

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM TRATAMENTO DE ESGOTOS ECONOMY OF ENERGY IN WASTEWATER TREATMENT

**Eduardo Pacheco Jordão**

Doutor em Engenharia, Professor Associado da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Engenheiro Consultor  
jordão@poli.ufrj.br

### RESUMO

Já existe no Brasil uma mentalidade bem formada visando a economia de água, o reuso de água, e a economia de energia em sistemas de abastecimento de água. O mesmo não ocorre ainda em relação aos sistemas de esgotos. Neste trabalho se busca enfatizar a possibilidade e importância de economia de energia nas Estações de Tratamento de Esgotos, nas quais o consumo energético representa cerca de 20% dos custos. Mostra-se ainda que nas ETEs clássicas de lodos ativados, a fase de aeração representa mais de metade do consumo energético, e que diferentes processos apresentam características de consumo de energia bastante diversos.

O trabalho conclui e recomenda que se realizem Auditorias de Energia regulares nas ETEs, e que um Programa de Economia de Energia venha a ser implantado, com capacitação de operadores, engenheiros, e gerentes.

### ABSTRACT

The idea of water economy, water reuse, and economy of energy is well accepted for water supply systems, in Brazil. Yet, the same is not true for sewage systems. This paper emphasizes the possibility and importance of economy of energy in wastewater treatment plants, where energy is responsible for around 20% of their operational costs. It shows that as far as an activated sludge plant is concerned, aeration alone represents more than 50% of energy, and that different processes may present a wide range of energy consumption.

The paper points out that Energy Audits should be periodically performed at WWTP, and that a Program of Conservation of Energy should be organized, with proper training of operators, engineers, and managers.

### INTRODUÇÃO

Já existe no Brasil uma mentalidade bem formada visando a economia de água, o reuso de água, e a economia de energia em sistemas de abastecimento de água. Programas de abrangência nacional têm sido desenvolvidos, como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, existente desde 1985. O PROCEL, inicialmente

voltado para a racionalização do consumo de energia elétrica e o combate ao desperdício em edificações, evoluiu para o setor de saneamento, tendo sido criado o PROCEL SANEAR, com ênfase nos sistemas públicos de abastecimento de água. Este programa vem, na verdade, contribuindo de forma exitosa para a redução de gastos públicos nos sistemas de abastecimento de água, existindo importantes exemplos de economia, racionalização de energia, e eficiência nesses sistemas.

No entanto as medidas práticas para racionalização e economia de energia ainda não atingiram os sistemas de esgotos, e particularmente suas estações de tratamento, onde são significativos os custos de energia, que podem ser drasticamente reduzidos tanto no nível de planejamento e projeto, como no nível operacional. Talvez o mais importante passo na economia de energia em águas servidas esteja ainda associado, mesmo que de forma indireta, à redução da vazão das descargas de vasos sanitários, que até a década de 80 representava cerca de 12 a 20 litros por descarga, e que hoje (a partir das normas brasileiras de 2003) está limitada a 6,8 litros.

### ENERGIA EM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A Tabela 1 representa as parcelas de custos verificadas nas empresas de saneamento no Brasil (Ministério das Cidades, SNIS, 2006). Verifica-se que a incidência de custos de energia representa cerca de 15% a 19%, valor que certamente poderá ser reduzido. Vale lembrar que, como um todo, o consumo de energia elétrica do setor de saneamento representa cerca de 2,5% do consumo nacional.

**Tabela 1: Percentuais de custos nas empresas de saneamento (%)**

Custos	Empresas Regionais	Empresas Locais
Pessoal Próprio	39,1	36,7
Produtos Químicos	3,1	4,2
Energia Elétrica	15,8	19,2
Serviços de Terceiros	18,4	18,9
Água Importada	0,3	6,2
Desp. Fiscais ou Tributárias	12,3	4,7
Outros custos	11,1	10,0

