

**ANÁLISE DO CONSUMO ENERGÉTICO E POTENCIAL DE BIOGÁS NA
ETE JACUÍPE II: RUMO À AUTOSSUFICIÊNCIA
ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION AND BIOGAS POTENTIAL AT
ETE JACUÍPE II: TOWARDS SELF-SUFFICIENCY**

Katarine Cerqueira Venas¹

¹Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia,
katarinekat9@gmail.com; 0009-0000-4316-5954

RESUMO

O elevado consumo de energia em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) é um desafio para a sustentabilidade do setor. Em sistemas de lodos ativados, a aeração é o maior consumidor, operando frequentemente de forma contínua. Este estudo objetivou analisar o consumo energético da ETE Jacuípe II (Feira de Santana-BA), identificar desperdícios e propor a otimização da aeração com inversores de frequência. Secundariamente, estimou-se o potencial de geração de energia do biogás, atualmente não aproveitado. A metodologia baseou-se em um diagnóstico operacional (visita técnica) para levantar dados de placa e regimes de funcionamento dos equipamentos. Dados de vazão (152,68 L/s) e Demanda Química de Oxigênio (795 mg/L) de 2018 foram usados para estimar a carga orgânica e o potencial de biogás. Os resultados revelaram que o tanque de aeração é o maior consumidor, com um motor de 175 HP (aprox. 130 kW) operando 24h/dia, resultando em um consumo estimado de 94,8 MWh/mês. Foi identificado um consumo energético direto no soprador do sistema de biogás, ligado apesar de o gasômetro estar inoperante. A estimativa teórica do potencial de biogás indica uma geração de 46,3 MWh/mês, suficiente para cobrir 49% do consumo da aeração. Conclui-se que a implementação de inversores de frequência na aeração é a principal estratégia para a eficiência, podendo gerar economias substanciais

ao regular o oxigênio à demanda real. A reativação do sistema de biogás surge como solução complementar robusta para aproximar a ETE da autossuficiência.

Palavras-chave: Tratamento de Esgoto, Eficiência Energética, Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

O setor de saneamento básico, embora vital para a saúde pública e a proteção dos corpos hídricos, é reconhecido como um dos grandes consumidores de energia elétrica em escala nacional. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2023), os gastos com energia elétrica figuram entre os principais custos operacionais das companhias de saneamento, impactando diretamente a viabilidade econômica e a sustentabilidade ambiental de suas operações.

Dentro deste panorama, as Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) são responsáveis por uma parcela expressiva desse consumo. Em particular, as ETEs que empregam processos biológicos aeróbios, como o sistema de lodos ativados, são as mais intensivas em energia. O centro deste consumo reside no sistema de aeração, que pode ser responsável por 50% a 70% de toda a eletricidade demandada pela planta (JORDÃO, 2008; OLIVEIRA; VON SPERLING, 2005). Esta energia é necessária para fornecer oxigênio aos microrganismos que realizam a depuração da matéria orgânica.

Tradicionalmente, muitos desses sistemas de aeração operam de forma contínua e com capacidade máxima (vazão de ar constante), sem considerar as flutuações diárias da carga orgânica afluyente. Isso resulta em um fornecimento excessivo de oxigênio durante os períodos de baixa carga (como de madrugada), configurando um significativo desperdício de energia.

A busca por eficiência energética em ETEs, portanto, passa invariavelmente pela otimização do processo de aeração. A implementação de tecnologias de controle, como os inversores de frequência (IFs), surge como a principal alternativa para esta otimização (ALMEIDA, 2015). Os IFs permitem modular a velocidade dos sopradores de ar em tempo real, ajustando o fornecimento de oxigênio à Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) instantânea, reduzindo drasticamente o consumo energético sem comprometer a eficiência do tratamento (BILOTTA; ROSS, 2016).

