

AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO PROCESSO DE LODOS ATIVADOS – A EXPERIÊNCIA DA CETREL

Maiza Ferreira Santos⁽¹⁾

Mestre em Gerenciamento de Processos Operacionais com tecnologias mais limpas pela Universidade Federal da Bahia. Bacharel em Química pela Universidade Federal da Bahia. Especialista em Tratamento de águas e efluentes - Cetrel. Coordenadora de Novos Negócios Estratégicos - Cetrel

José Gilson Santos Fernandes⁽²⁾

Mestre em Engenharia Civil na área de Recursos Hídricos/Subárea Engenharia Sanitária pela Universidade Federal de Campina Grande- PB. Químico Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba.

Cristiano Nastro⁽³⁾

Especialista em Soluções Ambientais para Polos Industriais pela Faculdade de Tecnologia Senai/Cetind. Engenheiro Ambiental pela Faculdade de Tecnologia e Ciências - FTC.

Mauro Freitas Salatiel⁽⁴⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal da Bahia. Líder da área de efluentes/ETE da Cetrel.

Pietro Franco Vassallo Junior⁽⁵⁾

MBA em Gestão de Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto pela IPOG. Engenheiro Ambiental pela Faculdade de Ciências e Tecnologias.

Endereço⁽¹⁾: Via Atlântica, km 9, Polo Industrial, Km 9, Camaçari - BA, 42810-000 – Brasil – Tel: (71) 98114-6706 e (71) 98122-8886 – e-mail: maiza.ferreira@cetrel.com.br

1 - RESUMO

Na área de saneamento regional o consumo de energia com o tratamento secundário de lodos ativados normalmente representa a segunda ou terceira maior parte em relação a outros custos operacionais. Os sistemas aeróbicos requerem energia para distribuir e manter os níveis de oxigênio dissolvido no reator biológico e permitir a biodegradação da matéria orgânica presente no licor misto. Este estudo se propõe a demonstração do aumento da eficiência energética no processo de lodos ativados da CETREL. Nesta estação, o tratamento secundário representa o maior consumo de energia de todo o processo, em torno de 40% diretamente associados ao sistema de aeração. Visando a otimização dos custos foram realizados estudos de tratabilidade para avaliar as interrupções dos aeradores em horário de pico e estabelecidos controles operacionais para a aplicação em escala real e suas atualizações. Os resultados da eficiência energética aplicada nos tanques de aeração e a economia acumulada ao longo de 22 anos são indicados neste trabalho. O estudo conclui que as ações realizadas pela CETREL para alcançar a eficiência energética resultou na redução de aproximadamente R\$ 140.000.000,00 (cento e quarenta milhões de reais) devido a redução do consumo de energia no horário de pico.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência Energética, Lodos Ativados, Consumo de Energia.

2 - INTRODUÇÃO

A CETREL S.A. é uma Empresa de Engenharia Ambiental e utilidades que surgiu há 45 anos no mercado brasileiro de soluções ambientais como a primeira empresa do país voltada para a proteção ambiental integrada de um complexo industrial de grande porte, que possibilita uma significativa economia de escala e uma maior segurança ambiental. Na área de efluentes líquidos a CETREL possui um sistema integrado constituído pelas águas residuais dos processos industriais do Polo Industrial de Camaçari-BA (PIC), as quais são conduzidas para a Estação de Tratamento de Efluentes – ETE com vazão máxima de 6.200 m³/h, por uma rede de coletores e linhas de recalque com aproximadamente 80 km de extensão, 4 barragens e 3 estações elevatórias. O tratamento é realizado pelo processo físico para a remoção de óleo livre e biológico com lodo ativado para biodegradação da matéria orgânica. Esta unidade é composta por uma bacia de equalização, 4 tanques de aeração contendo aeradores superficiais e idade de lodo de 30 dias, 12 decantadores, espessadores, digestores e fazendas de lodo, cujo principal insumo é a energia elétrica, o qual representa o maior custo operacional da unidade. O efluente tratado final é descartado no mar através de um sistema de disposição oceânica, cujos parâmetros estão adequados à legislação ambiental.

Visando reduzir o consumo de energia no processo, a CETREL desenvolveu um projeto para redução do consumo de energia no interior dos reatores biológicos sem comprometer a qualidade do efluente tratado, através das interrupções dos sistemas de aeração, por períodos variáveis de 3 a 6 horas. Este estudo foi realizado inicialmente em escala de laboratório (1995) e após a validação dos resultados os experimentos foram realizados em escala real (1997 a 2000).

