

## **II-373 - MONITORAMENTO FÍSICO E QUÍMICO DE UM SISTEMA DE LODOS ATIVADOS EM ESCALA DE BANCADA, DO TIPO UCT MODIFICADO**

**Júlia de Souza Carvalho**

Engenheira sanitária e ambiental pela Universidade federal do Oeste do Pará (UFOPA).

**Fernando Pires Martins**

Engenheiro sanitário e ambiental pela Universidade federal do Oeste do Pará (UFOPA).

**Clodoaldo de Sousa**

Engenheiro sanitário e ambiental pela Universidade federal do Oeste do Pará (UFOPA).

**Yandra Cardoso Sobral**

Graduanda em Engenharia sanitária e ambiental pela Universidade federal do Oeste do Pará (UFOPA).

**Israel Nunes Henrique<sup>(1)</sup>**

Químico Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Mestre em desenvolvimento e meio ambiente pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Doutor em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Mendonça Furtado, 2946 - Fátima - Santarém - PA - CEP: 68040-470 - Brasil - Tel: (93) 991492137 - e-mail: [israel.henrique@ufopa.edu.br](mailto:israel.henrique@ufopa.edu.br)

### **RESUMO**

Dentre os problemas ambientais ocasionados pelo crescimento populacional está a contaminação das águas pelo lançamento de esgotos de maneira inadequado em cursos hídricos. Para a minimização desse efeito é necessário realizar tratamento antes de se lançar esses poluentes no meio. Desta maneira são lançadas propostas, como sistemas de lodos ativados do tipo UCT para tratamento, os quais agregam eficiência e baixo custo. Desta forma propõe-se confeccionar um sistema desse tipo, por este trabalhar por etapas o ganho de eficiência é elevado, sendo possível a remoção de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, além de remover grande parte da matéria orgânica e ácidos graxos. O sistema é composto por cinco reatores, anaeróbio, anóxico, anóxico, aeróbio e decantador, todos confeccionados em vidro. Para a realização do tratamento foram utilizados dispositivos de aeração, mistura e recirculação. As análises dos parâmetros foram realizadas com amostras coletadas diariamente, do esgoto bruto, efluente final e licor misto. A construção do sistema teve 85% de economia quando se optou por materiais adaptados ao invés dos convencionais. As análises mostraram que o pH variou entre 7 e 8, já a alcalinidade variou de 148,58 ppmCaCO<sub>3</sub>. Os ácidos graxos voláteis obtiveram uma redução de 81,3%. A remoção de DQO ficou em 78%. Já as formas de nitrogênio ainda persistiram no sistema com médias de nitrito de 2,14 mg/L, nitrato 5,89 mg/L, já o fósforo foi removido apenas 12%. Os sólidos apresentam remoção de sólidos totais 11,12%, sólidos suspensos totais 96,2%, sólidos suspensos voláteis 95,3%. Desta maneira pode-se concluir que os sistemas de baixo custo, com materiais adaptados apresentam eficiência na remoção de poluentes e economia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Águas Residuárias, Esgoto, Poluentes, Problemas Ambientais, Tratamento.

### **INTRODUÇÃO**

O crescimento populacional e a demanda por recursos naturais criam pressões sobre o meio ambiente, seja ele atmosfera, terra ou água. Esta última sofre com pressões do despejo inadequado de águas residuárias que introduzem elementos, químicos como matéria orgânica e nutrientes, que em excesso causam degradação do sistema hídrico.

É notório que no meio ambiente ocorre a depuração natural desses poluentes, porém a carga excessiva acaba acometendo o meio natural a um processo de ineficiência dessa depuração, já que sobrecarrega a capacidade do mesmo, ocasionando a eutrofização, devido a carga de nutrientes, responsável pela alteração na qualidade da água.

Tendo em vista o aumento da problemática da poluição nos corpos hídricos, principalmente em países em desenvolvimento, devido ao lançamento de esgoto in natura, buscaram-se alternativas capazes de minimizar tal efeito adverso causado pelos lançamentos de águas residuárias sem tratamento (METCALF & EDDY, 2016).

Dentre estas alternativas encontram-se a construção de sistemas de tratamento de águas residuárias. Esses sistemas são uma barreira na qual há uma remoção da carga poluidora que será enviada para o corpo hídrico receptor, ou será disponibilizada no solo, essa disposição dependerá dos tipos de legislações ambientais vigentes no país, as quais definem padrões para lançamentos de efluentes tratados (VON SPERLING, 2002).

Entre os vários sistemas de tratamento das águas residuárias, existem os sistemas de lodos ativados (SLA), que são processos de tratamentos biológicos de águas residuárias bastante consolidados e são fundamentados na retenção de uma biomassa dispersa nos reatores. Esses sistemas (SLA), de um modo geral, se apresentam bastante difundidos pelo mundo e são utilizados principalmente quando se deseja uma elevada qualidade do efluente com baixos requisitos de área. O uso de variantes de lodos ativados convencionais podem ser utilizados, na obtenção de efluentes com elevadas eficiências de remoção, como por exemplo, o sistema UCT (Desenvolvido na University Cape of Town). Nesses sistemas, o controle operacional é baseado na manutenção de uma biomassa para que seja eficiente na remoção de matéria orgânica e nutrientes (VAN HAANDEL E MARAIS, 1999).

Neste contexto, buscou-se construir um sistema de lodos ativados em escala de bancada de baixo custo, capaz de tratar esgoto de maneira simplificada e com eficiência, ao qual possa ser reproduzido em escala real e seja capaz de agregar economia de recursos e eficiência no tratamento.

## **OBJETIVO**

Construir e realizar o monitoramento de um sistema de lodos ativados em escala de bancada, do tipo UCT modificado de 5 estágios, tratando esgotos domésticos em regime de fluxo intermitente, na busca de remover poluentes orgânicos, sólidos em suspensão e nutrientes.

## **METODOLOGIA UTILIZADA**

A determinação do sistema a ser construído, baseou-se no sistema UCT modificado por Van Haandel e Marais (1999), buscando adaptação de materiais que substituam os convencionais os quais são de custos financeiros mais elevados.

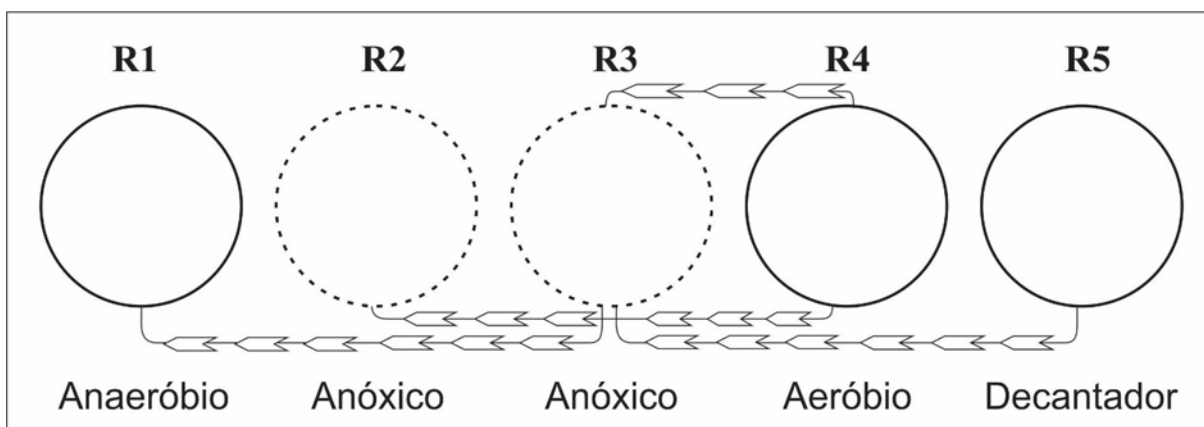
O Sistema UCT projetado, contempla tanto o tratamento de esgoto no regime de fluxo intermitente, como também em fluxo contínuo, com recirculação de biomassa feita através de bombeamento. Neste contexto, o presente estudo realizou o processo de operação de funcionamento em regime de fluxo intermitente, que consiste basicamente em fluxos periódicos afluentes. Sendo posteriormente coletadas amostras do afluente (esgoto bruto) e do efluente final (esgoto tratado) para análises.

O desenvolvimento do presente trabalho ocorreu no laboratório de Tratamento de Águas Residuárias-LabTAR (Figura 1), vinculado ao Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas (ICTA) da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), situado na cidade de Santarém, PA.

## **ETAPAS CONSTRUTIVAS DO SISTEMA UCT**

As etapas para confecção do sistema UCT modificado com fins didáticos, foram realizadas com objetivo de utilizar material alternativo de baixo custo, levantando a análise dos tipos de materiais a serem utilizados, com adaptação e criação dos dispositivos e finalizando com a montagem do sistema. Outra etapa se deu no processo de monitoramento do sistema proposto. Desta maneira, a definição do melhor material para a confecção dos reatores foi o vidro, o qual possibilita a interação para utilização em aulas práticas e de custo mais acessível, neste caso optou-se pelo vidro comum de 5 mm de espessura.

Os reatores foram confeccionados em material de vidro, cujas dimensões variam de acordo com o volume de cada reator. O primeiro compartimento é um Reator Anaeróbio: onde ocorre a admissão do efluente, é responsável pela primeira etapa do tratamento na qual, segundo Chernicharo (2007), é o processo no qual bactérias anaeróbias convertem a matéria orgânica, em sistemas fermentativos, com o objetivo de remover parte da matéria orgânica do esgoto bruto, é onde inicia a remoção do fósforo, o qual é acumulado pelas bactérias acumuladoras e forma posteriormente biomassa em forma de lodo. Já o segundo compartimento é o primeiro reator Anóxico 1: este funciona sem presença de oxigênio, onde ocorre a desnitrificação, na qual o nitrogênio é removido, de acordo com Van Haandel, et al. (2009), a remoção do nitrogênio é aplicada em único reator em sistemas de lodo unitário. O terceiro reator instalado é o segundo reator anóxico 2: é onde também garante um melhor polimento na remoção de nitrato no sistema. O quarto é um reator aeróbio: onde ocorre nitrificação, oxidação da matéria orgânica por microrganismos aeróbios a aeração favorece os microrganismos presente no meio para que estejam com suas funções ativas ao máximo, consumindo assim a matéria orgânica do meio e liberando CO<sub>2</sub>. O quinto é um decantador: cuja função é permitir a decantação do lodo que circula durante o processo de tratamento, garantindo assim o descarte do efluente final sem consideráveis concentrações de sólidos em suspensão. Esse decantador precisa ter uma coluna suficiente para decantação ideal, pois é nele que ocorre a separação as fases líquidas e sólidas do sistema, sendo a fase líquida o efluente final que é descartado e a fase sólida é o lodo sedimentado que depois é recirculado para o segundo reator anóxico (Figura 1).



**Figura 1 - Configuração esquemática dos reatores**

## MONITORAMENTO E ANÁLISES

O monitoramento do sistema foi realizado diariamente, para o acompanhamento das atividades do mesmo. As determinações químicas efetuadas durante o período experimental seguiram as recomendações do APHA (2012). No entanto, ácidos graxos voláteis e alcalinidades foram determinados com base no método Kapp descrito por Buchauer (1998). A Tabela 1 mostra as variáveis dos parâmetros analisadas e os métodos utilizados possibilitando assim a verificação de eficiência de remoção dos mesmos.

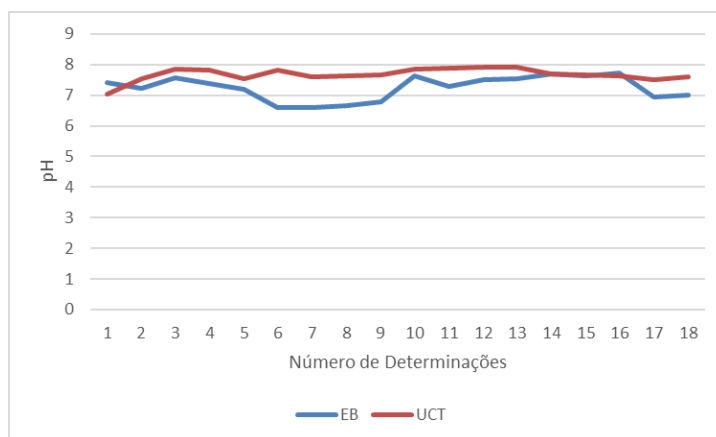
**Tabela 1 - Métodos analíticos dos parâmetros realizados durante a pesquisa**

Variáveis	Métodos Analíticos	Referência
*DQO (mgO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	Titulométrico Refluxação Fechada	5220 C. / APHA (2012)
pH	Potencio métrico	4500 / APHA (2012)
Temperatura (°C)	-	2550 / APHA. (2012)
Alcalinidade Total (mgCaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup> )	Kapp	BUCHAUER (1998)
AGV(mgH <sub>Ac</sub> .L <sup>-1</sup> )	Kapp	BUCHAUER (1998)
Nitrato (mgN-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .L <sup>-1</sup> )	Salicilato de Sódio	RODIER <i>et al.</i> (1975)
Nitrito (mg N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> .L <sup>-1</sup> )	Colorimétrico Diazotização	4500-NO2 B. / APHA. (2012)
Amônia (mgN-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> .L <sup>-1</sup> )	Semi-Micro Kjeldahl	4500-NH3 / APHA (2012)
Fósforo e Frações (mg.L <sup>-1</sup> )	Ácido Ascórbico	4500-P E./ APHA (2012)
*SST (mg.L <sup>-1</sup> )	Gravimétrico	2540 D. / APHA (2012)
*SSV (mg.L <sup>-1</sup> )	Gravimétrico	2540 E. / APHA (2012)

\*DQO – Demanda Química de Oxigênio; N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – Nitrogênio Amoniacal; pH – Potencial Hidrogeniônico; SST – Sólidos Suspensos Totais; SSV – Sólidos Suspensos Voláteis; SSF – Sólidos Suspensos Fixos; AGV – Ácidos graxos voláteis.

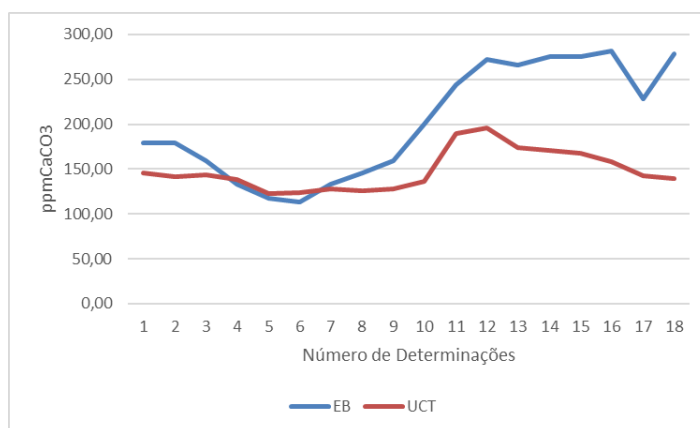
## RESULTADOS

A figura 2 representa o comportamento do Potencial Hidrogeniônico (pH) durante a avaliação experimental. Os resultados encontrados para pH no sistema UCT, apresentou valor médio de 7,6, variando de 7,03 a 7,92 unidades de pH. No EB o valor médio de pH foi de 7,2, com variação de 6,6 a 7,72. Os valores encontrados durante a avaliação experimental se mostraram com baixas variações, apresentando desta forma boa estabilidade para os processos aeróbios de tratamento de esgotos domésticos.



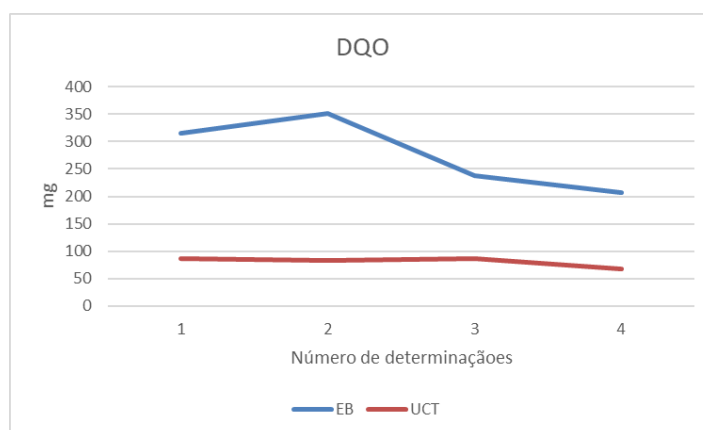
**Figura 2 - Comportamento do pH no sistema experimental avaliado (EB-UCT)**

Durante o monitoramento do sistema os resultados da alcalinidade total apresentaram concentração média no sistema UCT de 148,58 ppmCaCO<sub>3</sub>, havendo uma variação de 122,48 a 196,35 ppmCaCO<sub>3</sub>. No EB a concentração média foi de 202,39 ppmCaCO<sub>3</sub>, com variação de 133,60 a 281,60 ppmCaCO<sub>3</sub>, essas oscilações acontecem no sistema, por causa das reações bioquímicas que representam transformação da amônia a nitrito e de nitrito a nitrato, tendo como produto final a nitrificação, na qual a mesma faz assimilação da alcalinidade (ver Figura 3).

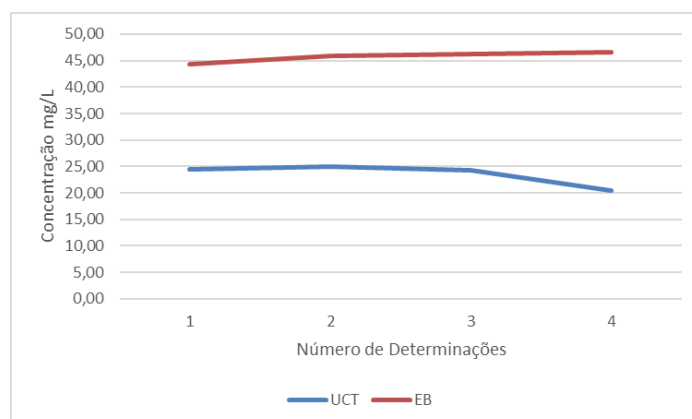


**Figura 3 - Comportamento da alcalinidade total no sistema experimental avaliado (EB-UCT)**

Os resultados indicam que nas determinações de DQO, o valor médio foi de 278 mg O<sub>2</sub>/L,  $\pm$  67 no esgoto bruto, e no efluente do sistema UCT, o valor da média foi de 67,21 mg O<sub>2</sub>/L  $\pm$  8,88, variando de 68 a 87 mg O<sub>2</sub>/L (Figura 4). Esses resultados demonstram que a eficiência do sistema foi de 70,87% na remoção desse componente, quando comparado ao EB.



**Figura 4 - Comportamento da DQO no sistema experimental avaliado (EB-UCT)**



A Figura 5 representa o comportamento da concentração de nitrogênio amoniacal durante a avaliação experimental.

As concentrações médias encontradas foram de 45,78 mg/L no EB e 23,53 mg/L no sistema UCT. Durante o processo de tratamento, o sistema UCT apresentou uma eficiência de remoção de 49%.

A remoção obtida neste experimento, ainda é está abaixo dos valores recomendados para lançamento de efluentes (CONAMA 430/2011 – valor máximo de 20 mgN/L), bem como, o que preconiza a literatura a respeito de remoção de nitrogênio amoniacal (acima de 80%), contudo, este experimento ainda precisa de maiores cargas afluentes para atingir o ápice de eficiência.

Parte essencial deste trabalho e de qualquer sistema biológico de tratamento de águas residuárias é a avaliação de sólidos no sistema, pois este parâmetro indica a remoção do material orgânico do meio líquido bem como a produção de biomassa necessária ao processo de tratamento, sendo responsável pela clarificação do efluente final.

As concentrações de SSV estão representadas na Tabela 2. Relacionando os resultados encontrados, foi possível obter eficiência de remoção de 95,3%. Mota (2015), em seu estudo, conseguiu remover 82,7% dos SSV, mostrando que a eficiência do sistema mesmo com tempo de operação reduzido foi mais eficiente na remoção desse parâmetro. Esses valores médios atendem aos padrões exigidos pelo CONAMA 430/2011 para padrões de lançamento.

**Tabela 2 - Concentração de sólidos suspensos voláteis do sistema experimental avaliado (EB-UCT)**

<b>VARIÁVEIS ESTATÍSTICAS</b>	<b>EB (mg/L)</b>	<b>LM (UCT) (mg/L)</b>	<b>EF (UCT) (mg/L)</b>
<b>Média</b>	57,33	341,33	2,67
<b>Desvio padrão</b>	40,41	164,41	3,06
<b>Máximo</b>	94	512	6
<b>Mínimo</b>	14	184	0

## CONCLUSÕES

O sistema UCT construído demonstrou eficiência em seu funcionamento, com todos os dispositivos funcionando em condições de operação satisfatórias, apresentando bom desempenho frente aos processos necessários do sistema UCT de 5 estágios.

A produção de biomassa do sistema foi limitada a concentração de carga orgânica aplicada, contudo, as eficiências de remoção de matéria orgânica, sólidos e nutrientes foram satisfatórias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22th. Washington: Public Health Association, 2012.
2. BUCHAUER, K. A. A comparison of two simple titration procedures to determine volatile fatty acids in effluents to waste – water and sludge treatment processes. Water S. A. v. 1, n. 24, 1998, p. 49 – 56.
3. CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO 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.
4. \_\_\_\_\_. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. p. 9.
5. METCALF E EDDY. Wasterwater Engineering: Treatment and reuse. 4. ed. New York: McGraw-Hill International edition, 2003.
6. RODIER, J. L'analyse de l'eau: eauxnaturelles, euaxrésiduales, eaux de mer. Volume 1, 5. ed. Dunod (Ed.) Paris. 1975. p 692.
7. VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 4 Lodos Ativados. 2 ed. Belo Horizonte: Belo Horizonte: DESA-UFMG, v1.P.428, 2002
8. VAN HAANDEL, A.; MARAIS G., O comportamento do Sistema de Lodo Ativado. Campina Grande, PB: epgraf, 488 p. 1999.