Paralelamente a este desafio de consumo, muitas ETEs brasileiras, incluindo a ETE Jacuípe II, objeto deste estudo, operam em uma configuração híbrida. Elas utilizam reatores anaeróbios (UASB) como etapa primária, seguidos pelo tratamento aeróbio. Esta configuração apresenta uma dualidade: enquanto a etapa aeróbia consome grandes quantidades de energia, a etapa anaeróbia gera um subproduto de alto valor energético, o biogás. O biogás, rico em metano, é uma fonte de energia renovável que pode ser aproveitada para gerar eletricidade e calor (cogeração), oferecendo um caminho para a autossuficiência energética da própria estação (BORGES, 2016; CIBiogás, 2018).

Este estudo torna-se particularmente relevante no contexto das metas estratégicas da Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. (Embasa), que opera a ETE Jacuípe II. A companhia tem planos de migrar 100% de seu consumo para o Mercado Livre de Energia (ACL) e busca que 100% da energia consumida seja proveniente de fontes renováveis até 2026 (EMBASA, 2024). A otimização interna (via inversores) e a geração própria (via biogás) são ações que se alinham perfeitamente a esses objetivos.

Baseado em um diagnóstico operacional (visita técnica) que revelou o funcionamento e os entraves da ETE Jacuípe II, este artigo tem como objetivo principal analisar o consumo energético da estação, com foco no sistema de aeração, e propor a implementação de inversores de frequência como medida primária de eficiência. Secundariamente, o estudo estima o potencial de geração de energia do sistema de biogás, atualmente inoperante, como uma solução complementar para a autossuficiência da planta.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Consumo de Energia no Setor de Saneamento

O setor de saneamento é um consumidor intensivo de energia elétrica. No Brasil, ele é classificado como "eletrointensivo", sendo responsável por uma parcela considerável do consumo industrial de energia do país (SNIS, 2023). Os custos associados à energia elétrica podem comprometer significativamente o orçamento das

companhias de saneamento, superando muitas vezes os custos com pessoal ou produtos químicos (JORDÃO, 2008).

O consumo de energia em um sistema de saneamento é distribuído principalmente entre as operações de captação, tratamento e distribuição de água potável (que envolvem bombeamento intensivo) e as operações de coleta, recalque e tratamento de esgoto (JORDÃO, 2008). Nas ETEs, o perfil de consumo varia drasticamente conforme a tecnologia de tratamento adotada. Processos anaeróbios, como reatores UASB ou lagoas, possuem baixo consumo, enquanto processos aeróbios, como os lodos ativados, são os mais demandantes (OLIVEIRA; VON SPERLING, 2005).

2.2 O Processo de Lodos Ativados e a Demanda de Aeração

O sistema de lodos ativados é um processo de tratamento biológico aeróbio de crescimento suspenso, onde uma biomassa (o lodo ativado) é mantida em suspensão em um tanque (tanque de aeração) e aerada (Jordão, 2017). Os microrganismos presentes no lodo utilizam a matéria orgânica solúvel e coloidal do esgoto como substrato e o oxigênio dissolvido (OD) como aceptor de elétrons para seu metabolismo, resultando na remoção da carga poluidora e no crescimento de nova biomassa .

Para garantir a eficiência do processo, é necessário manter uma concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) mínima no tanque de aeração, tipicamente na faixa de 1,5 a 2,5 mg/L (BASTOS, 2011). O equipamento responsável por transferir oxigênio do ar para o líquido é o sistema de aeração, que pode ser composto por aeradores mecânicos de superfície (turbinas) ou por sopradores de ar que injetam ar difuso no fundo do tanque.

Ambos os métodos são altamente demandantes em energia. O motor de uma turbina de aeração mecânica, por exemplo, opera continuamente para garantir a mistura e a oxigenação. Esta operação contínua, muitas vezes em potência máxima, é a principal fonte de consumo energético em uma ETE com lodos ativados (JORDÃO, 2008; OLIVEIRA; VON SPERLING, 2005).

2.3 Otimização Energética: Inversores de Frequência na Aeração

A demanda de oxigênio em um tanque de aeração não é constante, ela flutua ao longo do dia, acompanhando a variação da vazão e da carga orgânica (DBO) do esgoto afluente, que tipicamente apresenta picos nos horários de maior atividade humana (manhã e início da noite) e vales durante a madrugada (ALMEIDA, 2015).

