



## **II-455 - DESEMPENHO DA CONCHA DO MOLUSCO SURURU (*MYTELLA FALCATA*) NO CONTROLE DO pH DE REATOR ACIDOGÊNICO PARA O TRATAMENTO DA MANIPUEIRA**

**João de Lima e Silva**

Discente do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas – UFAL – e bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas – FAPEAL.

**Márcio Gomes Barboza**

Professor Adjunto da Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP.

**Vicente Rodolfo Santos Cezar**

Professor do Centro Federal de Educação Tecnológica de Alagoas – CEFET/AL. Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP.

**Vitor Rafael de Andrade Assunção**

Discente do Curso de Engenharia Civil da UFAL. Bolsista do Programa Institucional de Iniciação Científica (PIBIC).

**Viktor Amadeu Silva Campos**

Engenheiro Civil. Discente do Mestrando em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Alto da Boa Vista, 10 - Jacintinho - Maceió - AL - CEP: 57040-050 - Brasil - Tel: (82) 3214-1507- e-mail: [joaold@gmail.com](mailto:joaold@gmail.com)

### **RESUMO**

O processamento da mandioca para a extração de farinha ou de fécula gera resíduos sólidos e líquidos cujo impacto no meio ambiente pode ser bastante significativo. Dentre esses resíduos, a manipueira, líquido resultante da prensagem da massa de mandioca ralada, é o mais agressivo. A manipueira possui elevada carga orgânica e efeito tóxico devido ao cianeto. Os reatores anaeróbios têm se mostrado eficientes no tratamento deste resíduo uma vez que permitem elevada remoção de carga orgânica e cianeto e a produção de biogás. O tratamento anaeróbio para a manipueira requer, entretanto, a correção do pH na fase acidogênica mediante o uso de óxido de cálcio (CaO), hidróxido de sódio (NaOH), entre outros. Contudo, o custo financeiro destes produtos pode comprometer a implantação e a operação dos sistemas de tratamento. Assim, a utilização de materiais alternativos se torna necessária. Este trabalho propõe a estabilização do pH da manipueira através de conchas de sururu. O sururu é um molusco encontrado em ambientes como a Lagoa Mundaú no estado de Alagoas, Nordeste Brasileiro. Os resultados demonstraram a viabilidade das conchas no controle do pH. O pH efluente do sistema variou entre 6,2 e 7,2. A remoção máxima de DQO foi de 59%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento da manipueira; Estabilização do pH; Conchas de sururu.

### **INTRODUÇÃO**

#### **Manipueira**

A manipueira é um resíduo líquido gerado durante a prensagem da mandioca para a produção da farinha ou no processo de extração e purificação de fécula. Possui Demanda Química de Oxigênio (DQO) variável entre 60g.L<sup>-1</sup> e 100g.L<sup>-1</sup> e efeito tóxico devido à presença de cianeto que chega até 240mg.L<sup>-1</sup> (BARANA, 2000). O resíduo extraído para fabricação de fécula e para produção de farinha e mostrado na e Figura 1.



**Figura 1 - Manipueira: (a) da extração de fécula; (b) da produção de farinha.**

O tratamento anaeróbico é o mais adequado para a manipueira. Segundo Ghosh *et al.* (1985) *apud* Ribas (2003), os sistemas anaeróbios destinados ao tratamento do resíduo devem ser empregados com separação física de fases devido a instabilidade a que estão sujeitos quando da operação em fase única. O sistema de digestão em duas fases é formado por dois reatores dispostos em série. Em cada reator ocorre uma fase bioquímica, acidogênica ou metanogênica. O primeiro reator é controlado para promover o crescimento e proliferação de bactérias formadoras de ácidos, enquanto o segundo recebe o produto do primeiro e tem as condições de operação ajustadas para serem ótimas às arqueobactérias metanogênicas (GHOSH *et al.*, 1975, PARIS *et al.*, 1983, BORJA & BANKS, 1996 *apud* RIBAS, 2003).

