

APLICAÇÃO DE REATOR ANAERÓBICO NA PROMOÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE ÁGUA DE REUSO

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.933112427098>

Data de aceite: 22/10/2024

Ariston da Silva Melo Júnior

Universidade Estadual de Campinas –
UNICAMP, Departamento de Saneamento
Básico, Campinas, SP, Brasil

Alana Couto da Cruz

Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU,
São Paulo, SP, Brasil

Matteo Rodrigues de Moraes Santos

Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU,
São Paulo, SP, Brasil

Michelle Ferreira Silva

Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU,
São Paulo, SP, Brasil

Pietro José Zanela

Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU,
São Paulo, SP, Brasil

William Augusto Godoi Gois

Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU,
São Paulo, SP, Brasil

Yeda Juliana De Sousa

Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU,
São Paulo, SP, Brasil

RESUMO: O estudo e preservação dos recursos hídricos no planeta Terra são de vital importância para que as futuras gerações possam usufruir dos benefícios

e necessidades de água potável. Frente a crescente escassez de água no mundo, cada vez mais a engenharia civil e principalmente o seu ramo sanitário tem um papel importante para garantir a sustentabilidade e o desenvolvimento econômico no mundo. Governos e Universidades Públicas têm investido na formação de técnicos e cientistas para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, entre elas os sistemas alternativos. Esses sistemas utilizam técnicas de baixo custo de implantação e manutenção de modo, a gerar resíduos reaproveitáveis ao setor industrial e agrícola e assim, preservar as fontes hídricas limpas para o consumo humano. Entre os sistemas alternativos em desenvolvimento contínuo, têm-se os reatores anaeróbicos. A presente pesquisa estudou durante cinco dias o funcionamento de um projeto temático de reator anaeróbico compartimentado instalado na FEAGRI na UNICAMP. Para tanto, o foco central do estudo foi à avaliação da condutividade elétrica presente antes e após o tratamento alternativo. Para o período de estudo os resultados foram promissores e objetivos, sendo que houve uma melhora no padrão de condutividade elétrica em 67,07% em relação ao esgoto in natura.

PALAVRA-CHAVE: Recurso Hídrico, Saneamento, Civil, RAC, Meio Ambiente.

APPLICATION OF ANAEROBIC REACTOR IN PROMOTING ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF REUSE WATER

ABSTRACT: The study and preservation of water resources on planet Earth are of vital importance so that future generations can enjoy the benefits and needs of drinking water. Faced with the growing scarcity of water in the world, civil engineering and especially its health sector plays an important role in ensuring sustainability and economic development in the world. Governments and Public Universities have invested in training technicians and scientists for the development of sustainable technologies, including alternative systems. These systems use low-cost implementation and maintenance techniques in order to generate reusable waste for the industrial and agricultural sector and thus preserve clean water sources for human consumption. Among the alternative systems in continuous development are the anaerobic reactors. The present research studied for five days the operation of a thematic project of compartmentalized anaerobic reactor installed at FEAGRI at UNICAMP. Therefore, the central focus of the study was the evaluation of the electrical conductivity present before and after the alternative treatment. For the study period, the results were promising and objective, and there was an improvement in the electrical conductivity pattern by 67.07% in relation to raw sewage.

KEYWORDS: Water Resource, Sanitation, Civil, RAC, Environment.

INTRODUÇÃO

A necessidade de preservar e manter o meio que vivemos, procurando garantir o equilíbrio entre as necessidades do homem e a manutenção do meio ambiente vem gradativamente sendo cada vez maior sua preocupação e conscientização.

Visando o desenvolvimento sustentável que atenda o momento presente, sem deixar um passivo ambiental que possa comprometer a qualidade de vida das futuras gerações, é imprescindível a efetivação de um sistema de saneamento básico eficiente, onde os resíduos das atividades humanas não sejam despejados diretamente no meio ambiente, causando a contaminação do solo, rios e nascentes.

A água consumida de uma fonte contaminada pode disseminar doenças severas, a exemplo da hepatite, da cólera, das salmonelas e outras.

Schoenhals *et al.* (2007) comentam que o lançamento direto de efluentes sem o devido tratamento nos cursos de água acarreta desequilíbrios ecológicos e poluição em função da redução do teor de oxigênio dissolvido (OD) na água, disseminação de patógenos e contaminação das águas potáveis com amônia, nitratos e outros elementos tóxicos.

A água dos rios dessas bacias não indica características de água potável, ou seja, que não demandam tratamento sofisticado. O solo é ocupado, ainda, por propriedades agrícolas que também geram produtos que poluem e contaminam os corpos de água (ou mananciais) superficiais e subterrâneos (SILVA e NOUR, 2005).

Atualmente existe uma grande diversidade de alternativas técnicas de tratamento de saneamento próximas à fonte de esgoto. São sistemas simples, de eficiência comprovada, mais barato e com maior eficiência em relação às alternativas tradicionais.

Algumas destas alternativas, inclusive, podem gerar economia com a utilização dos gases liberados na digestão como fonte de energia para o fogão doméstico e a parte líquida como bio-fertilizante rico em nutrientes naturais que não agridem o meio ambiente.

Uma opção para solucionar o problema que as atividades zootécnicas e agrícolas causam aos recursos hídricos é o reator anaeróbico compartimentado.

Para Zanella (1999) e Silva (2001) o reator anaeróbico compartimentado mostrou-se promissor no tratamento de águas residuárias, pela eficiência na remoção de matéria orgânica e sólida em suspensão, pelo baixo custo de implantação e operação e pela simplicidade de operação.

Como foco de estudo a presente pesquisa estudou um reator anaeróbico projetado e em fase inicial de operação no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Nesse estudo objetivou-se o monitoramento da condutividade elétrica presente no tratamento residual.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Recursos Hídricos no Brasil

Em função de suas dimensões continentais, o Brasil apresenta grandes variações relacionadas ao clima, geologia, relevo, vegetação e também de recursos hídricos, desenvolvimento econômico e social e de distribuição da população. Em relação às águas superficiais, o Brasil abriga 13,7% da água doce do mundo, mas mais de 73% desta água doce disponível encontra-se na bacia Amazônica, que é habitada por menos de 5% da população. Por outro lado, apenas 27% dos recursos hídricos superficiais brasileiros estão disponíveis para as demais regiões, onde residem 95% da população do país (LIMA, 1999). Portanto, o Brasil, mesmo que disponha de recursos hídricos abundantes, devido à sua má distribuição, não está livre da ameaça de uma crise de abastecimento nos próximos tempos.

Os problemas são maiores em bacias hidrográficas onde as retiradas de água superam a disponibilidade hídrica, o que obriga a busca de fontes alternativas de água pela população. Neste contexto, as bacias próximas a grandes centros urbanos são as mais prejudicadas, além de ter a agravante do comprometimento da qualidade das águas devido à urbanização descontrolada, que ocasiona o aumento nos custos de tratamento e restringe os usos da água (ANA, 2005).

Já no meio rural, as principais interferências aos recursos hídricos se dá pela destruição das áreas de vegetação permanentes, pela utilização indiscriminada de agrotóxicos e de fertilizantes e pela má destinação dos dejetos animais e humanos. Todos esses contaminantes são carregados pela água com as partículas de solo ou são depositados diretamente nos mananciais hídricos superficiais (GONÇALVES, 2003).

Devido à diminuição da qualidade das águas superficiais em virtude da contaminação pelas atividades antrópicas, ou então pelo elevado consumo em locais urbanizados, o uso das águas subterrâneas tem ganhado força como um ponto estratégico para a segurança no abastecimento de água.

Qualidade da água para consumo humano

A água de qualidade, isto é, aquela que atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos pelos órgãos responsáveis, é uma necessidade básica de qualquer ser humano.

Toda a água a ser usada num suprimento público, ou num privado, deve ser potável e não deve ser quimicamente pura, pois a água carente de matéria dissolvida e em suspensão não tem paladar e é desfavorável à saúde humana. Desta forma, manter a água potável e constantemente disponível ao homem é uma das obrigações dos órgãos governamentais fiscalizadores. Mas, não é apenas responsabilidade pública e, sim, de toda a sociedade por se tratar de bem essencial (SILVA, 2004).

A água é dita contaminada quando é constatada a presença de microorganismos patogênicos capazes de causar doenças e até mesmo epidemias ou substâncias químicas que fazem mal a saúde dos seres humanos (BATALHA, 1985).