Operar o sistema de aeração em potência máxima 24 horas por dia, como é comum em muitas ETEs, leva a um consumo energético excessivo durante os períodos de baixa carga, além de poder causar problemas processuais, como a lise celular ou o crescimento de microrganismos filamentosos indesejados (BASTOS, 2011).

A solução mais eficaz para este problema é a automação do sistema de aeração através do uso de Inversores de Frequência (IFs) acoplados aos motores dos aeradores ou sopradores (Bilotta & Ross, 2020). O inversor de frequência é um dispositivo eletrônico que permite variar a frequência da energia elétrica fornecida ao motor e, conseqüentemente, controlar sua velocidade de rotação (ABB, 2023).

A relação entre a velocidade do motor de um soprador/aerador e seu consumo de energia é regida pelas "Leis da Afinidade" (ou Leis dos Ventiladores/Bombas). O consumo de potência (P) é proporcional ao cubo da velocidade de rotação (N), ou seja, $P \propto N^3$ (JORDÃO, 2008). Isso significa que uma pequena redução na velocidade do motor resulta em uma economia de energia exponencial. Por exemplo, reduzir a velocidade do motor em 20% (para 80% da capacidade) pode reduzir o consumo de energia em quase 50% ($0,8^3 \approx 0,512$) (ALMEIDA, 2015).

Ao instalar um sensor de Oxigênio Dissolvido (OD) no tanque, é possível criar um sistema de "malha fechada" em que o sensor lê o OD, caso esteja acima do ponto delimitado, o sistema envia um sinal ao inversor de frequência para reduzir a velocidade do motor, economizando energia. Se o OD cair abaixo do ponto limite devido a um aumento da carga orgânica, o inversor aumenta a velocidade do motor para suprir a demanda. Esta modulação garante a eficiência do tratamento com o mínimo consumo energético possível (ABB, 2023).

2.4 O Paradoxo do Sistema Híbrido: Geração de Biogás em Reatores UASB

A ETE Jacuípe II opera com um sistema híbrido, utilizando Reatores UASB antes da etapa de lodos ativados (EMBASA, 2016). O Reator UASB é um processo

anaeróbio no qual o esgoto flui ascendentemente através de um "manto de lodo" denso e granular.

Na ausência de oxigênio, a matéria orgânica é decomposta por um grupo de bactérias em quatro etapas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (Jordão, 2017). A etapa final de metanogênese é a que produz o biogás, uma mistura gasosa composta principalmente de metano (CH_4), com alto poder calorífico, e dióxido de carbono (CO_2) (JORDÃO, 2008).

Enquanto a etapa de lodos ativados (aeração) é a maior consumidora de energia da ETE, a etapa UASB é uma geradora potencial de energia. Este é o paradoxo: a estação gasta grandes somas em eletricidade para a aeração, ao mesmo tempo em que (potencialmente) desperdiça o biogás gerado na etapa anterior.

2.5 Aproveitamento Energético do Biogás

O aproveitamento do biogás é uma prática de economia circular que transforma um resíduo (biogás) em um recurso (energia) (CIBiogás, 2018). O metano contido no biogás pode ser utilizado de diversas formas, sendo as mais comuns em ETEs:

- **Geração de Energia Elétrica:** O biogás alimenta motores de combustão interna acoplados a geradores (motogeradores), produzindo eletricidade que pode ser consumida na própria planta, reduzindo a demanda da rede (BORGES, 2016).
- **Cogeração:** O calor dissipado pelos motogeradores (presente nos gases de exaustão e no sistema de arrefecimento) pode ser recuperado e utilizado para aquecer os digestores de lodo (em climas frios) ou para outros fins térmicos na planta (SILVA, 2018).
- **Queima em Flare:** Mesmo que não haja aproveitamento energético, a queima do biogás em um queimador é uma prática ambiental recomendada. O metano (CH_4) possui um potencial de aquecimento global cerca de 25 vezes maior que o CO_2 . A queima converte o CH_4 em CO_2 , reduzindo significativamente o impacto da emissão de gases de efeito estufa (BORGES, 2016).