Os efluentes dos reatores acidogênicos em sistemas de tratamento da manipueira possuem comumente pH inferior a 6 inadequados, portanto, aos microrganismos metanogênicos. Surge então a necessidade de adição de metais alcalinos como Na, K, Ca e Mg para corrigi-lo. O custo destes produtos sob a forma comercial pode, no entanto, comprometer a implantação e operação dos sistemas de tratamento. Assim, a utilização de materiais alternativos, a exemplo da concha do sururu, cuja composição apresenta 43% de Óxido de Cálcio (CaO), conforme Tabela 1, se torna necessária. Este trabalho propõe o uso da concha do Sururu (*Mytella Falcata*) na estabilização do pH no tratamento biológico anaeróbico da manipueira.

### Sururu

O tratamento anaeróbico de resíduos orgânicos gerados no processamento da mandioca traz algumas dificuldades, principalmente devido à acidificação do reator, tornando o processo oneroso pela necessidade de constante correção do pH (BARANA, 2000). A manipueira fermenta de forma rápida, geralmente devido a acidificação do reator com conseqüente queda de pH situação que inibe a eficiência da fase metanogênica.

O efluente da fase acidogênica em sistemas anaeróbico de tratamento da manipueira possui comumente pH inferior a 6, portanto, inadequado aos microrganismos metanogênicos. Tem-se então, a necessidade de adição de metais alcalinos como Na, K, Ca ou Mg para estabilização do pH de forma que seja mantido entre 6 e 7. O custo destes produtos na forma comercial, quando se consideram a quantidade e a periodicidade necessárias para estabilização do pH em tratamentos na escala real, pode comprometer a implantação e operação dos sistemas de tratamento, sobretudo daqueles implantados em casas de farinha de pequeno porte. Assim, a utilização de materiais alternativos, de baixo ou de nenhum custo se torna ainda mais relevante.

A viabilidade econômica do tratamento pode então depender da utilização de materiais que compatibilizem a atividade de controle do pH com baixo custo. Neste sentido, utilizaram-se neste trabalho as conchas de sururu.

O sururu *Mytella falcata*, é um molusco lamelibrânquio da família *Mytilidae* amplamente distribuído na América Latina encontrado no litoral do Atlântico e do Pacífico. Serve de alimento para peixes, aves e populações humanas que exploram o recurso como fonte de renda e alimentação. Na Figura 2 são mostradas as conchas nos tamanhos mais comuns. Na Tabela 1 é apresentada a composição média das conchas.



Tabela 1: Composição química média da concha de Sururu.

Perda ao Rubro	47,36%
Óxido de Silício (SiO <sub>2</sub> )	0,80%
Resíduo Insolúvel	0,34%
Óxido de Ferro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Traços
(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) Óxido de Alumínio	2,43%
Óxido de Cálcio (CaO)	43,12%
Óxido de Magnésio (MgO)	3,52%
Óxido de Sódio (Na <sub>2</sub> O)	0,47%
Óxido de Potássio (K <sub>2</sub> O)	0,02%

Adaptado: Gomes (2004).

