



Análise da eficiência de reator anaeróbico com chicanas

Analysis of the efficiency of anaerobic reactor with baffles

Análisis de la eficiencia del reactor anaeróbico con deflectores

REBÊLO, Marcelle Maria Pais Silva ¹
BARBOZA, Márcio Gomes ²

¹ Centro de Tecnologia – CETEC, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Brasil.
marcellepais@yahoo.com.br
ORCID ID: 0000-0001-6487-3845

² Centro de Tecnologia – CETEC, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Brasil.
gb.marcio@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-8589-8539



Resumo

Diante do uso incondicional do recurso hídrico para a vida, tomando-se por base os aspectos do aumento do consumo, a diminuição das reservas disponíveis e o crescente aumento da poluição, fica evidente a importância de uma destinação eficiente para os efluentes líquidos domésticos. O sistema de tratamento do presente trabalho operava com efluentes segregados, a água cinza era direcionada para um tanque de equalização e as negras para um reator anaeróbio com chicanas de fluxo vertical com meio suporte, este foi adicionado após 1 ano de partida do sistema. Foram desenvolvidas atividades de monitoramento do sistema durante 5 meses. O reator anaeróbio (em escala real) em estudo possuía chicanas e meio suporte de casca de coco verde, sendo este sistema denominado de Reator Anaeróbio Horizontal com Chicanas (RACH). O reator demonstrou boa remoção de sólidos sedimentáveis, aproximadamente 94%. Quanto à DQO, sua eficiência de remoção ficou próxima a 62%, este resultado é satisfatório para um sistema de tratamento anaeróbio de efluentes com alta concentração de carga orgânica. Logo, o emprego da casca de coco verde como meio suporte e o desempenho do RACH, foi viável e satisfatório.

Palavras-Chave: tratamento biológico de esgotos; reator de leito fixo; casca de coco verde

Abstract

Given the unconditional use of water resources for life, taking as a basis the aspects of increased consumption, the reduction in available reserves and the increasing pollution, it is evident the importance of efficient allocation for domestic wastewater. The work of this treatment system operated with segregated waste, gray water was directed to an equalization tank and black for an anaerobic reactor with vertical flow baffles with medium support, this was added after 1 year of commissioning. System monitoring activities were carried out for 5 months. The anaerobic (full scale) study had baffles and a half coconut shell support, with this system called Anaerobic Reactor Horizontal with Baffles (RACH). The reactor showed good removal of settleable solids, approximately 94%. As to the COD removal efficiency was close to 62%, the result is satisfactory for a system for anaerobic treatment of wastewater with a high concentration of organic load. Therefore, the use of coconut husk as support media and the performance of RACH, was feasible and satisfactory.

Key-Words: biological treatment of sewage; fixed bed reactor; green coconut shell

Resumen

Ante el uso incondicional de los recursos hídricos para la vida, teniendo en cuenta los aspectos de mayor consumo, la disminución de las reservas disponibles y el aumento creciente de la contaminación, se evidencia la importancia de un destino eficiente para los efluentes líquidos domésticos. El sistema de tratamiento del presente trabajo funcionaba con efluentes segregados, las aguas grises se dirigían a un tanque de equalización y las aguas negras a un reactor anaeróbico con deflectores de flujo vertical con medio soporte, esto se agregó después de 1 año de comenzar el sistema. Las actividades de monitoreo del sistema se desarrollaron durante 5 meses. El reactor anaeróbico (a escala completa) en estudio contaba con deflectores y medio soporte de cáscara de coco verde, siendo este sistema el denominado Reactor Anaeróbico Horizontal con Baffles (RACH). El reactor mostró una buena eliminación de sólidos sedimentables, aproximadamente 94%. En cuanto a la DQO, su eficiencia de eliminación fue cercana al 62%, este resultado es satisfactorio para un sistema de tratamiento de efluentes anaeróbico con una alta concentración de carga orgánica. Por lo tanto, el uso de cáscara de coco verde como medio de soporte y el desempeño del RACH fue factible y satisfactorio.

Palabras-clave: tratamiento biológico de aguas residuales; reactor de lecho fijo; cáscara de coco verde



1. Introdução

O tratamento do efluente em unidades habitacionais é importante para que se alcance a sustentabilidade hídrica. O objetivo do tratamento de esgotos é a remoção dos sólidos, cargas orgânicas e organismos patogênicos, tendo eficiência relacionada com a efetiva remoção dos poluentes e contaminantes do mesmo.

Para tratamento de uma ou mais residências, em locais onde normalmente não se dispõe de rede coletora, é comum a utilização de tratamento através de tanques sépticos seguidos de sumidouro. A busca por novos sistemas que sejam mais eficientes, em situações desse tipo, é necessária visando atenuar impactos ao meio ambiente e facilitar o uso dos efluentes após tratamento ou não.

O tratamento biológico anaeróbio possui vantagens como a sua fácil manutenção e operação, baixo custo de construção, pré-requisitos fundamentais principalmente para soluções individuais. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo, para um sistema predial de coleta segregada de efluentes, avaliar a eficiência do sistema de tratamento biológico anaeróbio para residência unifamiliar (águas negras).

2. Efluentes líquidos domésticos

A água é utilizada em todos os segmentos da sociedade e está presente no uso doméstico, comercial, industrial e agrícola. O seu uso gera uma grande quantidade de efluente que deve ser descartado de forma segura a fim de proteger a saúde da população e evitar a poluição do meio ambiente.

Segundo a NBR 9648 (ABNT, 1986), o esgoto doméstico é o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas. Eles provêm principalmente de residências, edifícios comerciais ou quaisquer edificações que contenham dispositivos de utilização de águas para fins domésticos. Compõe essencialmente a água de banho, urina, fezes, restos de comida, detergentes e águas de lavagem.