Apesar dos resultados terem sido favoráveis para períodos de desligamentos dos aeradores maiores do que 6 horas consecutivas, a CETREL adotou inicialmente realizar as interrupções dos aeradores por um período de 3 horas, no horário sazonal, o qual ocorre entre 18:00h e 21:00h, cujos valores das tarifas estabelecidas pela companhia elétrica local são elevados, até 10 (dez) vezes maior quando comparados aos outros horários. Os resultados iniciais indicaram uma redução maior que 20% de energia nos primeiros meses e a manutenção da qualidade do efluente tratado final e das características do lodo.

Este estudo mostra os resultados históricos da redução do consumo de energia após 22 anos da implantação do referido estudo e os resultados da eficiência energética após a aumento do período horário sazonal de 3 para 6 horas consecutivas, bem como indicar a economia de custos associados a energia ao longo deste período.

3 - OBJETIVO

Indicar a economia acumulada de energia no sistema de lodos ativados ao longo de vinte e cinco anos, antes e após o aumento do período das interrupções periódicas dos aeradores superficiais de três para seis horas, na estação de tratamento de efluentes - ETE da CETREL, associado a um conjunto de ações de melhorias operacionais.

4 - METODOLOGIA UTILIZADA

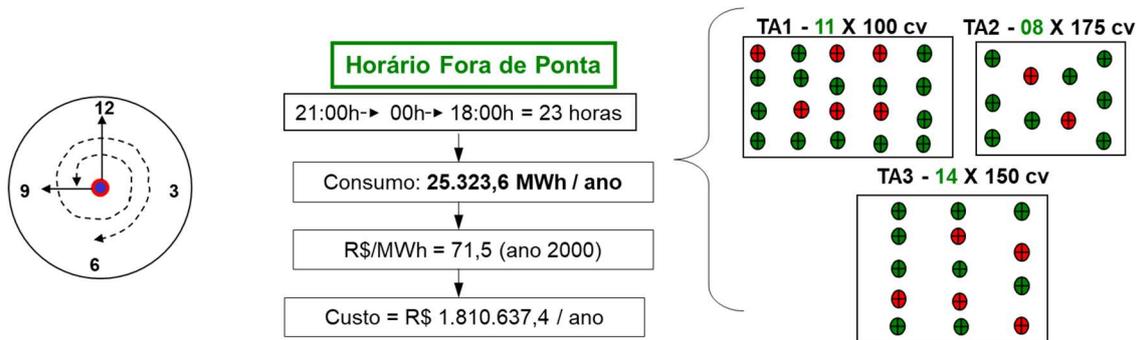
Os experimentos para avaliar a redução de oxigênio através da interrupção dos aeradores no licor misto da ETE CETREL e conseqüentemente reduzir o consumo de energia do processo, foram realizados através de estudos de tratabilidade em planta piloto - laboratório e em escala real. Os primeiros testes serviram como base para definir os parâmetros de processo que seriam utilizados na planta da ETE.

A planta piloto em escala de laboratório era composta por uma bacia de equalização com a mistura de efluentes brutos oriundos do PIC, um tanque de aeração prolongada contendo o licor misto coletado no reator biológico da ETE CETREL, difusores de ar e um decantador secundário. Os níveis de oxigênio dissolvido no licor misto variavam entre (2,0 a 3,0) mg de O_2/L . Esta unidade ficou inicialmente em operação por um período de 60 dias para completar dois ciclos de idade de lodo, sendo alimentada diariamente com efluente bruto. Após este período de aclimatação os aeradores foram desligados por 3 horas e em seguida a concentração de oxigênio foi medida, chegando a valores em torno de 0,49 mg de O_2/L . Os aeradores eram ligados e adicionados novos volumes de efluente bruto. O efluente tratado final manteve a qualidade e o lodo não apresentou impactos negativos na sua atividade biológica, medidos através da taxa de consumo de oxigênio. Os testes foram repetidos em cenários distintos e após resultados favoráveis, tomou-se a decisão de realizar novos estudos em escala real.

Nesta segunda fase de testes os aeradores dos tanques de aeração da ETE CETREL foram desligados parcialmente para garantir a segurança operacional do processo até o desligamento total. Em paralelo foram quantificados o consumo de energia, a atividade biológica do lodo, a sedimentabilidade e características físico-químicas do efluente tratado final.

Estes testes foram repetidos e o número de aeradores desligados foram aumentados gradativamente até o desligamento total por 3 horas consecutivas no horário sazonal, avaliado o consumo de energia e os custos associados, como demonstrados nas Figuras 1, 2 e 3.

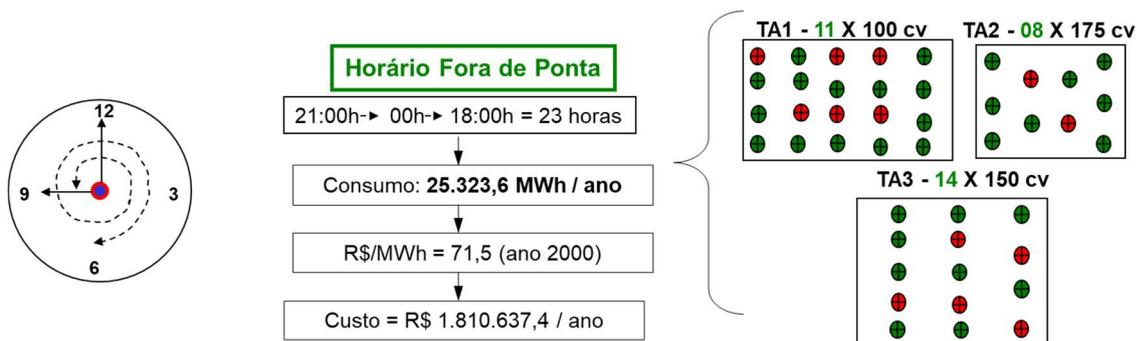
Figura 1: Consumo de energia e custos horário normal - desligamentos parciais de 13 aeradores dos tanques 1, 2 e 3.



Fonte: Autoria própria, 2000 – ETE da Cetrel.

Nesta etapa inicial representada pela **Figura 1**, foram desligados 13 aeradores dos 47 existentes (representados na cor vermelha), considerando os horários com as tarifas de energia sem o aumento aplicado no horário sazonal.

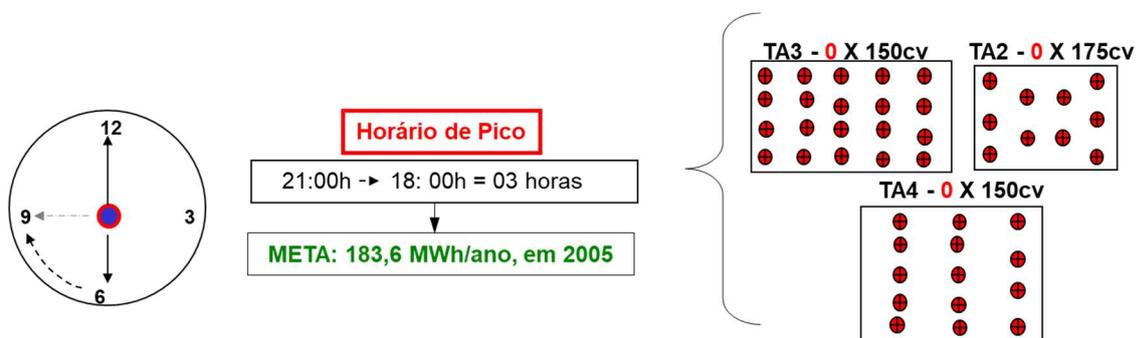
Figura 2: Consumo de energia e custos - desligamentos parciais de 37 aeradores dos tanques 1, 2 e 3.



Fonte: Autoria própria, 2000 – ETE da Cetrel.

A **Figura 2** indica o desligamento de 37 aeradores dos 47 existentes no horário sazonal (horário de ponta).

Figura 3 – Consumo de energia e custos - desligamentos parciais de 47 aeradores dos tanques 1, 2 e 3.



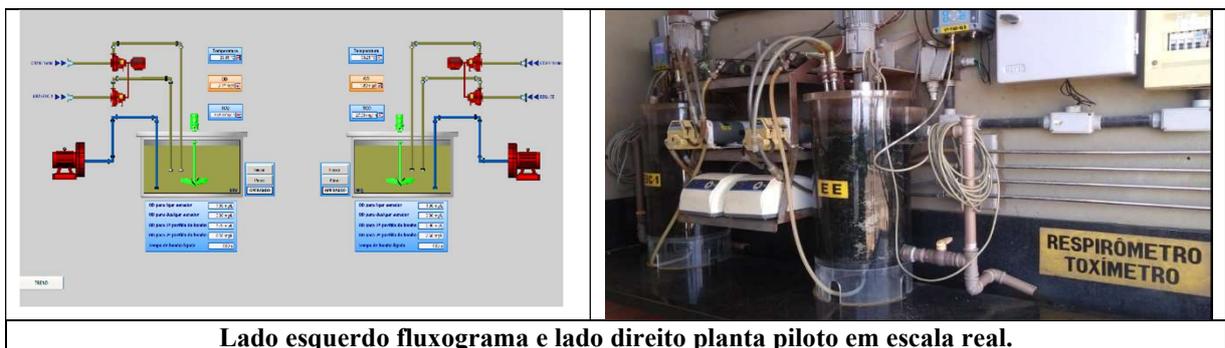
Fonte: Autoria própria, 2000 – ETE da Cetrel.

Na época foi estabelecida a meta a ser alcançada em 2005, após o desligamento total dos 47 aeradores, conforme **Figura 3**. Os resultados foram alcançados sem alteração na qualidade do efluente tratado final e o novo desafio seria aumentar o período de interrupções consecutivas para 6 horas. Para isso foram tomadas medidas de segurança operacional e estabelecido novos procedimentos técnicos, além da implementação de um novo

sistema de controle operacional, automação analítica dos principais parâmetros de controle e ações de rotina indicadas a seguir:

- Avaliar a DQO diária do efluente tratado final para definir a quantidade de aeradores a serem desligados, caso a DQO apresentasse valor acima do estabelecido em procedimento a quantidade de aeradores a serem desligados seria reduzida para manter a eficiência do tratamento.
- Cálculo da demanda de aeração em tempo real.
- Instalação do sistema de respirometria em linha (toxímetro) para avaliar a atividade biológica do lodo ativado instantaneamente e o controle do número de aeradores a serem utilizados em cada tanque passou a ser feito através da medição da Taxa de Consumo de Oxigênio, conforme Figuras 4 e 5.

Figura 4 - Fluxograma do Respirometro/Toxímetro no processo de tratamento da ETE CETREL.



Lado esquerdo fluxograma e lado direito planta piloto em escala real.

Fonte: Autoria própria, 2022 – ETE da Cetrel.

Figura 5 - Gráficos dos parâmetros TCO, Oxigênio dissolvido e temperatura em linha no processo de tratamento da ETE CETREL.



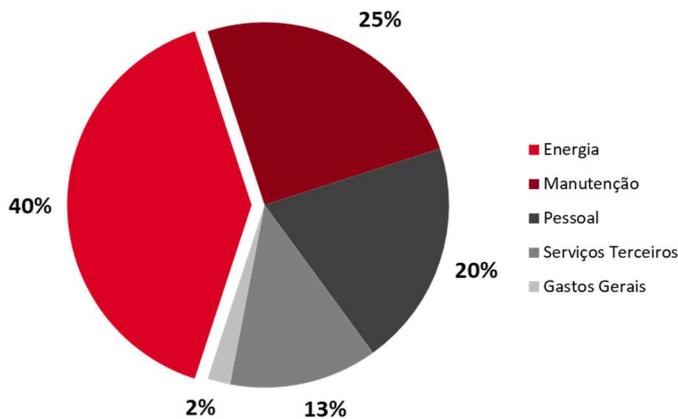
Fonte: Autoria própria, 2022 – ETE da Cetrel.

Com estas medidas implementadas, adotou-se o desligamento dos aeradores em horário de pico por um tempo de 6 horas consecutivas de forma permanente, com exceção de alguma demanda de carga de DQO ou amônia no efluente bruto acima dos padrões normais de rotina operacional, que requeiram maiores concentrações de oxigênio. A partir destes dados foi iniciado a avaliação da eficiência energética do processo para este novo período.

5 - RESULTADOS OBTIDOS

Para avaliar a eficiência energética da estação de tratamento de efluentes da CETREL foram considerados custos associados a energia, manutenção, mão de obra própria, serviços de terceiros e outros. Os percentuais associados a estes custos estão indicados no gráfico da Figura 6.

Figura 6 – Distribuições de Custos Operacionais na ETE CETREL.



Fonte: Autoria própria, 2013 – ETE da Cetrel.

Dos custos mencionados, a energia representa o maior impacto econômico com 40% do total medido, trata-se de um valor significativo economicamente e desfavorável em relação aos aspectos ambientais, que vai de encontro a política de sustentabilidade praticada pela CETREL.

De acordo com os dados do (Ministério das Cidades, SNIS, 2006), na área de saneamento regional os principais custos estão relacionados com a mão de obra própria 39,1 %, produtos químicos 3,1 %, energia elétrica 15,8 %, serviços de terceiros 18,4 %, água importada 0,3 %, despesas fiscais ou tributárias 12,3 % e outros custos 11,1 %. Observa-se que os custos com energia representam o terceiro maior impacto financeiro.

A divisão de custos de energia em estações de tratamento de efluentes com lodos ativados convencionais é distribuída na sequência decrescente a seguir: Aeração, tratamento de lodos, tratamento primário, elevatórias, clarificação secundária e outros (Jordão, E.P, 2014). Na ETE da CETREL a unidade que representa o maior consumo de energia também é o tanque de aeração, devido aos seus 47 aeradores superficiais requeridos para manter o sistema aeróbico com sua atividade biológica estável e garantir a biodegradação da matéria orgânica presente no efluente bruto. O que corrobora com a decisão de focar inicialmente nesta unidade. O fluxo apresentado na Figura 7 a seguir indica as etapas que compõem a ETE CETREL.

Figura 7 – Fluxo dos processos unitários da ETE CETREL.

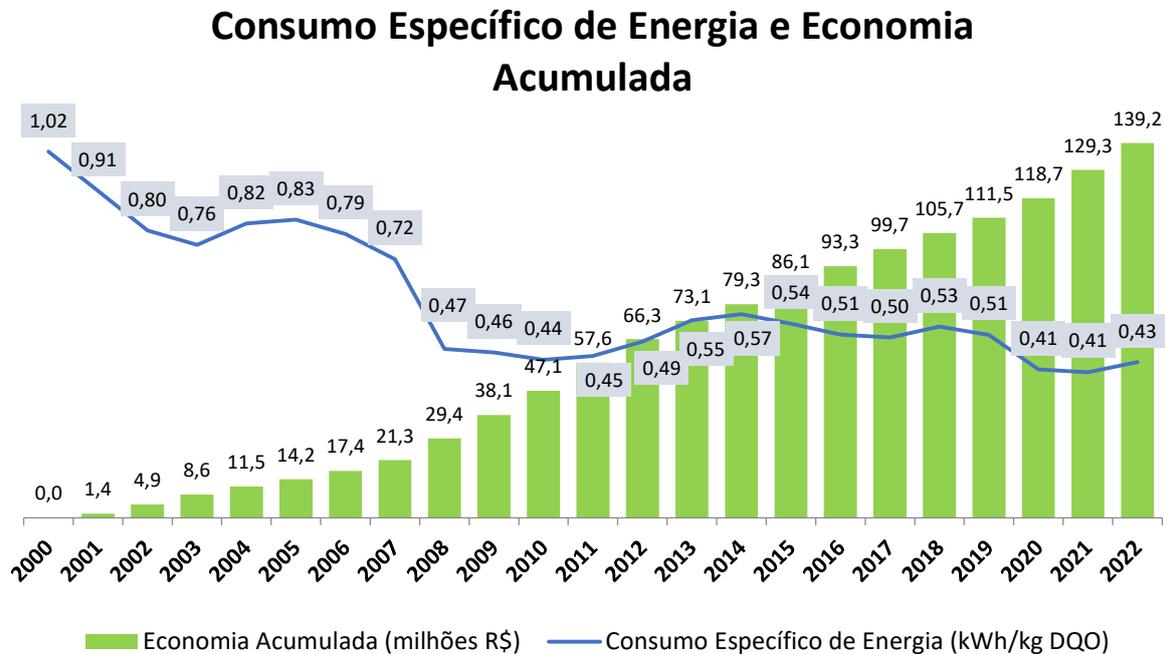


Fonte: Autoria própria, 2013 – ETE da Cetrel.

Neste caso, a eficiência energética do processo de lodos ativados da CETREL foi avaliada com base nos resultados do consumo de energia em kWh/kg DQO de entrada ao longo dos anos após a interrupção dos

aeradores no horário de pico e calculada a economia de energia acumulada associada a esta ação, os resultados principais foram compilados e estão indicados no gráfico da **Figura 8**.

Figura 8 – Consumo específico de energia e Economia acumulada da ETE CETREL.