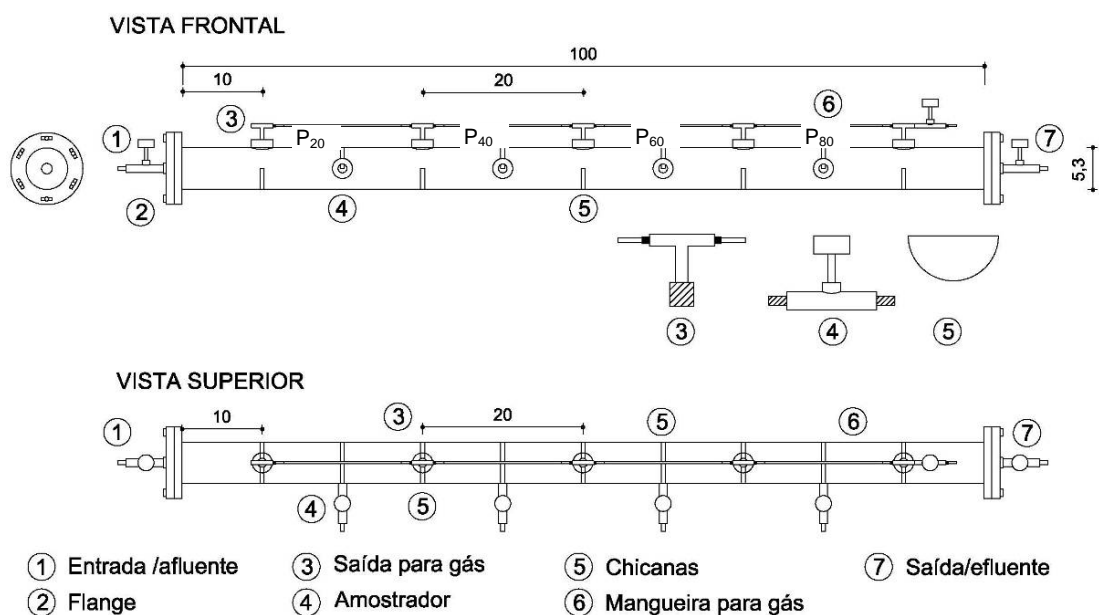


Figura 2: Conchas de sururu abertas (esq.), conchas utilizadas no sistema de tratamento (dir.).

No Nordeste Brasileiro o sururu tem como um dos habitats a lagoa Mundaú, que forma com o mar a restinga onde se edificou a cidade de Maceió, estado de Alagoas (GOMES *et al.*, 2004). Prolifera nas partes mais rasas. A salinidade abaixo de 5‰ no período chuvoso ocasiona acentuada mortalidade dos espécimes, podendo chegar à dizimação total se o período for superior a 10 dias em teores de 2‰. Salinidade superior a 20‰ pode retardar o crescimento e provocar mortalidade nos bancos naturais. Em casos extremos (25 a 30‰) também provoca a mortalidade das populações.

## MATERIAL E MÉTODOS

O sistema monitorado foi constituído de 1 Reator Anaeróbio Horizontal com Chicanas (RAHC) em escala de bancada fabricado em acrílico com 104cm de comprimento, 5,2cm de diâmetro externo, volume útil de 2,4L e com leito suporte para fixação de microrganismos e estabilização de pH constituído exclusivamente por conchas de sururu. O reator foi construído com chicanas dispostas longitudinalmente a cada 10cm cujas finalidades principais são auxiliar na fixação de microrganismos e a redução da colmatagem. O tempo de detenção hidráulica (TDH) do sistema foi mantido em 24 horas. A carga orgânica afluenta foi administrada com manipueira diluída a 5% resultando em 2,2g.L<sup>-1</sup> de DQO média. Na Figura 3 é mostrado o projeto simplificado do RAHC e na Figura 4 é apresentada a instalação experimental monitorada.



**Figura 3: Reator Anaeróbio Horizontal com Chicanas. Adaptado: Barboza *et al.* (2005).**



**Figura 4: Instalação experimental com RAHC.**

O reator foi operado em fase acidogênica durante 3 meses. Na inoculação, o lodo foi distribuído sobre uma manta formada por 400g de conchas de sururu com densidade  $2,52\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  distribuídas uniforme e longitudinalmente, ocupando aproximadamente metade da seção transversal do reator. A avaliação da adequabilidade das conchas ao controle de pH foi avaliada através de determinações quinzenais de perfis de pH, ácidos voláteis e alcalinidade e do monitoramento semanal da eficiência na remoção de DQO. As amostras foram recolhidas em 6 pontos distintos do reator: entrada,  $P_{20}$ ,  $P_{40}$ ,  $P_{60}$ ,  $P_{80}$ , e saída situados, respectivamente, a 0cm, 20cm, 40cm, 60cm, 80cm e 104cm da entrada (Figura 3).





## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram a viabilidade das conchas de sururu no controle do pH, conforme mostrado na Tabela 2 e na Figura 5. O sistema alcançou estabilidade na terceira semana de operação. O pH na saída esteve entre 6,2 e 7,2. A relação acidez volátil/alcalinidade no reator se manteve entre 0,1 e 0,3 indicando estabilidade do sistema (CAMPOS, 1999). A eficiência máxima na remoção de DQO foi de 59%. O comportamento de cada parâmetro no período de operação é mostrado a seguir.