São constituídos, aproximadamente, de 99,9% de líquido e 0,1% de sólido. O líquido serve apenas como transporte das impurezas eliminadas pelo homem diariamente. Estima-se que para cada 100 litros de água consumida gera-se cerca de 80 litros de esgoto doméstico no Brasil (FUNASA, 2006). A poluição é causada pelos sólidos que são carreados pela água, por isso é de fundamental importância o conhecimento das suas características qualitativas e quantitativas para seu tratamento.

Para sua caracterização são utilizados parâmetros físico-químicos e biológicos, os quais vão indicar como deve ser realizado o tratamento do mesmo. Segundo Telles e Costa (2007), a carga orgânica no esgoto pode favorecer o aumento das colônias de microrganismos decompositores e conseqüentemente diminuir o nível de oxigênio dissolvido do meio. A presença de nutrientes no esgoto sanitário pode constituir um problema nem sempre de fácil solução, uma vez que é necessário atender as exigências do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA para lançamentos em corpos d'água.

Os esgotos contêm ainda, inúmeros organismos vivos, tais como bactérias, vírus, entre outros. Alguns são de suma importância no tratamento das águas residuárias, outros são organismos patogênicos causadores de doenças. A oferta de saneamento básico é fundamental em termos de qualidade de



vida, pois sua ausência acarreta poluição dos recursos hídricos, trazendo prejuízo à saúde da população, principalmente o aumento da mortalidade infantil. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento (PNSB) (IBGE, 2008), pouco mais da metade dos municípios brasileiros (55,2%) possuem serviço de esgotamento sanitário por rede coletora, que é o sistema apropriado.

Ainda segundo o PNSB (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA, 2008), a principal solução alternativa adotada, para suprir a inexistência desse serviço foi a construção de fossas sépticas. Esse tipo de solução, ainda que longe do desejável, implicou na redução do lançamento dos dejetos em valas a céu aberto, fossas secas e em corpos d'água, o que ameniza os impactos ambientais decorrentes da falta de rede coletora de esgoto.

O tratamento adequado de esgoto, seja para a obtenção de efluentes que atendam aos padrões de lançamento do corpo receptor, seja para a sua utilização produtiva, representa solução para os problemas de poluição da água e de escassez de recursos hídricos, contribuindo para a proteção ambiental e para a geração de alimentos e de outros produtos (MOTA; VON SPERLING, 2009).

O interesse na segregação e reaproveitamento de diferentes efluentes (águas cinzas, negras e pluviais), tem aumentado nos últimos anos (OTTOSON; STENSTR, 2002). É uma maneira de facilitar o tratamento, pois assim torna-se mais viável o reuso das águas cinzas (baixa matéria orgânica) e melhora as condições de tratamento das águas negras (elevada matéria orgânica).

Como o sistema de tratamento em estudo possui seus efluentes segregados, é importante conhecer o conceito de águas cinzas e negras. As águas cinzas são aquelas provenientes dos lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa e louça. Porém, quanto a este conceito, observa-se que ainda não há consenso internacional (FIORI et al, 2006). Segundo Gonçalves (2006), alguns autores não consideram como água cinza, mas sim como água negra a água residuária de cozinhas, devido às elevadas concentrações de matéria orgânica e de óleos e gorduras nelas presentes. Este foi o conceito adotado no presente trabalho.

Água negra é o efluente proveniente dos vasos sanitários, contendo basicamente fezes, urina e papel higiênico ou proveniente de dispositivos separadores de fezes e urina, tendo em sua composição grandes quantidades de matéria fecal e papel higiênico. Apresentam elevada carga orgânica e presença de sólidos em suspensão, em grande parte sedimentáveis, em elevada quantidade (GONÇALVES, 2006). No presente trabalho será adotado o seguinte conceito, as águas negras são as provenientes do vaso sanitário acrescidas das águas resultantes do uso das pias de cozinha.

3. Sistemas de Tratamento Anaeróbios

De acordo com a NBR 13.969 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997), o reator biológico é uma unidade que concentra microrganismos e onde ocorrem as reações bioquímicas responsáveis pela remoção dos componentes poluentes do esgoto. Existem alguns tipos diferentes já consagrados, aos quais o modelo estudado se assemelha em alguns aspectos. Na verdade, o o sistema de tratamento estudado é uma junção de dois modelos de reatores: o Reator Anaeróbio de leito fixo com o Reator Anaeróbio compartimentado, sendo acrescentado o meio suporte de casca de coco verde.

Para Campos (1999) é uma condição interessante a existência de um meio suporte inerte para a adesão ou fixação dos microrganismos, resultando em películas ou biofilmes de espessuras variáveis.

A retenção de biomassa ativa no interior de reatores anaeróbios é fator decisivo para o sucesso do processo de tratamento e depende de vários fatores operacionais e ambientais. A perda da biomassa com o efluente influencia negativamente o desempenho do tratamento (ABREU; ZAIAT, 2008).

O meio suporte deve ter como requisitos básicos, suficiente porosidade e uniformidade de tamanho das partículas, grande área superficial e habilidade para suportar a microflora (SILVA, 2008).

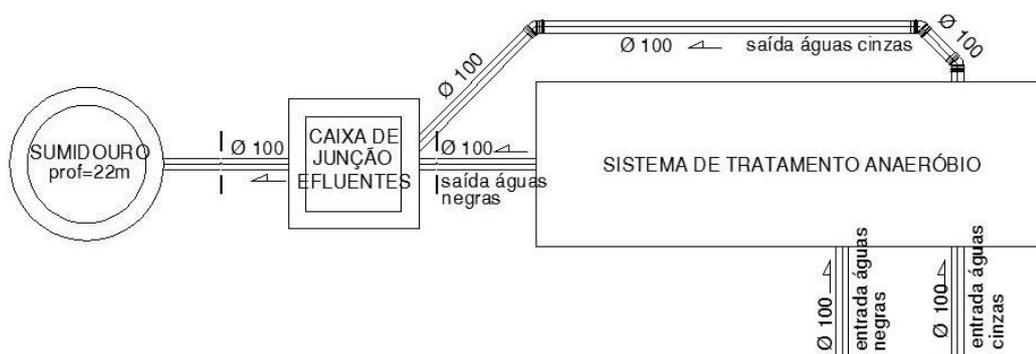
A avaliação da potencialidade do uso da casca de coco verde, que apresenta uma elevada capacidade de retenção de umidade e alta porosidade, como suporte para biofilmes, torna-se uma alternativa extremamente atrativa de aliar a aplicação de um resíduo sólido abundante no Brasil ao tratamento de efluentes industriais ou sanitários (PINTO, 2003). E, segundo Cruz et al (2009), suas fibras têm grande resistência à degradação, o que o elegem como uma boa opção para meio suporte dos microrganismos anaeróbios.

4. Material e Métodos

Este experimento teve início em 2009, em residência unifamiliar com cinco residentes em Maceió-AL. O projeto das instalações hidrossanitárias contemplou a segregação dos efluentes em águas cinzas e águas negras. O dimensionamento hidráulico do sistema foi de acordo com NBR 8160 (ABNT, 1999). O consumo diário de água é de aproximadamente 1425 L/dia, adotando-se 1,5L por m² de jardim, e 7 pessoas na habitação, cada uma consumindo cerca de 150 L/dia. Sendo a geração de efluentes aproximadamente 80% do consumo de água, gera-se assim, diariamente, aproximadamente 1140 L/dia de efluente (águas cinzas e negras).

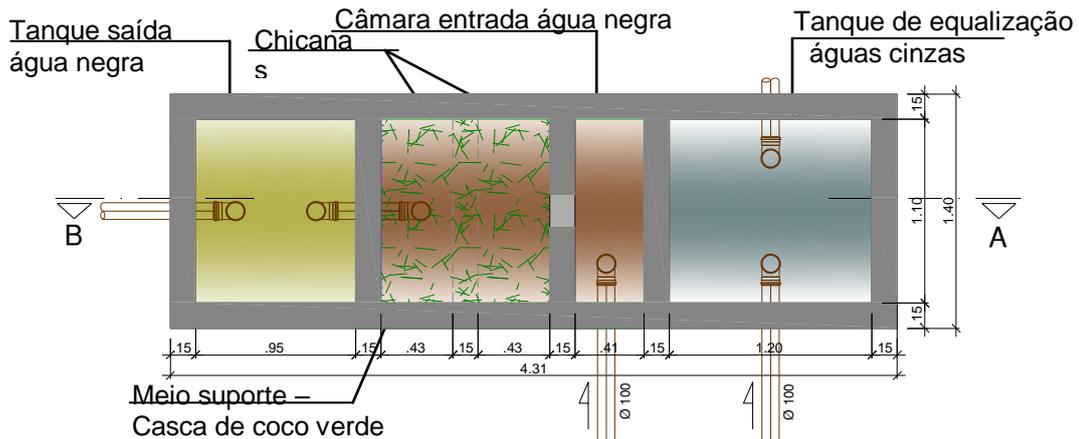
O sistema de tratamento biológico dos efluentes foi dimensionado de forma distinta. As águas cinzas foram direcionadas para um tanque que funciona como equalizador, ao sair do tanque, as águas cinzas eram encaminhadas para a caixa de junção dos efluentes e em seguida para o sumidouro. Para as águas negras, o reator utilizado foi do tipo anaeróbio com chicanas, com meio suporte de casca de coco verde, da espécie *Cocos nucifera* (Imagem 01 e Imagem 02).

Imagem 01: Configuração do sistema de tratamento proposto.



Fonte: Próprio autor.

Imagem 02: Planta baixa (sem escala) do sistema de tratamento proposto.



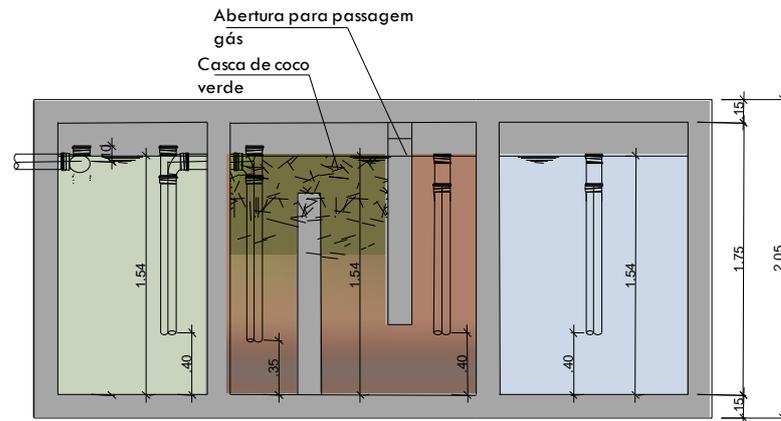
Fonte: Próprio autor.