Acredita-se que entre 80% e 90% das enfermidades sofrem influência da existência ou não de água e ou saneamento no meio onde vive o homem (MORETTO, 2003). Algumas das importantes doenças infecciosas relacionadas com a água são agrupadas em cinco categorias gerais, que ajudam a prever os prováveis efeitos das mudanças verificadas no abastecimento de água para a saúde do homem.

As doenças ligadas à qualidade da água são classificadas segundo Moretto (2003) em:

- a) doenças transmitidas pela água: quando a água atua somente como um veículo passivo para o agente infeccioso; todas essas doenças dependem também das precárias condições da disposição de dejetos animais e humanos;
- b) doenças associadas à água: uma parte necessária do ciclo da vida ao agente infeccioso se passa num animal aquático; algumas são também afetadas pela disposição de dejetos; não se inclui aqui as infecções que não tenham sido propagadas pelo contato da água por sua ingestão;
- c) doenças cujos vetores se relacionam com a água: são propagadas por insetos que nascem na água ou ficam perto dela. O encanamento nas casas faria com que as pessoas se afastassem das áreas onde podem ser picadas por esses insetos. Esse tipo de doença independe da disposição de dejetos visto que também se proliferam em água limpa;

d) doenças associadas ao destino de dejetos e por muito afetadas pela água mais diretamente: estas constituem o extremo de um espectro de doenças e, na sua maioria, são controladas pela manutenção da água limpa, juntamente com um grupo de infecções do tipo associadas à água, que podem ser adquiridas somente por meio da ingestão de peixes ou de outros organismos aquáticos crus e contaminados.

Sistema de tratamento anaeróbio por reator anaeróbio

O grande sucesso no desenvolvimento de tecnologias para o tratamento anaeróbio pode ser atribuído à introdução de reatores de alta taxa, como exemplo, os reatores UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) e o filtro anaeróbio nas décadas de 1970 e 1960 respectivamente (SILVA e NOUR, 2005).

Segundo Chernicharo (1997) as diversas características favoráveis dos sistemas anaeróbios, passíveis de serem operados com elevados tempos de retenção de sólidos e baixíssimos tempos de detenção hidráulica (θ_h), conferem grande potencial para a sua aplicabilidade no tratamento de águas residuárias de baixa concentração e as de alta concentração, para atividades agrícolas distintas, como a suinocultura.

A configuração do reator UASB consiste basicamente no regime hidráulico de fluxo ascendente e na incorporação de um dispositivo interno de separação sólidos/gás/líquido, dispensando o uso de um meio suporte para crescimento da biomassa. Isto favorece o desenvolvimento e retenção de uma biomassa concentrada e altamente ativa na zona de digestão, na forma de flocos densos ou lodo granulado (OLIVEIRA, 2005).

Consequentemente, o reator opera com tempos de retenção de sólidos (TRS) muito altos, mesmo quando submetido a um Tempo de Detenção Hidráulico (θ_h) muito baixo (FORESTI e OLIVEIRA, 1995).

Tratar esgotos utilizando reatores anaeróbios é uma opção positiva, sobretudo, para regiões de clima quente como no caso do Nordeste brasileiro (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994).

De acordo com Chernicharo (2007) algumas das vantagens do tratamento anaeróbio são: a baixa produção de sólidos totais em suspensão (STS); baixo consumo de energia, usualmente associado a uma elevatória chegada.

Foresti e Oliveira (1995) comentam que o sistema de reator anaeróbio tem baixos custos operacionais; baixa demanda de área; baixos custos de implantação; além da produção de metano (CH_4), um gás combustível de elevado teor calorífico; possibilidade de preservação da biomassa, sem alimentação do reator, por vários meses; tolerância a elevadas cargas orgânicas; aplicabilidade em pequena e grande escala e baixo consumo de nutrientes.

Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica da água representa a facilidade ou dificuldade de passagem da eletricidade na água.

Os compostos orgânicos e inorgânicos contribuem ou interferem na condutividade, de acordo com sua concentração na amostra, e a correta representação da temperatura possui um fator preponderante na medição correta da condutividade elétrica (MELO JÚNIOR, 2003).

Valores de condutividade elétrica da água são utilizados há décadas como indicativos da qualidade da água, com sua representação pelo Sistema Internacional em unidades miliSiemens por cm^2 ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-2}$) ou micro Siemens por cm^2 ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$).

Como a água é um solvente universal e em interação com o meio acaba por incorporar compostos gasosos em sua composição, pelo simples contato com o ar o que altera sua composição até a obtenção do equilíbrio com os gases do meio.

A condutividade elétrica em uma água é representada em sua maioria por sólidos dissolvidos em água, dos quais se destacam dois tipos: compostos iônicos e compostos catiônicos. Os compostos iônicos (cargas negativas, que possuem elétrons livres na camada de valência) são sólidos que se dissolvem em água e caracterizados como sendo cloretos, sulfatos, nitratos e fosfatos (MELO JÚNIOR, 2003).

Os compostos catiônicos (cargas positivas, que perderam elétrons na camada de valência) também interferem na condutividade elétrica da água e possuem cátions de sódio, magnésio, cálcio, ferro, alumínio e amônio. Desta forma, quando se mensura a condutividade elétrica de uma amostra, está se quantificando uma grande quantidade de compostos iônicos nela contidos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A análise do grau de condutividade elétrica foi realizada em um sistema de tratamento alternativo baseado em reator anaeróbico compartimentado (RAC).

O projeto, construção e fase inicial de funcionamento do RAC foram realizados no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

A fase de monitoramento e coleta de amostras de água residuárias (esgoto) ocorreu no mês de julho de 2024, com coletas durante cinco dias (22, 23, 24, 25 e 26) de amostras líquidas de entrada e saída. Isso gerou um total de 10 amostras para análise do parâmetro de potabilidade.

Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC)

A construção do reator anaeróbico compartimentado durou dois meses, sendo executado no período de maio até final de junho de 2024, com base nos pré-requisitos estabelecidos por Barros e Campos (1992), Povinelli (1994) e Nour (1996).

A vazão de alimentação do sistema RAC foi de $4,6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, empregando-se no projeto um tempo de detenção hidráulico (θ_H) de 0,5d (ou para melhor compreensão de 12 horas).

O volume total dos reatores projetados foi de $2,3 \text{ m}^3$, sendo o primeiro com $1,4 \text{ m}^3$ e o segundo com $0,9 \text{ m}^3$.

A introdução do afluente junto ao fundo dos compartimentos possibilitou um aumento do contato entre o substrato e a manta de lodo formada na camada inferior.

No projeto de execução adotou-se para construção, a técnica de ferrocimento.

A técnica de ferrocimento é uma técnica de construção em que se aplica uma camada de cimento sobre uma estrutura de ferro, esta feita de vergalhões envoltos por uma tela do metal. Não é tão resistente quanto o concreto armado, mas é uma alternativa de baixo custo em aplicações que não exijam muita resistência.

A Tabela 1 apresenta as características do sistema do reator anaeróbico compartimentado projetado.

	Primeiro Reator	Segundo Reator
Volume (V)	1,4 m ³	0,9 m ³
Diâmetro (D)	1,2 m	1,0 m
Altura (h)	1,3 m	1,1 m
Diâmetro tubulação de PVC	60 mm	60 mm

Tabela 1 – Esquema das dimensões de montagem do RAC.

O afluente de cada reator foi introduzido por uma tubulação de 60 mm prolongada até o centro dos compartimentos e redirecionada por um tubo em “tê” para o fundo do reator por uma segunda tubulação até a 15 cm do fundo (Figura 1a).

Na Figura 1a são visualizados os dois tanques durante a aplicação da argamassa do acabamento externo.

Pode-se observar o fundo interior do primeiro tanque apenas com o revestimento externo, destaca-se a perfeita visualização dos elementos da estrutura - as barras de ferro, a malha de arame e a tela de plástico - ainda expostas (Figura 1b).



1a: Vista geral do reator.



1b: Vista interna do reator.

Figura 1: Fase de Construção e detalhamento do sistema RAC.

A forma circular foi utilizada pelas facilidades que oferece nas construções das armaduras de ferrocimento e pela melhor distribuição das tensões externas, que se concentram nos cantos retos, para o caso de estruturas cúbicas.

A Figura 2 mostra em detalhe o dispositivo de entrada do efluente, com a tubulação de 50 mm de PVC direcionando o efluente para o centro e para o fundo do reator.



Figura 2: Detalhe interno do RAC.

A Figura 3 apresenta uma vista geral do RAC após seu término, com as conexões hidráulicas de entrada e saída do efluente e a tubulação (PVC branco de 100 mm) de entrada para uma mangueira de sucção do lodo, quando necessário para limpeza e descarte.



Figura 3: Fase operacional do RAC.

Metodologia Amostral

Foram coletadas dez alíquotas de amostras de 250 mL preservadas em garrafas PET deionizadas e mantidas a temperatura de -5°C para preservação de suas características iniciais.

As amostras coletadas totalizaram as cinco coletas de entrada (afluente) e de saída do tratamento (efluente).

Em laboratório tomou-se então o cuidado de deixar as amostras lentamente voltarem à temperatura ambiente para dar seguimento ao estudo científico e não haver interferência nas características iniciais pré-coleta.

Análise de Condutividade Elétrica

A leitura de condutividade elétrica foi feita de forma direta com o uso da sonda modelo HD NC 06 ONDA (Figura 4) que efetua as medidas das amostras de água residuárias (esgoto) em micro-siemens (mS).



Figura 4: Aparelho HD NC 06 ONDA de leitura Direta da condutividade elétrica.

O equipamento tem boa calibração e exatidão e mesmo assim, para uma maior confiabilidade dos resultados medidos, tomou-se o cuidado de se efetuar 5 medições com os eletrodos, sempre lavando após cada medida com água deionizada o equipamento.

Isso permitiu levantar mais dados estatísticos que com o uso de uma media amostral de leitura ter uma maior acuidade em relação às análises de condutividade elétrica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Condutividade Elétrica

O padrão de condutividade elétrica das águas residuárias antes e após a passagem pelo sistema de conjunto de reator anaeróbico compartimentado (RAC) demonstrou uma melhora na condutividade elétrica no sistema, observado pela Tabela 2 (a seguir), quando se analisa o afluente (entrada) e o efluente (saída) depois de realizado o tratamento alternativo.

Ao se abaixar o grau de condutividade elétrica é possível realizar uma melhor troca iônica no efluente tratado e conseqüentemente ganho de qualidade no efluente obtido da água residuárias (MELO JÚNIOR, 2003).

DATA	Afluente (μS)	Efluente (após o RAC) (μS)
22/07/24	563,0	499,0
23/07/24	486,0	350,0
24/07/24	736,0	487,0
25/07/24	773,0	476,0
26/07/24	767,0	418,0
MEDIA	665	446

Tabela 2 – Valores médios de Condutividade Elétrica para o período de estudo.

A Tabela 2 mostra que os valores de condutividade elétrica, enquanto eram em média de 665 μS antes do tratamento, chegou após o tratamento, ao valor médio de estudo de 446 μS , o que mostra uma real e importante melhora na eficiência da condutividade elétrica. Refletindo nos padrões de potabilidade e qualidade de água de reuso.

Relação percentual da Condutividade Elétrica

Os valores obtidos na tabela 2 permitem avaliar a eficiência percentual do tratamento em relação à condutividade elétrica.

Assim, a Tabela 3 apresenta os valores de acréscimo percentual do grau de condutividade elétrica para o período de estudo no sistema RAC.

DATA	Percentual (%) Benéfico
22/07/24	88,63
23/07/24	72,02
24/07/24	66,17
25/07/24	61,58
26/07/24	54,50
MEDIA	67,07

Tabela 3 – Relação percentual de melhora da Condutividade Elétrica no estudo.

Pode-se notar pela Tabela 3 que a depuração ocasiona em média numa melhora nas cargas iônicas de 67,07%.

É muito importante que a condutividade elétrica tenha um decréscimo em relação à carga inicial pré-tratamento, uma vez que segundo Melo Júnior (2003) é importante que a condutividade represente uma medida da concentração total de sais dissolvidos presentes na água. Onde, apesar de não fornecer medidas reais da concentração de um determinado íon presente, ela dá uma noção da salinidade total, o que indiretamente sugere a origem e o grau de contaminação da água.

A eficiência observada do RAC mostra um claro aumento na eficiência do efluente obtido para utilização em processos de reuso.

CONCLUSÃO

A pesquisa mostrou um grande benefício na utilização de um sistema simplificado de reator anaeróbico compartimentado (RAC), no que tange o padrão de iônico que se obteve com a adoção do reator anaeróbico compartimentado.

Os valores obtidos em relação ao parâmetro condutividade elétrica foram muito promissores, pois houve ganho em relação ao rebaixamento da condutividade elétrica com uma clara melhora quando comparado a carga de esgoto pré-tratamento.

Tal verificação fica evidente ao observar o valor percentual médio de melhora do parâmetro de estudo que ficou em 67,07%.

Claro que o tratamento em si não garante que o esgoto esteja dentro das normas vigentes e implantadas pelo CONAMA, mas gera benefícios e promessas de uma tecnologia sustentável de boa aplicabilidade em setores urbanos e rurais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Caderno de recursos hídricos: Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília – DF. 134p. , 2005.

BARROS, W.; CAMPOS, J. R. “Tratamento de Esgotos Sanitários por Reator Anaeróbio Compartimentado”, Anais: **XXIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, La Habana - Cuba, pp. 297-307, nov./1992.

BATALHA, B. **A água que você bebe**. CETESB. São Paulo. 101p. 1985.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004: Normas de qualidade da água para consumo **humano**. Ministério da Saúde, Brasília, 2004. 15p.

CONAMA. **Resolução Conama nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005**.

CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: SEGRAC, 1997.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 2. ed. Belo Horizonte: DESA/UFGM, 359p., 2007.

FORESTI, E.; OLIVEIRA, R. A. de. **Anaerobic treatment of piggery wastewater in UASB reactors**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AGRICULTURAL AND FOOD PROCESSING WASTES.7, 1995. Chicago-SA. **Proceedings**..Chicago, p.309-318, 1995.

GONÇALVES, C. S. **Qualidade de águas superficiais na microbacia hidrográfica do arroio Lino Nova Boêmia – Agudo – RS**. 2003. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

LIMA, J. E. F. W; FERREIRA, R. S. A; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. In: Estado das águas no Brasil – 1999: Perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA. p. 73-82. 1999.

MELO JÚNIOR, A. S. **Dinâmica da remoção de nutrientes em alagados construídos com *Typha sp.*** Dissertação de Mestrado. UNICAMP. 2003.

MORETTO, M. B. **Qualidade de águas em escolas rurais no município de restinga seca**. 2003. 50f. Monografia (Especialização em Educação Ambiental). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

NOUR, E. A. A. **Tratamento de esgoto sanitário empregando-se reator anaeróbio compartimentado**. EESC – Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos/SP, 1996. 148 p. (Tese de Doutorado)

OLIVEIRA, E. C. A. **Avaliação da Remoção de matéria Orgânica na Estação de Tratamento de Esgotos de Ponta Negra/RN**. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2005.

OLIVEIRA, C. F. P. M. **Aplicação do Colilert® à enumeração de Escherichia coli em alimentos**. Dissertação. Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar – Peniche. Instituto Politécnico de Leiria. 2013.

- POVINELLI, S. C. C. **Estudo da hidrodinâmica e partida de reator anaeróbio com chicanas tratando esgoto sanitário**. EESC – Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos/SP. 181 p. Dissertação. 1994.
- ROITMAN, I.; TRAVASSOS, R. L.; AZEVEDO, J. L. **Tratado de Microbiologia**. São Paulo: Ed. Manole. 1988. 179p.
- SILVA, D. L. **O direito sanitário e a água para consumo humano**. 2004, 24f. Monografia (Especialização em Direito Sanitário) – Fundação Oswaldo Cruz, Brasília, 2004.
- 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, v.9, n.2, p.268-275, 2005.
- SILVA, G.H.R. **Reator compartimentado anaeróbio/aeróbio tratando esgoto sanitário: Desempenho e Operação**. Campinas: UNICAMP. 166p. Dissertação. 2001.
- SCHOENHALS, M.; FRARE, L. M.e SARMENTO, L. A. V. **Análise do desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo no tratamento de efluentes**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 4, n. 1, p. 005-023, jan/jun, 2007.
- VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbico de esgotos: manual para regiões de clima quente**. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 210 p.,1994.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3º ed. DESA. UFMG, Belo Horizonte, 2005. 452p.
- ZANELLA, L. **Partida de um reator compartimentado híbrido anaeróbio/aeróbio tratando esgoto sanitário**. Campinas: UNICAMP. 118p. Dissertação em Engenharia Agrícola. 1999.