### pH

O pH médio na entrada do sistema foi de 4,6, na saída foi verificado um valor médio de 6,7. Este valor é adequado para afluentes de módulos metanogênicos que deve se situar, normalmente, entre 6,0 e 8,0. As variações longitudinais do pH são apresentadas na Tabela 2 e ilustradas na Figura 5. Observa-se que a estabilidade do pH no sistema ocorreu a 40cm da entrada, correspondente a 10 horas de contato do substrato com o leito suporte formado por conchas de sururu.

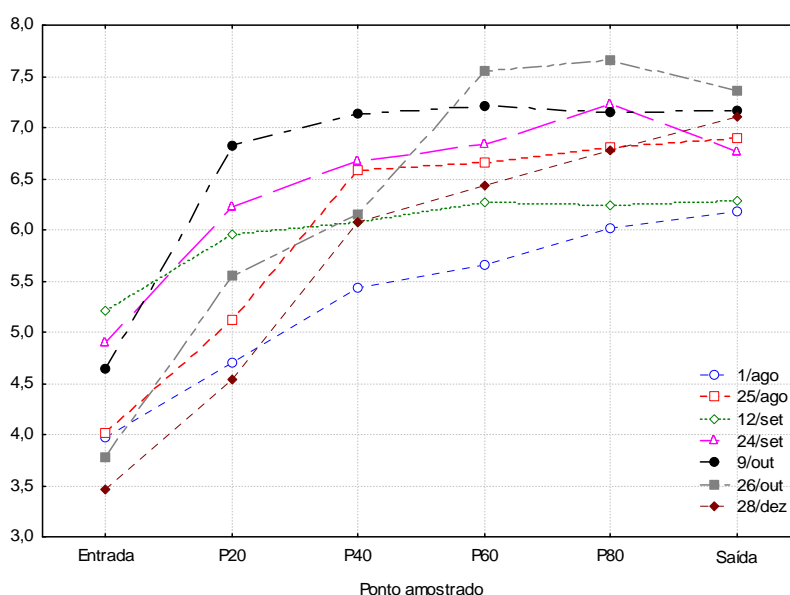


Figura 5: Variação longitudinal de pH no RAHC.

Tabela 2: pH observado no monitoramento do sistema.

Dia/mês	1/ago	25/ago	12/se t	24/se t	9/out	Médio
<b>Afluentes</b>	4,0	4,0	5,2	4,9	4,7	4,6
<b>P<sub>20</sub></b>	ND	5,1	6,0	6,2	6,8	5,8
<b>P<sub>40</sub></b>	5,4	6,6	6,1	6,7	7,1	6,4
<b>P<sub>60</sub></b>	5,7	6,7	6,3	6,8	7,2	6,5
<b>P<sub>80</sub></b>	6,0	6,8	6,2	7,2	7,2	6,7
<b>Efluente</b>	6,2	6,9	6,3	6,8	7,2	6,7

ND: não determinado

### Ácidos voláteis e alcalinidade total

Na Tabela 3 e na Figura 6 são apresentados os valores de ácidos voláteis. O sistema apresentou baixa tendência para o consumo de ácidos que se situou em torno de 312mgCaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup> na entrada e de 242mgCaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup> na saída. A oscilação maior na acidez volátil ocorreu nas 10 primeiras horas de contato do substrato com o leito de sururu, quando se estabilizou e tornou-se pouco significativo desde o ponto situado a 40cm da entrada do reator.


Tabela 3: Acidez volátil ( $\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$ ) observada no sistema.