O reator utilizado no tratamento das águas negras no presente trabalho é uma alteração da concepção física do Reator Anaeróbico Horizontal de Leito Fixo, visto que, segundo Barboza et al (2005), seu uso no tratamento de esgotos sanitários possui um problema operacional de colmatagem do leito. Para isso, foram adicionadas chicanas e utilizado meio suporte com grandes dimensões e variação de formato a fim de evitar o problema supracitado, sendo o novo sistema de tratamento denominado de Reator Anaeróbico Horizontal com Chicanas - RACH.

O meio suporte para sustentação da biomassa tinha ainda a função de aumentar a concentração de microrganismos e melhorar assim a eficiência do reator. A retenção se dá pela aderência dos microrganismos ao meio, formando o biofilme e também fisicamente nos interstícios.

O RACH apresenta volume interno aproximado de 3,00 m³ e possui três câmaras com volumes próximos a 0,93 m³ (Imagem 03). Foi construído em alvenaria revestida com argamassa de cimento e areia, com uma camada de impermeabilizante. Após a passagem pelas três câmaras, o efluente é direcionado para um tanque antes de misturar-se às águas cinzas no tanque de junção de efluentes.

Imagem 03: Corte RACH (sem escala).



Fonte: Próprio autor.

As tubulações de entrada e saída do sistema foram em PVC com diâmetro de 100 mm. A tubulação de entrada foi instalada a uma altura de 40 cm da base do reator, forçando que o efluente, assim que entre no sistema, tenha um movimento ascensional. O posicionamento das chicanas teve como objetivo fazer com que houvesse movimentos ascendentes e descendentes forçando a passagem do líquido pelo meio suporte – casca de coco verde, atravessando assim regiões de elevada concentração de microrganismos ativos, que se formaram junto ao fundo de cada câmara e através da adsorção no meio suporte.

A tubulação de saída foi instalada a uma altura de 1,54 m da base do reator. Atualmente o efluente é direcionado para uma caixa de junção de efluentes, a qual também é direcionada às águas cinzas e, em seguida, é encaminhado ao sumidouro. O sistema foi alimentado com as águas negras proveniente dos vasos sanitários e pias de cozinha.

No mês de setembro (2010), foi inserido no sistema de tratamento em estudo, na segunda e terceira câmaras, o meio suporte casca de coco verde (Imagem 04). Sua inserção se deu após um ano da partida do reator, o qual já se encontrava em equilíbrio dinâmico aparente.

Imagem 04: Câmara com meio suporte – casca de coco verde.



Fonte: Próprio autor.

A casca depositada foi adquirida sem custos com comerciante local. Cerca de 140 cocos foram cortados em quatro partes, não sendo realizado nenhum tratamento neles, facilitando seu uso em

sistemas individuais de tratamento em residências unifamiliares.

O coco possui como medidas aproximadas 25 cm de comprimento e 15 cm de diâmetro¹, com base nesses dados calculou-se o volume inserido no sistema que foi aproximadamente 0,65 m³, sendo este dividido nas duas câmaras, como já explicado anteriormente. Ficando o meio suporte com uma altura aproximada de 60 cm dentro das câmaras ao qual foi inserido.

A operação e manutenção foi bastante simplificada, devendo sua limpeza ser feita anualmente segundo a NBR 7229 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993) e a NBR 13969 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997).

Não houve necessidade de acompanhamento permanente pelo operador, sendo, contudo, importante a realização de análises periódicas (em um período contínuo de 3 meses) para verificação da eficiência do sistema, nos casos de reuso e lançamento em corpos receptores do efluente. Como o efluente no sistema avaliado era direcionado para um sumidouro, não houve necessidade de tais análises, sendo estas realizadas apenas para o estudo.

As coletas foram realizadas entre os meses de setembro (2010) e janeiro (2011). O intervalo entre as amostragens foi de sete dias, totalizando cinco meses de análises. Como o sistema já estava em funcionamento, houve coletas esporádicas nos meses anteriores, que também fizeram parte das análises de eficiência do sistema.

O horário de realização das mesmas era aproximadamente às 8:00 horas da manhã, preferencialmente às segundas-feiras, visando ter sempre uma mesma contribuição de água potável no momento de amostragem. A coleta (Imagem 05) era realizada com um recipiente plástico de aproximadamente 1L de volume, o mesmo era preso em um fio de aço e com um auxílio de um bastão era imerso no sistema até seu completo enchimento. Para cada tipo de água coletavam-se aproximadamente 2L da mesma. O efluente coletado era vertido em recipiente de maior capacidade com auxílio de um funil.

Imagem 05: Coleta.



Fonte: Próprio autor. Legenda: a) Câmara aberta; b) Amarração do recipiente a ser submerso; c) Imersão do recipiente na câmara; d) Passagem do efluente coletado para recipiente a ser levado ao laboratório para posteriores análises.

Para a análise de eficiência do sistema de tratamento, fez-se necessária as análises de alguns parâmetros. Foram definidos os mais relevantes para o trabalho em questão, os mesmos estão descritos na Tabela 01.

¹ Fonte: < <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/coco/coco-1.php> >, acesso em 18/03/2011.

Tabela 01: Parâmetros de qualidade das águas residuárias avaliados.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	Unidade	Método Analítico
Temperatura	°C	Determinação direta com sonda
Cor aparente	uC	Método nefelométrico
Turbidez	UNT	Método nefelométrico
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	Método gravimétrico
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	Unidade	Método Analítico
Sólidos Voláteis	mg/L	Método gravimétrico
Sólidos Fixos	mg/L	Método gravimétrico
DBO ₅	mg/L	Método dos frascos padrões
DQO	mg/L	Método colorimétrico
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	Método da destilação
Fósforo Total	mg/L	Método do ácido ascórbico pela oxidação em meio ácido
pH	-	Método eletrométrico
Alcalinidade Total	mgCaCO ₃ /L	Método titulométrico
Cloretos	mg/L	Método Argentométrico (Método de Mohr)
Condutividade	mS/cm	Método Eletrométrico
CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	Unidade	Método Analítico
Coliformes totais	UFC/100ml	Filtração em membrana utilizando meio de cultura o Chomocult Coliformen ® Agar
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100ml	Filtração em membrana utilizando meio de cultura o Chomocult Coliformen ® Agar /Tubos múltiplos

Fonte: Próprio autor.