**Palavras-chave:** Tratamento de Esgotos; Energia; Eficiência Energética.

**Keywords:** Wastewater Treatment; Energy; Economy of Energy

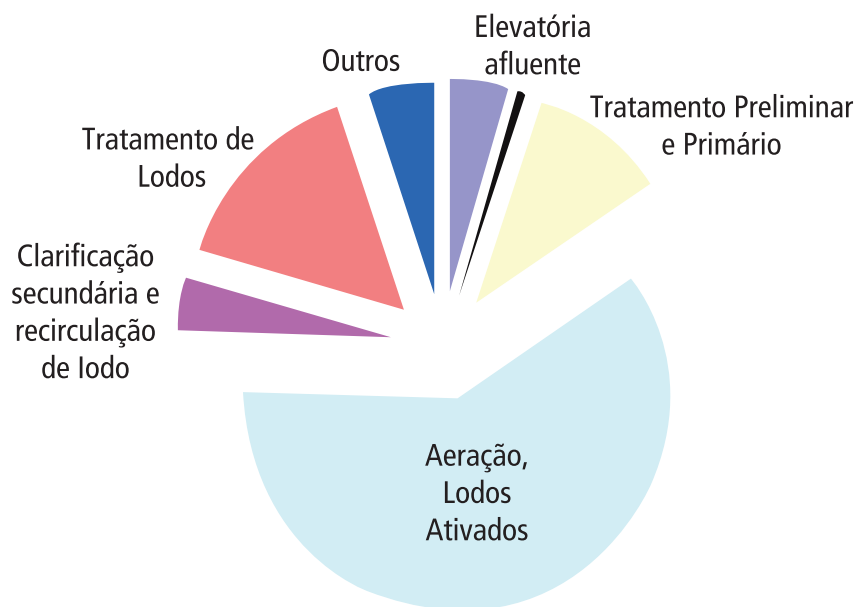


Figura 1: divisão de custos de energia em ETEs clássicas de Lodos Ativados

Nos sistemas de esgotamento sanitário os custos de energia recaem sobre as elevatórias do sistema, e sobre as estações de tratamento (ETEs). Nestas últimas poderá ser muito variado, de acordo com os processos de tratamento da ETE. A Figura 1 representa, para uma ETE clássica por lodos ativados, as diferentes fatias dos custos energéticos

nas diferentes unidades da ETE. A Figura 2, por sua vez, mostra os percentuais de custos verificados na ETE Barueri, SP (Tsutiya, 2001), chegando a 20%. Este número se enquadra na faixa citada na literatura especializada (WEF, 1997), que situa o consumo de energia em ETEs clássicas de porte entre 15% e 30%.

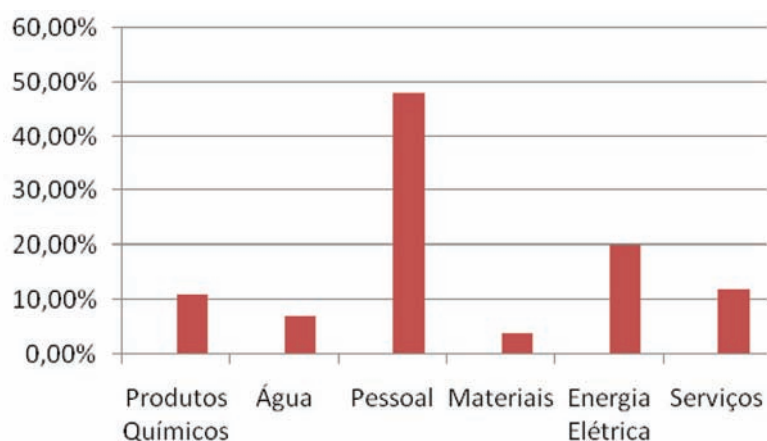


Figura 2: divisão percentual de custos operacionais na ETE Barueri, SP

### ENERGIA NAS ETES

A “pizza” da Figura 1 mostra claramente que os principais gastos com energia se concentram nos tanques de aeração, no caso dos processos clássicos de lodos ativados, seguindo-se o tratamento da fase sólida (tratamento dos lodos). Duas conclusões imediatas desta informação podem ser enumeradas:

- No processo de lodos ativados deve-se dedicar cuidado especial na escolha de suas variantes, e nos equipamentos e condições operacionais da fase biológica; e
- A própria escolha do processo de tratamento influirá nos gastos energéticos, incluindo uma atenção particular à minimização do lodo gerado.

Tendo em conta as observações acima, é interessante observar a Tabela 2, que relaciona alguns indicadores para consumo de energia em diferentes processos de tratamento (Além Sobrinho e Jordão, 2001). Vê-se claramente que os processos de lodos ativados, embora mais eficientes, apresentam maior consumo de energia, e que entre eles algumas variantes podem consumir até o dobro que os processos convencionais.