Dia/mês	1/ago	25/ago	12/set	24/set	9/out	Média
<b>Afluente</b>	73,7	386,4	317,4	312,8	469,2	<b>311,9</b>
<b>P<sub>20</sub></b>	82,6	437,0	285,2	418,6	280,6	<b>300,8</b>
<b>P<sub>40</sub></b>	91,4	340,4	280,6	294,4	230,0	<b>247,4</b>
<b>P<sub>60</sub></b>	119,1	327,1	280,6	340,4	202,4	<b>253,9</b>
<b>P<sub>80</sub></b>	113,9	311,8	262,2	266,8	211,6	<b>233,3</b>
<b>Efluente</b>	100,5	271,4	303,6	349,6	184,0	<b>241,8</b>

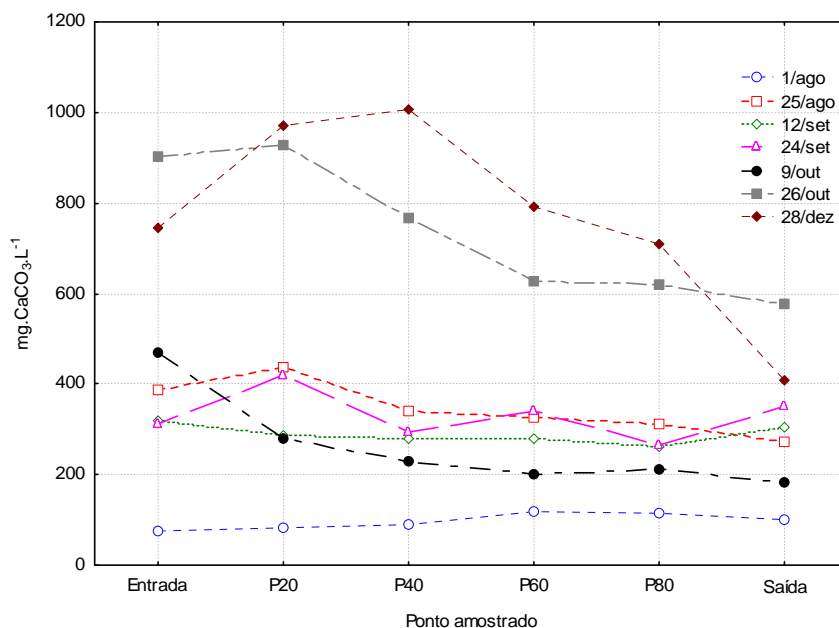


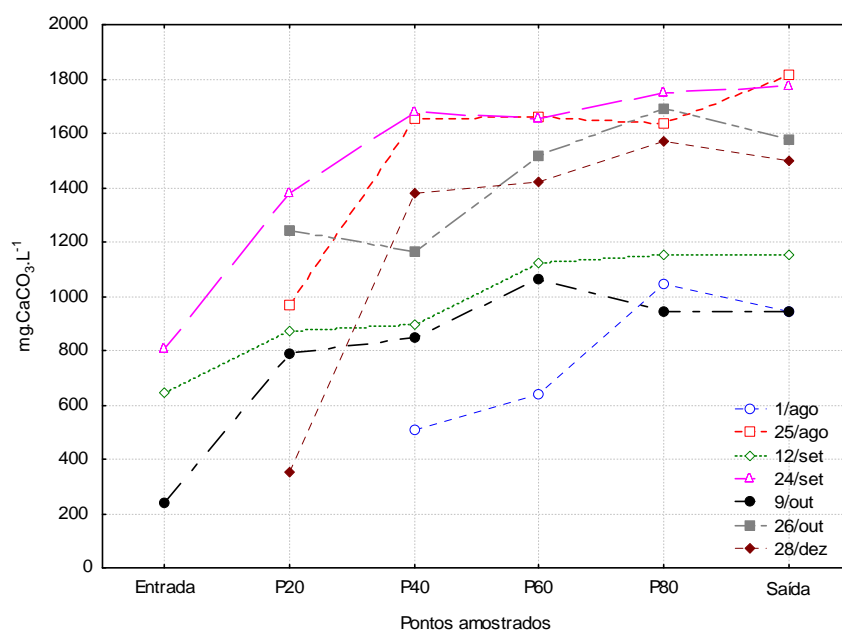
Figura 6: Variação espacial de ácidos voláteis no RAHC.

Os valores de Alcalinidade total são apresentados na Tabela 4 e na Figura 7. O reator manifestou alto ganho de alcalinidade com variação média de  $562\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$  na entrada e de  $1.325\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$  na saída. A exemplo da acidez volátil, a variação mais significativa da alcalinidade aconteceu nos primeiros 40cm do reator tendendo a estabilidade a partir deste ponto.

Tabela 4: Alcalinidade total ( $\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$ ) observada no sistema.

Dia/mês	1/ago	25/ago	12/set	24/set	9/out	Média
<b>Afluente</b>	ND	ND	644,0	805,0	236,4	<b>561,8</b>
<b>P<sub>20</sub></b>	ND	966,0	874,0	1380,0	788,0	<b>1002,0</b>
<b>P<sub>40</sub></b>	506,0	1656,0	897,0	1679,0	847,1	<b>1117,0</b>
<b>P<sub>60</sub></b>	638,9	1661,1	1124,4	1656,0	1063,8	<b>1228,8</b>
<b>P<sub>80</sub></b>	1047,8	1635,6	1150,0	1748,0	945,6	<b>1305,4</b>
<b>Efluente</b>	945,6	1814,4	1150,0	1771,0	945,6	<b>1325,3</b>

ND: não determinado



**Figura 7: Variação longitudinal de alcalinidade total no RAHC.**

A relação acidez volátil/alcalinidade total (AV/AT) é utilizada como uma estimativa do desempenho do processo de digestão anaeróbio. Segundo Silva (1977) *apud* Ribas (2003), as concentrações dos ácidos voláteis e de alcalinidade total do substrato em digestão são os principais valores mensuráveis do estado do processo de digestão. Para Campos (1999), enquanto essa relação variar entre 0,1 e 0,3 o sistema está estável. Quando a relação AV/AT ultrapassar 0,5 mostra algum distúrbio ou sobrecarga do processo.

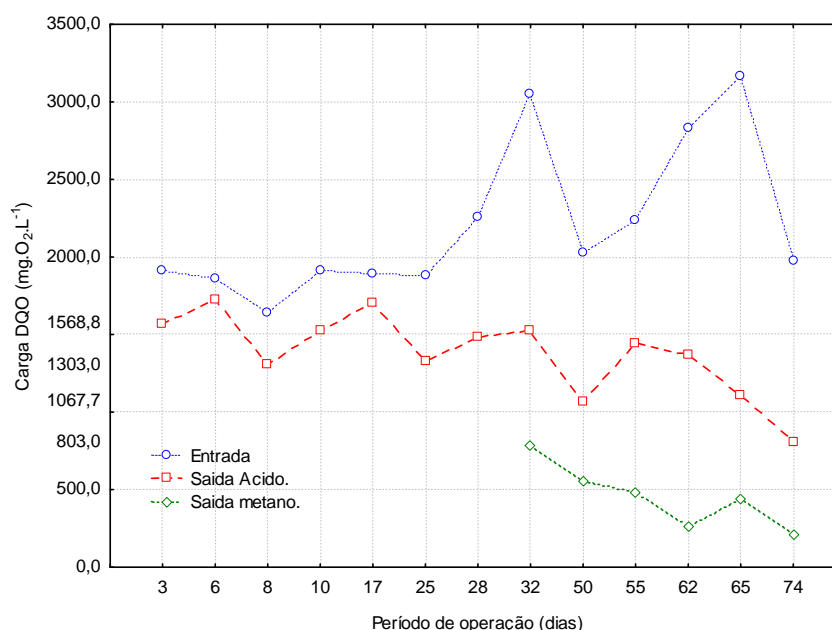
Embora a relação AV/AT se refira mais especificamente a reatores metanogênicos optou-se, em razão do desempenho e da configuração horizontal do reator, por considerá-la para avaliação da estabilidade dos diversos pontos de coleta distribuídos no comprimento do sistema acidogênico operado. A 20cm da entrada, a relação AV/AT apresentou o maior valor. A partir deste ponto, o sistema mostrou estabilidade sendo verificadas relações médias de 0,23 e 0, 21 a 40cm e a 60cm, respectivamente. A 80cm e na saída do reator a relação AV/AT se situou em torno de 0,18. No sistema, a relação AV/AT média ficou em 0,36.