6 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Período de 2000 a 2006 - Observa-se que a partir de 2000 com as interrupções dos aeradores por um período de 3 horas no horário sazonal, o consumo de energia foi reduzido de 1,02 kWh/kg DQO a 0,79 kWh/kg DQO, o que representa uma redução de aproximadamente 23%.

Período de 2006 a 2012 - A partir do ano de 2006, com a ampliação da instrumentação analítica, com destaque para os analisadores em linha e uma unidade de respirometria, de modo a definir novas estratégias para desligamento dos aeradores, obteve-se uma queda significativa de 0,79 kWh/kg DQO a 0,47 kWh/kg DQO, representando agora uma redução de aproximadamente 41%.

Período de 2012 a 2019 - A partir do ano 2012, se consolida um aumento gradativo do tempo de horário de desligamento dos aeradores para superior a 3(três) horas, desde que não comprometa a qualidade do efluente tratado final, quando se destaca uma estabilização no indicador de energia. Em 2013 com as reduções das cargas de efluente bruto para tratamento na ETE, o indicador de energia se manteve na faixa entre 0,57 kWh/kg DQO a 0,51 kWh/kg DQO que durou até o ano de 2019.

Período de 2019 a 2022 - A partir deste ano se buscou um maior tempo de desligamento correspondente a 6(seis) horas até os dias atuais.

Com isso, a Figura projeta uma economia em milhões do ano 2000 até os dias atuais de aproximadamente R\$ 140.000.000,00 (cento e quarenta milhões de reais).

7 - CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados apresentados é possível concluir que a redução do consumo de energia em unidades de tratamento biológico com aeração prolongada é viável, através da interrupção periódica da aeração, em período

de pico, onde o valor da tarifa é extremamente elevado, preservando a boa atividade biológica do lodo e sem alterar a qualidade do efluente tratado final.

Estes resultados estão diretamente associados a implementação de controles nas rotinas operacionais e implantação de automação para os parâmetros críticos que indicam a taxa de consumo de oxigênio, principal indicador que permite determinar a quantidade de aeradores que podem ser desligados em determinado tempo.

A economia de energia acumulada de 2000 até 2022 resultou numa redução de custos de aproximadamente R\$ 140.000.000 (cento e quarenta milhões de reais).

Ressalta-se, que o percentual de redução de energia poderá variar de acordo com as características de projeto de cada ETE e a qualidade química do efluente bruto a ser tratado.

Para a aplicação dos desligamentos dos aeradores em ETE de lodos ativados, recomenda-se a realização de estudos de tratabilidade experimentais antes da tomada de decisão, para definir as ações de controle, bem como especificar os parâmetros de processo de forma segura. E que todas as decisões sejam tomadas para evitar danos a qualidade do lodo e conseqüentemente alteração nas condições legais de lançamento do efluente final. Importante avaliar a instalação de respirômetros em linha como principal ferramenta de controle das atividades biológica do lodo ativado, associado a uma instrumentação analítica de modo a quantificar o ciclo do carbono e ciclo do nitrogênio que demandam os maiores consumos de oxigênio.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. CETREL. Cetrel, Camaçari, 2018. Disponível em <http://www.cetrel.com.br/areas-de-atuacao/efluentes/>.
2. Ministério das Cidades – Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos, SNIS, 2006.
3. Jordão, E.P. Eficiência energética em tratamento de esgotos, revista DAE, ed. 177, pg 15. 2008.
4. FERNANDES, J. G. S., HAANDEL, A. V., CAVALCANTI, P. F. F., COURA, L. R. Utilização da Respirometria no Controle Operacional de Sistemas Aeróbios de Tratamento de Águas Residuárias - A Experiência da Cetrel. Engenharia Sanitária e Ambiental, 6, out/dez 2001.
5. LIMA, E. P. C., HAANDEL, A. V., KIPERSTOK, A., FERNANDES, J. G. S. Respirometria aplicada ao tratamento biológico de efluentes com poluentes inibidores da nitrificação. I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Trabalho apresentado ao I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental - I COBESA. Salvador – BA. 2010.
6. SILVA FILHO, H. A.; BARROS, A. R. M.; DOS SANTOS, E. V. M.; DE SOUSA, J. T.; HAANDEL, A. C. Seleção de substratos padrões para ensaios respirométricos aeróbios com biomassa de sistemas de lodo ativado. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 20, p. 141-150, janeiro/Março 2015.