**Tabela 2: indicadores de Consumo de Energia em ETEs**

Processo	Idade do Lodo, dias	Energia para Aeração, kWh/hab.ano
Lodo ativado convencional	< 3	10 a 15
Lodo ativado convencional	4 a 7	18 a 22
Lodo ativado com nitrificação	10 a 14	25 a 35
Lodo ativado por aeração prolongada	18 a 30	33 a 37
Filtro biológico de alta taxa	-	-
Lagoa aerada de mistura completa	-	20 a 24
Lagoas de estabilização	-	-
UASB + Lodo ativado convencional	~ 7	~ 15

A Tabela 2 pode ser indicativa também de algumas sinalizações recentes em relação à adoção dos processos de tratamento. A primeira, e mais importante, é que os custos de energia devem ter um papel preponderante no planejamento e na concepção da ETE, não cabendo mais considerar apenas os custos de implantação, mas também os operacionais. Outras sinalizações que a Tabela 2 parece indicar, podem ser:

- Processos mais simples, embora menos eficientes, como a filtração biológica, podem tornar-se competitivos, pela elevada redução de energia;
  - Processos mais recentes, como os que envolvem os reatores tipo UASB com pós-tratamento, se tornam atraentes na questão energética, não apenas por reduzir o consumo de energia per capita, como pela possibilidade de aproveitamento do gás metano, gerado no reator anaeróbio.
- Nos casos dos reatores anaeróbios – admitindo uma

eficiência de conversão de DQO em metano de 70%, e uma recuperação do metano na ETE de 60%, é possível esperar um aproveitamento do gás para gerar energia para o próprio consumo na estação (especialmente válido nos casos de pós-tratamento aeróbio), ou para aquecimento de secadores térmicos de lodo, ou mesmo para aproveitamento em veículos (Chernicharo, 2007).

### RECOMENDAÇÕES OPERACIONAIS PARA AS ETEs

Algumas recomendações de ordem geral podem ser feitas em relação à economia de energia nas estações de tratamento. São fruto apenas de observações, e de experiência operacional, e não deixam de ser medidas simples, mas com excelentes resultados, como:

- As regras operacionais devem estar condizentes com o projeto e os parâmetros de projeto adotados: o projeto deve ser bem conhecido;
- Toda ETE deve dispor de um Manual de Operação, ou de Procedimentos Operacionais;
- É recomendável realizar-se periodicamente uma Auditoria de Energia na ETE;
- Os consumos de energia devem ser bem conhecidos nos diferentes processos que integram a ETE, e verificados ao longo do tempo;
- As unidades responsáveis pelos maiores consumos de energia devem estar claramente identificadas, e especial atenção lhes deverá ser dada;
- As práticas de operação e manutenção devem ser periodicamente verificadas e atualizadas; e
- As medidas de manutenção preventiva recomendadas devem ser rigorosamente seguidas, de modo especial em conjuntos motor-bomba, capacitores, e medidores.

Outras recomendações de ordem particular para os principais equipamentos responsáveis pelos maiores consumos de energia devem ser propostas, como:

- Adotar sistemas com velocidade variável em bombas e sopradores/compressores;
- Monitorar de forma contínua a concentração de Oxigênio Dissolvido nos tanques de aeração, e interligar os resultados ao fornecimento de ar;
- Verificar a possibilidade de interromper ou diminuir a aeração nas horas de pico energético;
- Verificar a possibilidade de acumular ou reduzir a vazão afluente nas horas de pico energético;
- Adotar medidas visando aumentar a concentração de Sólidos Totais nos lodos, seja através de unidades específicas, como adensadores e tanques de acumulação de lodo, ou de regras operacionais, como retirar o lodo em excesso dos decantadores secundários, ao invés de fazê-lo diretamente do tanque de aeração (obtem-se assim maior teor de

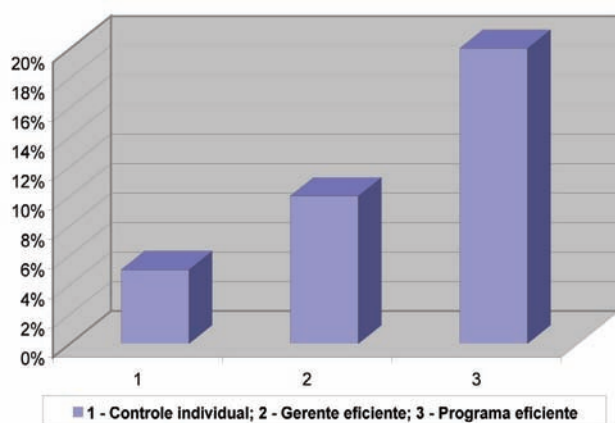
sólidos no lodo em excesso); e

- Manter um completo entendimento entre técnicos operadores e técnicos da manutenção eletromecânica; a responsabilidade gerencial de operação e manutenção deve ser única.