### **Demanda química de oxigênio**

**Tabela 5: DQO administrada e reduzida no sistema.**

Dia/mês	Operação (dias)	Afluente (mg.O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	Efluente (mg.O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	COV (mg.DQO.L <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	Eficiência (%)
1/ago	5	1642,3	1303,0	714,1	21
10/ago	14	1889,4	1707,4	821,5	10
18/ago	22	1877,6	1332,4	816,4	29
25/ago	29	3048,1	1530,9	662,6	50
12/set	47	2023,5	1067,7	439,9	47
17/set	52	2236,7	1442,7	486,2	36
24/set	60	2832,3	1369,1	615,7	52
6/out	72	1972,0	803,0	428,7	59
Média		2190,2	1319,5	623,1	38

COV: carga orgânica volumétrica



**Figura 8: DQO administrada no sistema.**

A DQO administrada no sistema com as respectivas eficiências e carga orgânica volumétrica (COV) é apresentada na Tabela 5 e na Figura 8. A média da COV afluente foi de 623mgDQO.L<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>. A partida do sistema ocorreu em aproximadamente 14 dias, período a partir do qual a eficiência se estabilizou em torno de 38%. Após 72 dias de operação, o sistema alcançou a eficiência máxima igual a 59%.

## CONCLUSÕES

A partida do sistema ocorreu em aproximadamente 14 dias, período a partir do qual a eficiência se estabilizou em torno de 38%. Após 72 dias de operação, o sistema alcançou a eficiência máxima igual a 59%.

As conchas de sururu permitiram a estabilidade do reator acidogênico operado para tratamento da manipueira. Os resultados demonstraram que as conchas são adequadas para o controle do pH, preservam a produção de ácidos voláteis e aumentam a alcalinidade total do reator. Nestas condições, a eficiência do sistema alcançou estabilidade em 14 dias de operação, sustentou-se em 38% e apresentou valor máximo de 59% após 72 dias de operação.

O pH do sistema variou em média de 4,6 na entrada para 6,7 na saída, apropriado para afluentes de sistemas metanogênicos. Este aumento ocorreu 10 horas após a introdução do resíduo no sistema de tratamento; decorrido este tempo, o pH alcançou estabilidade. Isto induz a consideração de que há necessidade de contato do substrato com as conchas de sururu apenas nos 40cm iniciais do reator nas condições de operação admitidas. O curto tempo necessário à estabilidade favorece ao tratamento visto que permite a redução do TDH da etapa acidogênica.

Os resultados alcançados trazem ótimas perspectivas para a destinação dos resíduos produzidos na industrialização da mandioca. É pertinente, contudo, salientar que a carga orgânica admitida neste estudo foi apenas de 5% da carga do resíduo *in natura*. Cabe, desta forma, a necessidade de avaliação do material em contato com o resíduo sob propriedades físicas e químicas mais próximas às naturais.





## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Laboratório de Saneamento Ambiental da UFAL – LSA/CTEC/UFAL – pela oferta de subsídios à realização das análises físicas e químicas, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas – FAPEAL – pela concessão de auxílio financeiro, à Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias – EMBRAPA – e ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Alagoas – CEFET/AL – pela disponibilização de apoio logístico para as coletas de resíduo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARANA, A. C. Avaliação de tratamento de manipueira em biodigestores fase acidogênica e metanogênica. Botucatu,. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 82p. 2000.
2. 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. Anais, Campo Grande: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.
3. CAMPOS *et al.*, J. R. Tratamento de esgoto sanitário por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 464p.
4. GOMES, P.C.C.; LAMEIRAS, R. de M.; ROCHA, S.R.G. da. Relatório Final: Obtenção de materiais à base de cimento com resíduo do estado de Alagoas: um caminho para o desenvolvimento sustentável da construção. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas, Maceió. 33p. 2004.
5. RIBAS, M. M. F. Comparação da estabilização da manipueira com calcário e hidróxido de sódio na fase acidogênica da biodigestão anaeróbia e uso do biofertilizante. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 94p. 2003.