Estudos de caso demonstram alta viabilidade. Como exemplo, a ETE Santa Quitéria (PR), com um sistema similar, estimou que seu biogás poderia suprir 59% da demanda de energia da estação (BILOTTA; ROSS, 2016). Já a ETE Arrudas (MG) já

supre 70% de seu consumo com energia gerada internamente (OLIVEIRA; VON SPERLING, 2005) .

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi realizado na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Jacuípe II, situada em Feira de Santana, Bahia. A ETE é operada pela Embasa e recebe esgoto majoritariamente doméstico. A estação foi projetada para tratar a vazão de uma população de 129.600 habitantes. Em 2018, a vazão média mensal de efluente foi de 152,68 l.s-1, com média mensal de Demanda Química de Oxigênio (DQO) de 795 mg.l-1.

3.2 Descrição do Processo de Tratamento

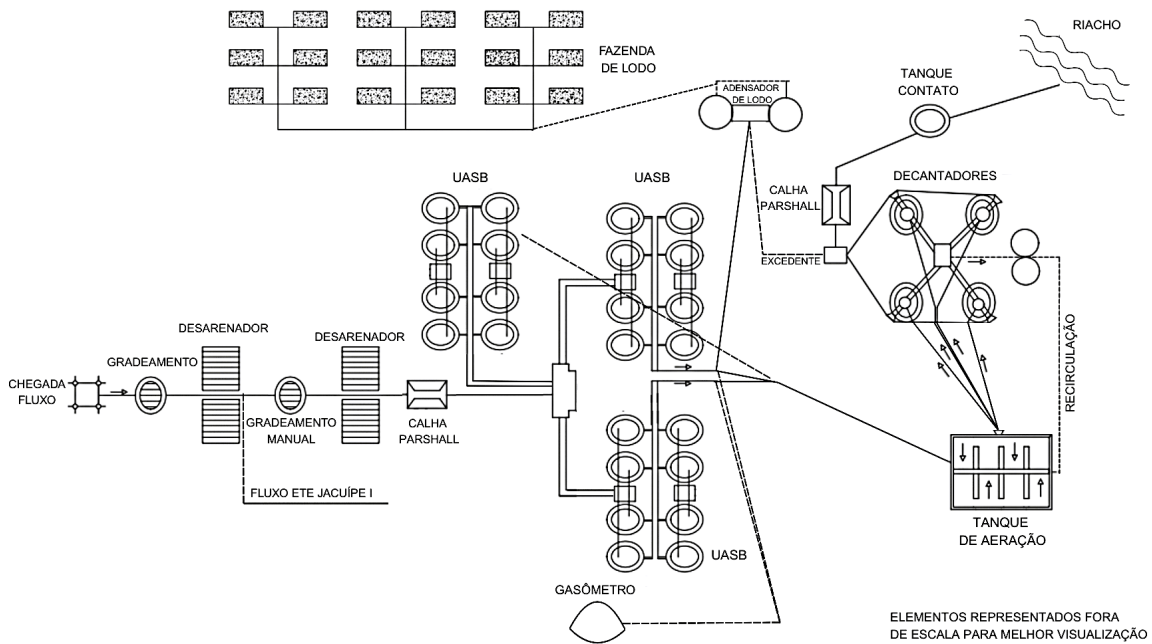
O processo de tratamento da ETE Jacuípe II é do tipo híbrido, apresentando tratamento anaeróbio (Reator UASB) seguido de tratamento aeróbio (Lodos Ativados), conforme fluxograma e croqui apresentados nas Figuras 1 e 2.

Figura 1: Fluxograma reduzido da ETE Jacuípe II e seus pontos críticos de consumo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 2: Croqui da Estação de Tratamento de Esgoto Jacuípe II.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O fluxograma detalhado, baseado na visita operacional e no croqui da ETE, compreende as seguintes etapas:

1. **Tratamento Preliminar:** O esgoto afluyente passa por um sistema de gradeamento mecanizado (que opera em ciclos de 15 minutos) e desarenadores (operando por gravidade) para a remoção de sólidos grosseiros e areia. A vazão é medida em uma calha Parshall.
2. **Tratamento Primário (Anaeróbio):** O efluente é distribuído para três Reatores UASB (DAFA), onde ocorre a digestão anaeróbia da matéria orgânica e a consequente produção de biogás. A ETE possui um sistema de gasômetro para captação deste biogás, que inclui um soprador centrífugo.
3. **Tratamento Secundário (Aeróbio):** O efluente dos reatores UASB é encaminhado para dois Tanques de Aeração. Esta é a etapa de lodos ativados, onde aeradores mecânicos (turbinas) introduzem oxigênio no efluente para a remoção da matéria orgânica remanescente pelos microrganismos aeróbios.
4. **Decantação e Recirculação:** A mistura segue para quatro decantadores, onde os sólidos (lodo ativado) sedimentam. O lodo decantado é parcialmente recirculado para o tanque de aeração para manter a concentração de biomassa, e o excesso é descartado.

5. **Tratamento do Lodo:** O lodo excedente passa por um adensador de lodo e, posteriormente, é encaminhado para as "fazendas de lodo" (leitos de secagem) para desidratação.
6. **Efluente Final:** O efluente clarificado (fase líquida) dos decantadores é lançado no corpo receptor, o Riacho da Panela.

3.3 Metodologia de Diagnóstico Operacional

A metodologia principal deste estudo foi um diagnóstico operacional qualitativo e quantitativo, realizado através de uma visita técnica à ETE Jacuípe II em 17 de março de 2025. Este diagnóstico focou no levantamento de dados para a análise de consumo energético e identificação de pontos de otimização. Os procedimentos adotados foram:

- **Mapeamento de Equipamentos:** Identificação visual de todos os principais equipamentos eletromecânicos da planta (motores, bombas, sopradores).
- **Coleta de Dados de Placa:** Anotação dos dados nominais dos motores dos equipamentos críticos, especialmente do sistema de aeração, incluindo potência (em HP ou kW), tensão (V) e corrente (A).
- **Verificação do Regime Operacional:** Constatação, junto à operação da planta, dos tempos de funcionamento de cada equipamento (contínuo 24h/dia ou intermitente).
- **Identificação de Anomalias:** Verificação do estado de funcionamento dos sistemas, como o sistema de biogás (gasômetro e queimadores) e o adensador de lodo.

3.4 Metodologia de Análise de Consumo e Potencial

As análises de consumo e de potencial de geração foram realizadas com base nos dados do diagnóstico operacional e em dados secundários do resumo expandido.

3.4.1 Cálculo do Consumo Energético Atual

O consumo energético mensal do principal ponto crítico (sistema de aeração) foi estimado utilizando a Equação 1, com base na potência ativa do motor principal identificado na visita e seu regime de operação contínuo.

Equação 1: $\text{Consumo (kWh/mês)} = \text{Potência Ativa (kW)} \times 24 \text{ (h/dia)} \times 30,4 \text{ (dias/mês)}$

Onde a potência foi convertida de HP para kW (1 HP \approx 0,746 kW).

3.4.2 Análise do Potencial de Otimização (Inversores de Frequência)

O potencial de economia com a implementação de inversores de frequência foi analisado qualitativamente e quantitativamente. A análise se baseia na premissa de que a demanda de oxigênio não é constante (ALMEIDA, 2015), e que a modulação da velocidade dos motores de aeração, com base na leitura de sensores de OD (não existentes atualmente na planta), geraria economia. A economia potencial foi estimada com base em reduções percentuais conservadoras sobre o consumo base (Equação 1), conforme documentado na literatura (JORDÃO, 2008; ALMEIDA, 2015).