As análises da Tabela 01 foram realizadas em duplicata no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Federal de Alagoas (LSA/UFAL), de acordo com os procedimentos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2005). A partir do mês de dezembro, as mesmas análises, também foram realizadas no laboratório do IMA – Instituto do Meio Ambiente de Alagoas, excetuando-se as análises físicas e condutividade.



Todas as análises eram realizadas semanalmente, após a coleta, as águas a serem analisadas eram levadas aos laboratórios supracitados para início da realização dos exames. Coliformes, DBO_5 , DQO, pH, nitrogênio amoniacal, cor e turbidez eram realizados até vinte e quatro horas após a coleta impreterivelmente. O restante das análises eram realizadas até cinco dias após a coleta, para sua preservação, as amostras eram refrigeradas.

5. Resultados e Discussão

Os resultados das análises físico-químicas e biológicas do RACH foram confrontados com os resultados obtidos por Mazzola et al (2002), em reator anaeróbio compartimentado. Também foi comparado com resultados alcançados por Barboza et al (2005), em reator Anaeróbio Horizontal com Chicanas (RAHC) de bancada com leito fixo composto por cubos de espuma de poliuretano e substrato com composição semelhante ao esgoto doméstico.

Em sequência comparou-se com resultados obtidos por Abreu e Zaiat (2008) e Abreu Neto e Oliveira (2009) que trabalharam em reator anaeróbio dividido em quatro compartimentos de igual volume, com meio suporte de espuma de poliuretano utilizando esgoto sanitário proveniente do Campus Universitário como afluente e em sistema de tratamento constituído por dois reatores anaeróbios (compartimentado com três câmaras e UASB) em escala-piloto, instalados em série, com alimentação de dejetos brutos de suínos, respectivamente.

Analisando os resultados dos exames biológicos, para as águas negras na saída do reator e comparando os mesmos com os valores obtidos para as águas negras na entrada, nota-se uma remoção de 32,4 % para os coliformes totais e de 54,9% para os termotolerantes.

Em reator anaeróbio compartimentado sem meio suporte, Abreu Neto e Oliveira (2009) obtiveram, em relação à remoção de coliformes totais e termotolerantes, remoções de até 99,59%. Valor bem superior ao determinado no presente trabalho, mas, segundo os autores, isto ocorreu pelo fato de no início da operação a primeira câmara trabalhar quase que como um tanque de sedimentação.

Sabe-se que os sistemas anaeróbios de tratamentos biológicos possuem baixa eficiência de remoção de organismos patogênicos, desse modo os resultados alcançados eram os aguardados para o sistema de tratamento proposto.

Com relação às características físicas, a temperatura manteve-se estável permanecendo próxima a 25°C. Em tratamentos anaeróbios, o processo deve ocorrer preferencialmente na faixa mesofílica (20 – 40°C), para um bom desenvolvimento das bactérias metanogênicas.

Na Tabela 02 estão descritos os resultados encontrados para os parâmetros físicos. Cor e turbidez, os quais apresentaram redução de 42,7% e 16,1%, respectivamente.

Para os sólidos sedimentáveis, o RACH abrangeu uma eficiência de aproximadamente 94%, deixando o efluente final dentro do exigido pela Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) para lançamento de efluentes (<1,0 mL/L).

Tabela 02: Caracterização física - RACH.

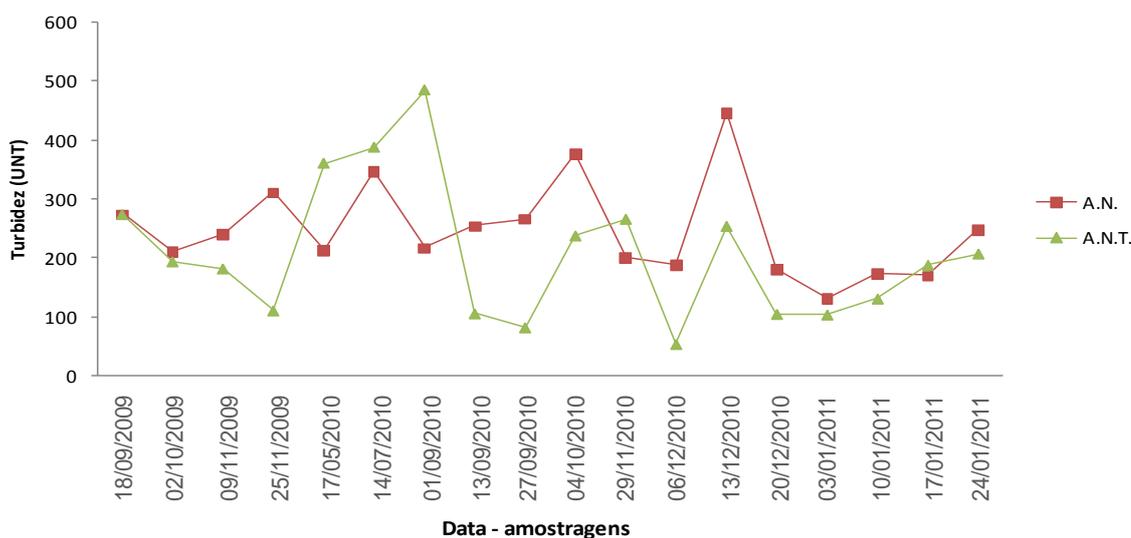
RACH - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS				
Parâmetro	Entrada*	Saída*	D.P.**	% Remoção
Cor Aparente (uC)	411,8	235,8	80,7	42,7
Turbidez (UNT)	247,0	207,3	120,2	16,1
Sólidos sedimentáveis (mL/L)	1,7	<0,1	0,0	~ 94,0

Fonte: Próprio autor. * Média; ** Desvio padrão saída.

Fica evidente a grande oscilação durante o período experimental de tais parâmetros. Apesar da casca de coco dar um tom esverdeado ao efluente final, os resultados permaneceram semelhantes aos encontrados antes de sua adição.

Na Imagem 06, nota-se um alto índice de turbidez na amostra da data 01/09/2010, tal fato pode ser atribuído a colocação do meio suporte casca de coco verde, porém verificamos certa estabilidade nos resultados em seguida, estando a água negra tratada, na maioria das vezes, com turbidez abaixo da água negra sem tratamento.

Imagem 06: Variação do parâmetro turbidez (UNT) durante o período de amostragem.



Fonte: Próprio autor. Legenda: A.N. = Água Negra; A.N.T. = Água Negra Tratada; UNT = Unidade Nefelométrica de Turbidez.

Os parâmetros químicos estão descritos na Tabela 03. Para os sólidos voláteis e fixos não há uma legislação pertinente, os resultados obtidos foram de 229,5 mg/L e 297,5 mg/L respectivamente, na saída do sistema.

Tabela 03: Caracterização química - RACH.

RACH - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS				
Parâmetro	Entrada*	Saída*	D.P.**	% Remoção
Sólidos voláteis (mg/L)	356,0	229,5	293,1	35,5
Sólidos fixos (mg/L)	291,0	297,5	154,8	-
DBO (mg/L)	69,0	24,0	13,0	65,2
DQO (mg/L)	421,2	161,3	96,6	61,7
Salinidade (%)	0,5	0,5	0,1	-
Condutividade (mS/cm)	731,0	950,0	0,4	-
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	24,7	23,8	184,1	3,6
Fósforo Total (mg/L)	3,8	4,0	2,0	-
pH	7,3	7,4	0,3	-
Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ /L)	336,1	199,9	142,9	40,5
Cloretos (mg/L)	67,2	90,0	42,4	-

Fonte: Próprio autor. * Média; ** Desvio padrão saída.

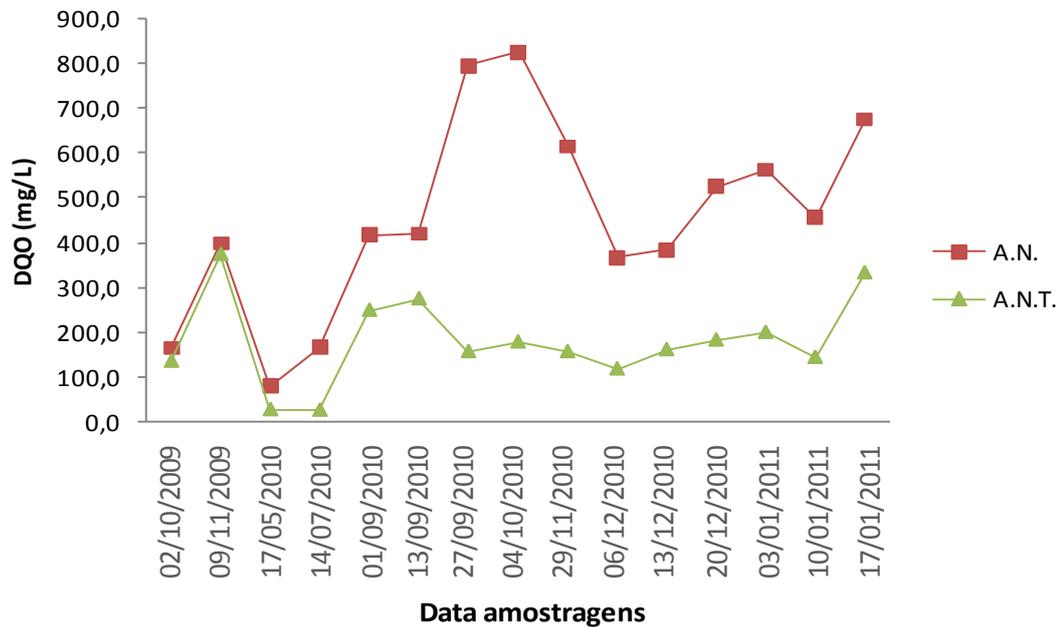
A eficiência alcançada foi de 35,5% para a remoção dos sólidos voláteis, já para os sólidos fixos houve um incremento de 2,2%. Isto pode ser um indicador de que o meio suporte continua retendo sólidos voláteis no sistema, aumentando assim a atividade microbiana, já que tais análises foram realizadas após a colocação da casca de coco vedado.

Barboza et al (2005) obtiveram uma variação na concentração de sólidos voláteis de 97 mg/L a 177 mg/L, demonstrando grande capacidade do sistema em reter ou hidrolisar sólidos. No sistema em estudo, ocorreu uma maior variação, de 40 mg/L a 980 mg/L.