Em relação ao último item comentado, uma importância maior deve ser dedicada aos operadores em relação à economia de energia. Envolve, mais do que simples recomendações, a inclusão de um programa de redução de energia na ETE, com ampla participação de seu corpo gerencial e técnico. Neste caso as regras seguintes podem ser propostas:

- Informar os operadores sobre a importância de economizar energia, e de se integrar a um Programa de Economia de Energia;
- Ter uma gerência voltada para a eficiência energética, e um gerente eficiente;
- Capacitar os operadores para as ações de economia de energia;
- Capacitar o gerente de eficiência energética para esta particular função; e
- Disponibilizar na ETE um Programa de Economia de Energia.

A Figura 3 é muito interessante, e retrata os resultados esperados na economia de energia, de acordo com o tipo de gestão em relação a este tópico (Alliance to Save Energy, USA, 2002).



**Figura 3: resultados esperados em economia de energia, de acordo com a gestão**

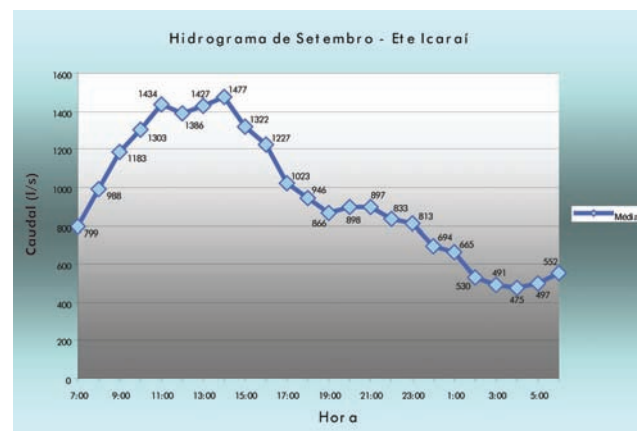
#### ESTUDO DE CASO

Ainda que não esteja implantado no país um programa voltado especificamente para estações de

tratamento de esgoto, existem algumas experiências relatadas de economia de energia, as quais envolvem intervenções e modificações na própria linha de tratamento.

**Caso da empresa Águas de Niterói:** uma das mais objetivas ações visando a economia de energia foi implantada por esta concessionária privada na ETE Icaraí, Niterói, RJ, recebendo uma contribuição média de 1 m<sup>3</sup>/s, com tratamento primário avançado (sistema CEPT), e com lançamento do efluente tratado em emissário submarino.

O principal consumo de energia se dava nas elevatórias de chegada à ETE, e de recalque ao emissário. A tarifa paga à concessionária de energia elétrica é composta pelas parcelas de consumo e de demanda faturados nas horas de ponta, e de consumo e de demanda faturados fora de ponta. A Figura 4 mostra o hidrograma típico horário do afluente bombeado à ETE, e efluente recalcado ao emissário.



**Figura 4: hidrograma típico horário de bombeamento, ETE Icaraí**

A ótima solução encontrada para eliminar o bombeamento no horário de tarifa de ponta (de 18h às 21h) foi aproveitar a estrutura de um antigo tanque de aeração existente (a ETE antes da construção do lançamento submarino era de tratamento secundário por lodos ativados), e transformá-lo em tanque de acumulação dos esgotos afluentes nas horas de ponta. O antigo tanque de aeração dispunha de 15.000 m<sup>3</sup>, e o volume afluente no período de ponta, a ser armazenado era de apenas 9.720 m<sup>3</sup>. O tanque foi coberto, alguns misturadores colocados em seu interior, sendo uma parcela dos custos da obra disponibilizada pela concessionária de energia, e um novo fluxograma operacional do processo passou a ser adotado, como na Figura 5.

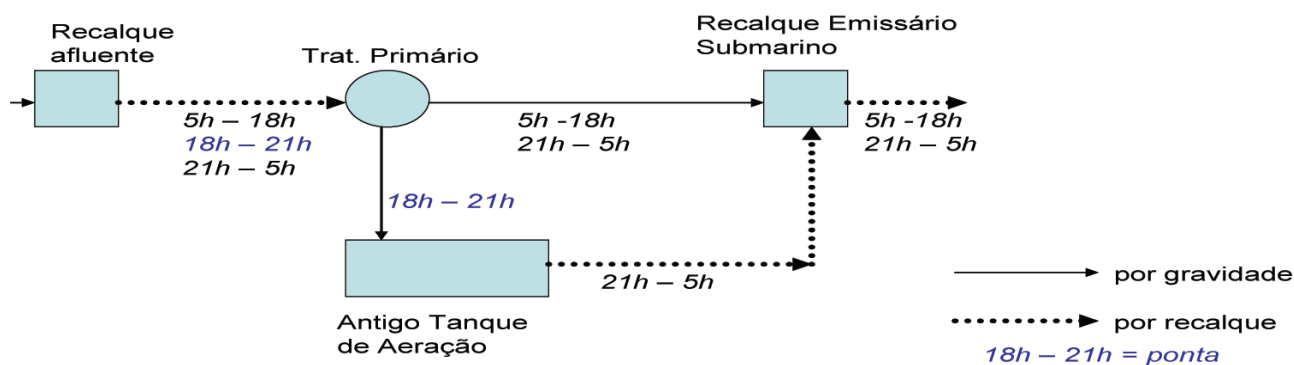


Figura 5: fluxograma operacional para economia de energia de ponta, ETE Icarai

Na Figura 5 se observa então que no horário de 18h às 21h o efluente do tratamento primário é armazenado, para alimentar a estação elevatória do emissário de 21h às 6h, com vazão menor e controlada. Por sua vez a elevatória do emissário submarino, com 5 bombas de 170 CV cada, deixa de operar no período de ponta. A economia obtida foi de cerca de 27% no faturamento mensal de energia.

Outros casos: experiência semelhante foi realizada na ETE Norte de Brasília, DF, como relatado por Nakasato (2005), onde um antigo tanque de aeração foi transformado em tanque de equalização dos esgotos afluentes, no período de 8h30 às 22h, buscando equalizar a vazão, reduzir picos, realizando o bombeamento deste novo tanque para o corpo da ETE no horário fora de ponta (22h às 8h); conseguiu-se neste caso um incremento de vazão na ETE de 12%, e economia de energia de 13%, por metro cúbico de esgoto tratado.

Conforme relatado por Said, M. e outros (2000), uma lagoa aerada seguida por lagoa de decantação, em escala de laboratório, com tempo de detenção de 3 dias, tratando esgotos domésticos, teve a aeração interrompida durante 3 horas do dia por um período contínuo de 5 meses. As DBOs efluentes se mantiveram praticamente constantes no período, assim como a concentração de Sólidos em Suspensão Voláteis no interior da lagoa manteve a mesma razão em relação aos Sólidos em Suspensão Totais, demonstrando que é possível realizar este tipo de economia de energia – apenas como medida operacional. Este experimento resultou em uma economia de energia variável de 26% a 42%.

## CONCLUSÕES

As ponderações, recomendações, e casos citados, levam a concluir que é possível reduzir o consumo de energia nas estações de tratamento de esgotos, podendo o índice de economia vir a ser da ordem de 30%, apenas através de medidas operacionais. Do ponto de vista de concepção e planejamento este percentual poderá ser

maior, de acordo com o processo alternativo que se venha a adotar.

Independentemente destas ações, há ainda a recomendar a realização regular de auditorias de energia na ETE, nas quais os diversos atores envolvidos interagem com a equipe de auditores, como engenheiros e técnicos de operação e manutenção, gerentes, superintendentes, e mesmo o pessoal técnico da concessionária fornecedora de energia.

Por outro lado, a implantação de um Programa de Economia de Energia na ETE, será um marco de apoio e orientação nos trabalhos visando a eficiência energética.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Águas de Niterói – Programa de Eficientização Energética na ETE Icarai, Niterói, 2003.
- Além Sobrinho e Jordão, E.P. – Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios, uma análise crítica, in Pós-tratamento de Reatores Anaeróbios, FINEP, 2001
- Alliance to Save Energy – Watery, ASE/USAID, USA, 2002.
- Chernicharo, C.A.L. – Reatores Anaeróbios, DESA/UFMG, 2007.
- Ministério das Cidades – Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos, SNIS, 2006.
- Nakasato, C.C. – Análise dos Efeitos da Equalização de Fluxos na Estação de Tratamento Brasília Norte, Dissertação de Mestrado, USP, 2005.
- Said, M,A; Além Sobrinho, P; Piveli, R.P. – Lagoas Aeradas Tratando Esgotos Sanitários: Redução no Custo de Energia Elétrica, XX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária, Lima, Peru, 2000.
- Tsutiya, M. – Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água, ABES, 2001.
- WEF – Energy Conservation in Wastewater Treatment Facilities, MFD-2, 1997.