3.4.3 Estimativa do Potencial de Geração de Biogás

O potencial de geração de energia do biogás (atualmente inoperante) foi estimado teoricamente em três etapas:

- **Cálculo da Carga Orgânica Afluente (DQO):** Utilizaram-se os dados médios de 2018 da ETE Jacuípe II (Vazão $Q = 152,68$ L/s; DQO afluente = 795 mg/L). A carga de DQO (kg/dia) foi calculada pela Equação 2.
Equação 2: Carga DQO (kg/dia) = Q (L/s) \times DQO (mg/L) \times 0,0864
(Onde 0,0864 é o fator de conversão de L/s \times mg/L para kg/dia)
- **Cálculo da Carga de DQO Removida:** Assumiu-se uma eficiência de remoção de DQO global de 65,6%. Este valor foi adotado com base no estudo de caso da ETE Santa Quitéria (PR) (BILOTTA; ROSS, 2016), que possui uma configuração de tratamento anaeróbico similar e cujos dados detalhados estavam disponíveis.
- **Estimativa do Potencial Energético:** O potencial de geração de energia (kWh/mês) foi estimado por uma análise comparativa com os dados da ETE Santa Quitéria (BILOTTA; ROSS, 2016). A ETE Santa Quitéria demonstrou uma geração de 65.280,3 kWh/mês para uma remoção de 9.594,7 kgDQO/dia. Este fator (kWh gerado por kgDQO removido) foi aplicado à carga de DQO removida estimada para a ETE Jacuípe II.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diagnóstico operacional e a análise dos dados permitiram mapear o perfil de consumo da ETE Jacuípe II, identificar seus principais pontos críticos e propor soluções de otimização, com foco primário na aeração e secundário no biogás.

4.1 Diagnóstico do Consumo Energético Atual

A visita técnica foi crucial para identificar os equipamentos que, de fato, ditam o consumo de energia da planta, indo além dos dados teóricos de projeto.

4.1.1 Ponto Crítico Principal: O Sistema de Aeração

O diagnóstico confirmou que o tanque de aeração é o ponto principal do consumo elétrico da ETE Jacuípe II. Foi constatado que os aeradores mecânicos (turbinas) operam de forma contínua, 24 horas por dia, 7 dias por semana. O motor principal identificado, um WEG W22 Premium, possui uma potência nominal de 175 HP.

Convertendo a potência para unidades de consumo ($175 \text{ HP} \approx 130,5 \text{ kW}$) e aplicando a Equação 1 para um regime de operação contínuo, o consumo estimado apenas deste motor é:

$$\text{Consumo Aeração} = 130,5 \text{ kW} \times 24 \text{ h/dia} \times 30,4 \text{ dias/mês} = 95.126,4 \text{ kWh/mês}$$

Figura 3: Motor principal (175 HP) do aerador mecânico do tanque de aeração, principal ponto de consumo energético da ETE Jacuípe II.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Este valor representa uma "carga de base" massiva, operando em potência máxima independentemente da carga orgânica afluyente. Este é o principal alvo para otimização.

4.1.2 Pontos Críticos de Consumo de Energia

O diagnóstico revelou pontos de desperdício energético direto, que representam perdas financeiras sem qualquer benefício ao tratamento:

- **Gasômetro Inoperante, Soprador Ligado:** Foi identificado que o soprador centrífugo (Motor Thomas, 0,75 HP) do sistema de biogás permanece ligado continuamente, apesar de o gasômetro estar inoperante e não haver aproveitamento energético. No entanto, o diagnóstico operacional esclareceu que esta operação é intencional. A malha do gasômetro possui um custo elevado e precisa ser mantida inflada para sua preservação, transformando o consumo energético do soprador (estimado em 408 kWh/mês) em um custo de manutenção patrimonial, e não um desperdício operacional.

Figura 4: Sistema de biogás da ETE: gasômetro (cúpula) com malha inflada.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

- **Adensador de Lodo Subutilizado:** Foi observado que o adensador de lodo não opera em sua função primária, sendo utilizado apenas como uma elevatória. A

operação dos seus raspadores e bombas associadas pode ser desnecessária, caso o lodo possa ser enviado diretamente do decantador para a fazenda de lodo.

4.2 Proposta de Otimização (Foco em Inversores de Frequência)

O consumo de 95,1 MWh/mês do sistema de aeração, operando em regime contínuo, é o principal ponto de otimização da ETE. A implementação de Inversores de Frequência (IFs) nos motores de 175 HP é a solução técnica mais indicada (ALMEIDA, 2015; ABB, 2023).

A implementação desta solução envolveria a instalação de sensores de Oxigênio Dissolvido (OD) nos tanques de aeração. