Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte ,Brasil. glaucofon@gmail.com

**Resumo**

Este artigo cientifico sobre Reator UASB, apresentado possui inovadora arquitetura interna para tratamento de efluentes. Os ensaios hidrodinâmicos e a analise dos parâmetros físico-químico foram realizados com protótipo do reator UASB circular, apresentando inovação interna, em relação aos seus separadores de fase, e tenderá a uma melhor eficiência na remoção de sólidos. Devido aos aproveitamentos de área quanto as aberturas de passagem da câmara de decantação, para que seja obtido menores velocidades de passagem. Foram previstas três aberturas numeradas de 1 a 3 para câmaras de decantação, a baixo analisados. Sendo determinadas as velocidades de fluxo do lado interno das câmaras de decantação ,usou-se um traçador tipo salino, na primeira etapa, além de sondas de condutividade, ambas com distancia conhecida Tendo Velocidade Progressiva Media (VPM), e Velocidade de Entrada na Decantação (VED). Já na etapa II, os ensaios de estímulo-resposta, foram feitos, com a partida do reator e alcançado as curvas de distribuição do tempo de residência (DTR), a partir deste ponto e de a forma obter o que caracteriza-se como um sistema de fluxo disperso. Durante os cem dias iniciais,desta etapa, executou-se analises físico-químicas do reator, com resultados médios de eficiência incluído o tempo de estabilidade.

**Palavras-Chave:** Ambiente, Sustentabilidade, Reatores UASB, Inovação água, Planejamento

**Abstract**

This scientific article on UASB reactor presented features innovative internal architecture for wastewater treatment. Hydrodynamic testing and analysis of physical-chemical parameters were performed with prototype circular UASB, with proposed new internal architecture, in relation to its phase separators, and will tend to better efficiency in the removal of solids. Because the area of ​​utilizations as the passage openings of the decantation chamber, is obtained lower speeds passage. They were provided three openings numbered 1-3 for decanting chambers, the low analyzed. Since certain of the inner side flow velocities of the decanting chambers used if a salt-type marker, in the first step, and conductivity probes, both known distance having speed Progressive Media (VPM) and input speed in Decantation (VED). In the phase II, stimulus-response assays were made with the departure of the reactor and reached the residence time distribution curves (DTR), from this point and how to get what is characterized as a dispersed flow system. During the initial hundred days of this stage, it performed physicochemical analysis of the reactor, with average results of efficiency including stability time.

**Key-Words:** Environment, Sustainability, UASB Reactors, Innovation water, planning water.

1. Introdução

Devido a gestão errônea de esgotos sanitários, encontrados no Brasil, e a situação sanitária evidenciada pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2000), publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2002. Obteve-se como resultado o seguinte; dos 5.507 municípios brasileiros, apenas 2.875 (52,2%) estavam servidos por algum serviço de esgotamento sanitário e somente 1.112 (20,2%) municípios efetuavam algum tipo de tratamento do esgoto. Esta parcela de esgoto é tratada por estações de tratamento centralizadas, das quais uma parcela e tratamento mais usados são os biológicos aeróbios que acontecem com a presença de oxigênio livre. Porém, a tecnologia usada nestes sistemas é sofisticada e a operação precisa de equipamentos que consomem grande quantidade de energia, além de gerar grande volume de lodo não estabilizado. Ante ao supracitado existe o desafio de repensar o saneamento básico de forma sócio-economicamente viável, pois a engenharia tem a premissa de projetar sistemas de tratamento de esgotos funcionalmente simples, com tecnologia voltada ao ambiente nacional, no qual além da eficiência, uma baixa relação custo/benefício, atendendo a um número maior de comunidades com os recursos financeiros cada vez menor. Ao contraio do início dos anos 80, os sistemas anaeróbios de tratamento de esgotos passaram a ocupar uma posição de destaque, por fatores que não agridem o Ambiente, melhor Sustentabilidade,abrindo portas para Inovação no setor de água, e sendo agradável ao gestor publico devido ao fácil Planejamento .principalmente no Brasil, em função das favoráveis condições ambientais de temperatura (CHERNICHARO, 2007).

A boa cotação dos processos anaeróbios são devidos a unidades de tratamento biológico de esgoto depuram aproximadamente 70% material orgânico nessa unidade, sendo utilizado tecnologia simples e de baixo custo, com reduzido consumo de energia, sem necessidade da adição de produtos químicos, com ínfima produção de lodo estabilizado.

No Brasil, o tratamento anaeróbio difundido em vários estados, é do tipo UASB (do inglês, Upflow Anaerobic Sludge Blanket), reatores anaeróbicos de fluxo ascendente e manta de lodo. O sistema possui inumeras vantagens comparando-o aos processos aeróbios convencionais, notadamente quando aplicado em locais de clima quente, como é o caso de cidades mais ao norte do estado de Minas Gerais, como a Cidade de Montalvania, e demais estados do norte e nordeste do Brasil.

|  |
| --- |
|  |
| Montalvânia está localizada no extremo norte de Minas Gerais. Distante 775 Km de Belo Horizonte; 346 Km de Montes Claros; 748 Km de Brasília; 1.210 Km do Rio de Janeiro e 15 Km do estado da Bahia. |

Fonte: http://www.montalvania.com.br/

Neste passo será destrinchado os entendimentos dos aspectos hidrodinâmicos dos reatores utilizados, afim de entendermos a otimização da geometria dos reatores biológicos.Observa-se que ainda não existe uma configuração interna mais eficiente de reatores UASB. Atualmente, nos projetos de reatores circulares em operação, são comuns o uso da configuração clássica com câmara de gás no centro do reator e o uso de separadores de três fases (trifásicos) , para determinar a câmara de decantação. Os reatores de maiores diâmetros, em relação ao ângulo de inclinação do separador trifásico do topo, que interfere no volume útil da câmara de decantação; perda de volume útil da câmara digestora, devido ao defletor de biogás; apresenta pequena abertura de passagem para o decantador e excessiva área de contato na câmara de gás, aumentando assim risco de corrosão. Existem ainda detalhes, como os de corrosão, a serem resolvidos, No caso dos reatores de maiores diâmetros, em relação ao ângulo de inclinação do separador trifásico do topo, os mesmos ainda interferem no volume útil da câmara de decantação; havendo perda de volume útil da câmara biodigestora, devido ao defletor de biogás; apresentar pequena abertura de passagem para o decantador e grande área de contato na câmara de gás. Devido as limitações supracitadas e do custo de manutenção preditiva dos reatores UASB convencionais, foi projetada uma nova arquitetura interna de reatores UASB, que apresenta, principalmente, na evolução da forma, quantidade e posicionamento dos separadores de três fases que encaminham os gases gerados na câmara de digestão para a câmara de gás. Esta inovação permite o encaminhamento dos gases para a lateral do reator e determinam a localização da câmara de decantação no centro.

Possibilitando inclusive, uma redução na área de contato da câmara de gás, que estava passível de corrosão. A inovação buscou entre outras a vantagem da redução das velocidades de entrada na câmara de decantação, viabilizando o retorno do sólido em suspensão para a câmara de digestão, aumentando seu tempo retido. Com este vigor foi projetado, construído e implantado o reator UASB com a arquitetura proposta. Testes hidrodinâmicos, foram feitos e acompanhados através de análises de DQO e SST ,na partida do reator. Este artigo descreve as etapas desenvolvidas,coleta e análise de dados e conclusões.

1. Desenvolvimento
   1. Protótipo do reator UASB

Foi executado um protótipo com separador trifásico, conforme projeto com cinco metros e meio de altura e um metro e noventa de diâmetro a ele foi dado tratamento anticorrosivo e pinturas especiais. Com a entrada pela base de afluente, por meio de uma malha de diâmetro nominal de 60 milímetros. Sua saída do reator se deu por meio de uma calha coletora centrada ao reator . e interna a câmara de decantação . Relevante á sua característica interna, tem-se no primeiro separador, cônico a saída de biogás, Conduzido por meio de tubulação direcionada para câmara de captação lateral. Os três demais Separadores possuem forma de tronco de cone invertidos que defletem os gases lateralmente ao reator (ver Figura 1.2 da Introdução). Da seguinte forma :

|  |  |
| --- | --- |
| ELEMENTOS | DADOS |
| Volume do Reator | 15.000 L |
| Separadores trifásicos cônicos | 4 unidades |
| Separadores trifásicos tronco de cone invertido | 3 unidades |
| Câmara de digestão | altura de 3,0 m |
| Câmara de decantação | altura de 2,2 m |
| Borda livre superior | altura de 0,30 m |
| Abertura para a decantação | 4 unidades. |
| Dimensionamento básico do protótipo de reator UASB | |

Está apresentado na Figura 4.1, a unidade de pesquisa que foi utilizada para realização dos ensaios. Já na Figura 4.2 são apresentados desenhos com os dimensionais do reator.

|  |
| --- |
| Esquema da unidade de pesquisa |
| Reservatório de entrada, |
| Bomba submersa, |
| Medidor de vazão, |
| Registros de entrada, |
| Malha de distribuição do efluente |
| Compressor de ar, |
| Difusor de distribuição de ar |
| branco sem quadriculado.PNG |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Resumo dos parâmetros hidráulicos do protótipo | | | |
| Critério/ parâmetros | Q méd | Q máx | Q Pico |
| Vazões de projeto (L/s) | 0,50 | 0,75 | 0,90 |
| Carga hidráulica volumétrica (m3/m3 x d) | 2,8 | 4,3 | 5,1 |
| T. detenção hidráulica (h) | 8,4 | 5,6 | 4,7 |
| Velocidade superficial do fluxo (m/h) | 0,63 | 0,95 | 1,14 |
| T. de detenção hidráulica no decantador (h) | 1,42 | 0,94 | 0,79 |
| T. =tempo | | | |

* 1. Etapas de estudo

O estudo visou a investigação do comportamento hidrodinâmico da base de raciocínio do reator UASB e concomitante, acompanhamento da eficiência de remoção de matéria orgânica e sólidos. Conforme citado, houveram duas etapas detalhadas abaixo.

* + 1. Primeira etapa

Testes foram executados hidrodinâmicamente para determinação das velocidades internas da câmara de decantação, com o uso de traçador salino e sondas de condutividade. Os testes foram realizados com água filtrada, havendo ajuste intermitente da vazão em 0,5 l/s e TDH de 8,3 h. Houve simulação de entrada de biogás, com a introdução de ar por difusor localizado na base do reator.

* + 1. Segunda etapa

No intuído de acelerar os trabalhos com o sistema, o reator foi carregado com aproximadamente 50 % de seu volume com lodo anaeróbio granular proveniente do reator UASB de uma ETE, que existe nas proximidades. O protótipo passou a receber a carga de esgoto doméstico efluente do tratamento preambular, mantendo-se a vazão o mais próximo de 0,5 L/s. Esta fase foi realizada a monitoria de parâmetros de DQO e sólidos suspensos totais. Em paralelo, foram feitos ensaios hidrodinâmicos de estímulo-resposta com traçador salino.

* + 1. Primeira etapa

O estudo hidrodinâmico foi feito na primeira etapa coletando-se os dados de velocidades nas aberturas da câmara de decantação. Para isto, foram usadas as sondas de condutividade para a avaliação da velocidade a partir do uso de traçador. Nestes ensaios usou-se a solução salina (300 g/L NaCl) aplicada ao reator UASB em carga, com água filtrada. As sondas de condutividade foram locadas a uma distância definida (20 cm). Desta forma, cronometrou-se a alteração do primeiro medidor (montante), e logo em seguida o segundo (jusante), o valor medido, que a mancha de dispersão percorria do ponto de abertura. O condutivímetro (modelo WDT 400, fabricante WALCHEM); Calibrado pela Calibratec, Unidade Contagem Minas Gerais; usado armazenou os dados e em seguida, estes foram descarregados para planilha eletrônica.Os dados hidrodinâmicos mais coerentes foram obtidos instalando-se o sistema de aeração composto por compressor de ar, medidor de vazão de ar, e distribuição por meio de difusores de bolhas finas. Este implemento foi instalado no intuito de uma simulação de produção do biogás (para posterior implementação, visando aproveitamento da energia) e, evidenciar, sua influência no fluxo hidrodinâmico do contexto. Através de cálculos teóricos, dimensionado a vazão de ar aplicada. Tendo em vista a vazão aplicada e a eficiência estimada, conforme demonstrado na Equação (1), abaixo citada. Os ensaios desta etapa, como supracitado, foram feitos usando água filtrada ao invés de esgoto, para uma melhor visualização interna e assim uma boa locação das sondas, na câmara de decantação.No intuito de fixar a vazão constante de entrada (0,5 L/s) e facilitar o controle na execução dos ensaios, foi colocado um tanque com bomba submersa, sendo a vazão de entrada controlada através de um hidrômetro tipo residencial e registro de gaveta. Para melhor ajuste da vazão, instalou-se um contador de pulso interligado a um data-loger. O sistema interligado ao computador,permite um ajuste fino da vazão, com precisão de 1 % . O ponto de instalação do protótipo não é abastecido de água, contando somente com uma cisterna para suprir a demanda de água da estação de tratamento. No entanto a cisterna tinha a capacidade para abastecer com vazões de projeto do protótipo, o reuso, foi a opção, com a água da saída do reator, que era recirculada para o tanque de entrada. Em cada ensaio com traçador, inicialmente o reator UASB foi submetido à vazão média de projeto, a segurança das leituras com as sondas estivessem equiparadas e estáveis. Logo após, era aplicada a solução salina com corante. (facilitar a escolha de uma melhor locação dos condutivímetro). Foram instaladas janelas de 40x40 cm para visualização do interior do reator .Na mensuração das velocidades, foram analisados comparativamente, os gráficos de condutividade medida por cada condutivímetro. Isto é, para cada condutivímetro, foi feita

à medição intermitente das variações medidas ao longo da passagem do traçador. Estes pontos formaram a curva de condutividade em função do tempo. Comparando os gráficos de cada sonda foi possível determinar as velocidades de passagem do traçador.

Com a recirculação da água, os gráficos de condutividade se tornaram divergentes aos encontrados na bibliografia; Pois não ocorreu queda acentuada nos valores de condutividade após o gráfico atingir o pico. Devido a esta limitação, o estudo para a comparação foi realizado analisando-se a resposta inicial de cada sonda. Os pontos de inflexão dos gráficos de condutividade foram definidos visualmente. Por meio de comparação entre os pontos das sondas, foi avaliado a hidrodinâmica interna no protótipo. Este protótipo tem quatro aberturas internas para a câmara de decantação. Estas aberturas, numeradas do ponto mais baixo para o topo, respectivamente, 1, 2, 3 e 4.

|  |
| --- |
|  |
| Princípio de funcionamento da separação trifásica do reator. Do lado direito representado o posicionamento das sondas para os ensaios da tomada de velocidade |

A Figura 4.5 apresenta fotografias dos sistemas descritos, sendo A e B referentes ao sistema de entrada, composto por uma caixa de entrada com sistema de bombeamento e registros de regulagem de vazão. Em C e D ilustram-se os sistemas de distribuição de efluentes e de aeração e o sistema de medição de vazão através de hidrômetro com contador de pulso.

* + 1. Cálculo da produção teórica de biogás

Conforme (CHERNICHARO, 2007), pode-se avaliar a produção de biogás a partir da estimativa da carga de DQO afluente ao reator que é convertida em gás metano, de acordo com a expressão:

Equação (1)

|  |  |
| --- | --- |
| DQOCH4=Q.(S0-S)-YOBS.Q.S0 | (1) |

Onde:

|  |
| --- |
| DQO : Carga de DQO convertida em metano (kg DQO 4CH /dia), |
| Q : Vazão de esgoto afluente (m³/dia) |
| So: Concentração de DQO afluente (kgDQO/m³), |
| S: Concentração de DQO efluente (kgDQO/m³) |
| YOBS: Coeficiente de produção celular (0,11 a 0,23 kg DQO lodo/ kg DQOapl). |

* + 1. Etapa 1 . Estudo hidrodinâmico com ensaios de velocidade

Nesta etapa do projeto foi aplicada o traçador para avaliar as velocidades de trânsito nas aberturas do decantador. Como supra indicado, o protótipo tem três aberturas principais, internas à câmara de decantação. As aberturas foram numeradas de baixo para cima, (1, 2, 3 e 4)

* + 1. Vazão afluente

Os ensaios foram feitos usando vazão aproximadamente constante de 0,5 L/s. Ao longo dos experimentos, as variações tiveram coeficiente de variação menor que 5%,dispersáveis, em relação ao valor médio.

Com os dados de variação de vazão apresentados das Hidrógrafas de experimentos com vazão constante, para os ensaios de velocidade nas aberturas 1, 2 e 3,foram calculados os coeficientes de variação de vazão obtidos nestes experimentos, em relação à vazão projetada de 0,50 L/s.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Código do experimento | Vazão media aplicada(L/s) | Coeficiente de Variação (%) |
| E1.1 | 0,497 | 2,0 |
| E1.2 | 0,493 | 1,8 |
| E2.1 | 0,496 | 1,4 |
| E2.2 | 0,491 | 4,8 |
| E3.1 | 0,497 | 1,8 |
| E3.2 | 0,495 | 1,1 |
| Nesta etapa, os experimentos, foram classificados segundo os códigos E-k y, sendo;  k) Número referente à abertura em que estão as sondas (Aberturas 1, 2 e 3.)  y) Número do ensaio realizado.As figuras 5.2 a 5.4 mostram as variações de vazão ao longo do tempo, para os ensaios de medição de velocidade realizados na etapa I. | | |

* + 1. Ensaios de velocidade de passagem do traçador

A seguir o elemento demonstrado graficamente traduz um dos resultados encontrado nos ensaios de velocidade para cada abertura interna da câmara de decantação. Divergente ao observado em trabalhos relacionados a estudos de velocidade, na qual não foi possível obter curvas de variação concentração devido ao brusca queda. MARTINS (2004) ensaiou essas velocidade onde foi possível constatar a passagem da mancha de concentração através das sondas.E este trabalho notou um lento decaimento da curva de concentração, justificado pelas baixas velocidades comparadas a resultados da bibliografia supracitada. O fato não deixou que fosse clara a observação do ponto de máximo dos gráficos de concentração. Dada as dificuldades apresentadas, estabelecimento do pico dos gráficos de concentração, será adotado neste levantamento:

* A comparação entre os tempos de respostas dos gráficos será feita pela resposta inicial dada por cada sonda com a passagem do traçador.
* Análises visuais dos gráficos, foram feitas buscando determinar pontos de inflexão das curvas de condutividade a fim de definir o tempo de transito entre sondas.
  + 1. Ensaios na abertura 1.

As próximas Figuras estão apresentados os resultados dos ensaios para a abertura 1.

|  |
| --- |
|  |
| Curva de condutividade em função do tempo, referente ao ensaio 1 , abertura 1. |

* + 1. Ensaio 1.1

Através de análise visual, constatou-se que a inflexão inicial do gráfico referente à

* Sonda A.

Ocorreu no período Ta = 11:05:40

* Sonda B.

Ocorreu no período Tb = 11:11:54,

Um tempo de percurso de sonda a sonda de 6 minutos e 12 segundos ou 374 segundos. Para este tempo e para a distância das sondas de 20 cm, obtém-se;

Velocidade- Ensaio 1.1 = 20 cm / 374 s = 1,92 m/h.

|  |
| --- |
|  |
| Curvas de condutividade em função do tempo, referente ao ensaio 2, abertura 1. |

* + 1. Resumo dos ensaios de velocidade

Esta tabela apresenta é um resumo dos resultados dos experimentos realizados nesta etapa do experimento. Nos ensaios realizados foi adotado o posicionamento da sonda com um ângulo de 450, é demonstrado os resultados das medições de velocidade e também o cálculo da componente vertical obtida através da equação