Com os dados de DQO, foi calculada a eficiência do tratamento, que ficou próxima a 62%. Em sistema semelhante, Abreu e Zaiat (2008) averiguaram uma remoção média de DQO de 64%. Em adição, Barboza et al (2005), obtiveram uma eficiência de remoção média de DQO de 77,9%, entretanto, segundo os autores, este alto índice ocorreu pelo fato do experimento ter sido realizado em escala de bancada, fazendo com que o manejo seja mais fácil, sendo possível efetuar o controle de temperatura (25°C). Portanto, os valores de eficiência do sistema abaixo do supracitado eram esperados em escala piloto.

A Imagem 07 apresenta a variação da DQO durante o período de amostragem. Na mesma figura constata-se uma maior eficiência a partir da colocação do meio suporte a partir da amostra de número 7.

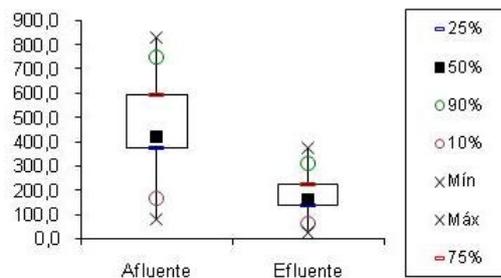
Imagem 07: Variação do parâmetro DQO (mg/L) durante período de amostragens. Legenda: A.N. = Água Negra; A.N.T. = Água Negra Tratada, DQO = Demanda Química de Oxigênio.



Fonte: Próprio autor.

Na Imagem 08 pode-se observar que há uma alta dispersão nos dados do afluente (entrada), e baixa dispersão nos do efluente (saída). Analisando o afluente nota-se que a maioria dos resultados obtidos ficou acima da média 421,2 mg/L. Os dados obtidos no efluente demonstram uma maior estabilidade, estando a maioria dos resultados próxima a média de 161,3 mg/L.

Imagem 08 - Variação do parâmetro DQO (mg/L) durante período de amostragens 2.



Fonte: Próprio autor. Legenda: A.N. = Água Negra; A.N.T. = Água Negra Tratada, DQO = Demanda Química de Oxigênio.

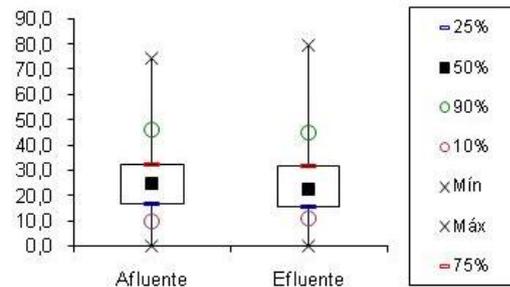
Os resultados encontrados para DBO, definiram um índice de remoção em torno de 65,2%, confirmando a eficiência determinada através da DQO.

Houve um leve incremento nos valores encontrados na saída do sistema para a condutividade, os cloretos e o nitrogênio amoniacal. A média para a condutividade na saída do sistema foi de 950 mS/cm. O cloreto na entrada do sistema era de 67,2 mg/L, já na saída foi de 90,0 mg/L. Galbiati (2009), trabalhando apenas com água negra em tanque de evapotranspiração, para cloretos encontrou uma média de 141,40 mg/L no interior do sistema de tratamento e na saída uma média de 154,0 mg/L. Sendo os valores próximos aos encontrados no presente trabalho, ao considerar o desvio padrão de aproximadamente 90.

A remoção de nitrogênio amoniacal foi desprezível, estando em torno de 3,5%, tal resultado é considerado adequado, já que sistemas de tratamentos anaeróbios não realizam o processo de nitrificação. Analisando a remoção de fósforo obtemos o mesmo resultado, pode-se observar praticamente os mesmos valores na entrada e saída do sistema.

A variação do nitrogênio amoniacal (mg/L) durante o período experimental, mostrou uma estabilidade na entrada e saída do sistema. Através da Imagem 09, percebe-se que há uma alta dispersão nos dados tanto do afluente (entrada), quanto do efluente (saída), mas pode-se afirmar que a maioria dos resultados ficaram próximos a média de 24,7 mg/L para o afluente e 23,8 mg/L no efluente.

Imagem 09 - Variação do parâmetro Nitrogênio Amoniacal (mg/L) durante período de amostragens 2.



Fonte: Próprio autor. Legenda: A.N. = Água Negra; A.N.T. = Água Negra Tratada.

Os dados obtidos de nitrogênio amoniacal demonstram que no ponto de coleta dentro da primeira câmara, o nitrogênio orgânico já tinha sido convertido a amoniacal ou o efeito de flotação da matéria sólida pode ter influenciado no resultado de entrada.

O pH efluente (7,4) manteve-se estável e próximo a neutralidade, apresentando valor mínimo de 6,8 na entrada e máximo de 7,8 na saída do sistema. A atividade dos microrganismos anaeróbios metanogênicos é bastante sensível ao valor do pH; uma taxa elevada de metanogênese desenvolve-se apenas quando o pH se mantém em uma faixa estreita, próxima do valor neutro. Se o pH tiver valor menor que 6,3 ou superior a 7,8, a taxa de metanogênese diminui rapidamente (VAN HAANDEL; LETTINGA, 1999).

Dessa maneira, o pH está dentro da margem ótima de funcionamento para um reator anaeróbio. Resultado semelhante foi obtido em RACH estudado por Barboza et al (2005), cujo efluente apresentou, durante todo período experimental, valores de pH entre 6,8 e 7,4. Nesse sentido, Mazzola et al (2002) também encontraram estabilidade do afluente e do efluente dos dois compartimentos, com valores próximos da neutralidade.

O nível de alcalinidade apresentou redução de 40,5% de quando comparados os resultados da entrada (336,1 mgCaCO₃/L) e saída (199,9 mgCaCO₃/L) do sistema. A alcalinidade total, correlaciona todos os compostos capazes de neutralizar ácidos, incluindo-se, entre outros, os íons carbonatos, os bicarbonatos e os ácidos orgânicos voláteis (SILVA; NOUR, 2005). Apesar da redução, o pH manteve-se próximo a neutralidade, caracterizando apropriada a capacidade de tamponamento do sistema proposto.

6. Considerações Finais

O modelo de reator estudado apresentou baixa redução de coliformes, porém, sendo uma tipologia de tratamento anaeróbio, este resultado era esperado. Houve também baixa redução de turbidez isso



pode ser atribuído a inserção do meio suporte casca de coco verde no sistema, porém sua inserção contribuiu com a redução de sólidos sedimentáveis, que foi satisfatória, aproximadamente 94%.

Quanto à DQO, sua eficiência de remoção ficou próxima a 62%, este resultado foi considerado satisfatório para um sistema de tratamento anaeróbio, cujo efluente tratado era de alta carga orgânica, tal índice foi incrementado com a colocação do meio suporte e conseqüente acréscimo do nível de microrganismos no RACH. Logo, o emprego da casca de coco verde como meio suporte foi viável e satisfatório.

O pH permaneceu dentro de uma margem ótima para o funcionamento do sistema, a alcalinidade contribuiu com tal acontecimento indicando a adequada capacidade de adaptação do mesmo.

O sistema é bastante simplificado, não há necessidade de manutenção periódica. Como também não há sistema operacional, deve-se seguir recomendação da NBR 13.969 (ABNT, 1997) quanto à limpeza e a verificação da eficiência do sistema.

Diante do exposto no presente trabalho, percebe-se a necessidade de uma maior responsabilidade com a gestão dos recursos hídricos, incluindo a gestão com o descarte dos efluentes gerados pelo uso da água. O gerenciamento racional das águas residuárias pode resultar em significativa economia de água potável nas residências e redução da eutrofização de corpos de água. É de fundamental importância a conscientização do usuário para a promoção da sustentabilidade no meio.

Seria interessante a passagem do efluente do RACH em reator aeróbio para uma maior eficiência quanto à carga orgânica e em processo de filtragem ou desinfecção, possivelmente com pastilhas de cloro, devido ao custo e a facilidade de operação, para a redução até os níveis aceitáveis dos microrganismos patogênicos.

7. Referências

ABREU NETO, M. S. DE; OLIVEIRA, R. A. de. Remoção de Matéria Orgânica, de Nutrientes e de Coliformes no Processo Anaeróbio em Dois Estágios (Reator Compartimentado Seguido de Reator UASB) para o Tratamento de Águas Residuárias de Suinocultura. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n.1, 2009.

ABREU, S. B., ZAIAT, M. Desempenho de Reator Anaeróbio-Aeróbio de Leito Fixo no Tratamento de Esgoto Sanitário. **Revista de Engenharia Sanitária Ambiental**, v.13, n. 2, 2008.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 ed., Washington-USA, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 9648**: Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 7229**: Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

_____. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 8160**. Instalações Prediais de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro, 1999.

BARBOZA, M. G. et al. Desenvolvimento de Reator Anaeróbio Horizontal com Chicanas para tratamento de esgoto sanitário. In.: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23,



2005, Campo Grande. Campo Grande; Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

CAMPOS, J. R. (Coord.). **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro : ABES, 1999.

CRUZ, L. M. de O. et al. Comparação entre o Período de Partida de Dois Filtros Anaeróbios com Leito de Coco Verde (*Cocos Nucifera*): Influência do Inoculo. In.: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25, 2009, Recife: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009.

GALBIATI, A. F. **O Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos e a Reciclagem**. Minas Gerais: 2009.

FIORI, S. et al. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, 2006.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de saneamento**. 3ª ed., Brasília, Fundação Nacional da Saúde, 2006.

GONÇALVES, R. F. et al (Coord.). **Uso Racional da Água em Edificações**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro, 2008.

MAZZOLA, M., ROSTON, D. M., VALENTIM, M. A. A. Projeto de Implantação de um Sistema de Baixo Custo para Tratamento de Águas Residuárias: Reator Anaeróbio Compartimentado Seguido de Leitos Cultivados de Fluxo Vertical. In: Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – SIBESA, 6, 2002. Vitória: SIBESA, 2002.

MOTA, F. S. B. ; SPERLING, M. Von. (Coord.). **Nutrientes de Esgoto Sanitário: Utilização e Remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

OLIVEIRA, E. C. M. **Desinfecção de Efluentes Sanitários Tratados Através da Radiação Ultravioleta**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

OTTOSON, J.; STENSTR, T. A. Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. **Water Research Elsevier Science Ltd**. 2002.

PINTO, G.A.S. **Rotas Tecnológicas para o Aproveitamento da Casca de Coco Verde**. EMBRAPA, 2003.

SILVA, G.H.R.; NOUR, E.A.A. Reator compartimentado anaeróbio/aeróbio: sistema de baixo custo para tratamento de esgotos de pequenas comunidades. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n.2, 2005.



SILVA, M. B. **Influência do tipo de meio suporte no desempenho de biofiltros aplicados à remoção de H₂S do ar atmosférico em sistemas de esgoto sanitário.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2008.

TELLES, D. D.; COSTA, R. H. P. G. **Reúso da água:** conceitos, teorias e práticas. 1ª Ed, São Paulo, Editora Blucher, 2007.

VAN HAANDEL, A. C. E LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgotos:** um manual para regiões de clima quente. Campina Grande, EPGRAF, UFPB, 1999.