Vv = V cos 450

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Resumo dos ensaios realizados na etapa 1 | | | | |
| Código do experimento | data | Vazão aplicada media | Velocidade media (v) | Velocidade componente vertical (Vv)(m/h) |
| E1.1 | 20/02/2016 | 0,497 | 1,92 | 1,36 |
| E 1.2 | 22/02/2016 | 0,493 | 1,84 | 1,30 |
| E 2.1 | 24/02/2016 | 0,496 | 1,95 | 1,38 |
| E2.2 | 26/02/2016 | 0,491 | 1,89 | 1,34 |
| E3.1 | 28/02/2016 | 0,497 | 1,75 | 1,24 |
| E3.2 | 01/03/2016 | 0,495 | 1,71 | 1,21 |

1. Conclusão

Com esta pesquisa obteve-se o seguinte:

Na avaliação dimensional das velocidades na câmara de decantação internamente foram obtidas variações entre 1,21 m/s a 1,24 m/s de forma que estas velocidades são relativas a velocidade acendente do próprio decantador

A arquitetura proposta devera ser aprimorada devida a baixa melhoria na remoção dos sólidos, visto que os dados de eficiência na remoção para SST estão dentro dos valores já conhecidos bibliograficamente.

No entanto, levando em conta a taxa de aplicação superficial demandada para o decantador esteve próxima a faixa máxima determinada na literatura. Tendo condições de afirmar que o reator teve bons resultados na remoção de sólidos e DQO Particulada .

A metodologia de tomada dimensional da velocidade nas aberturas do decantador teve resultados satisfatórios nos resultados da taxa de aplicacao superficial no decantador, porem a necessidade de aprimorar a metodologia de avaliação de velocidades de entrada.Com a analise indireta de resultados, foi possível avaliar as velocidades de entrada no decantador com valores de Abertura 1= 1,99 m/h; Abertura 2= 0,52 m/h; Abertura 3= 0,36 m/h; e Abertura 4= 0,15 m/h. Tomando como base a bibliografia os resultados são inferiores, permitindo concluir que a proposta de nova arquitetura dos separadores de fase permite uma redução nas velocidades de entrada da câmara de decantação.

Os resultados da etapa II; Confirmou-se que o escoamento no reator é do tipo fluxo disperso, através os ensaios de estímulo resposta, Pelo surgimento do efeito cauda na curva “C”, Sugerindo a diversidade de velocidades internas notadas pela dispersão do tracador.

Com os resultados dos testes com o traçador, foi possível o calculo de valores para o tempo e residência médio, t = 10,48 h; acompanhado do coeficiente de mistura, d=0,124 para o reator UASB Constatou-se que os resultados de remoção de DQO e SST são equivalentes aos resultados dos reatores convencionais, e que o reator funcionou estável, próximo a T=70 dias e depois de T= 80 dias, a eficiência decaiu. Como não foram feitas retiradas do lodo ao longo deste ensaio , este dado pode ter sido a justificativa pelo acumulo excessivo de biomassa, que passou a interferir na qualidade do efluente.

1. Agradecimentos

Agradecimentos ao Professor [Carlos Augusto de Lemos Chernicharo](http://somos.ufmg.br/professores/view/435) e ao Professor [Marcio Benedito Baptista](http://somos.ufmg.br/professores/view/1736),Do qual tive o prazer de ser aluno, em suas aulas do Mestrado de Hidráulica da UFMG Por serem precursores técnicos de uma nova visão da Hidráulica e Hidrologia

1. Referências

[1] CHENICHARO, C.A.L. The effect of temperature and substrate concentracion on the efficiency of UASB reactors. Grã-Bretanha, University of Newcastle, 1990. Tese (Doutorado).

[2] CHENICHARO, C.A.L. et al. Reatores Anaeróbios de Manta de Lodo. Capítulo 7. CAMPOS, José Roberto (Coord.). Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo. Prosab/Finep - Rio de Janeiro (1999).

[3] MARTINS JR, W. N. et al. Determinação automática de tempos de trânsito de traçadores para medição de velocidades. In: XXI Congresso Latino-americano de Hidráulica (IAHR). Anais, São Pedro, 2004.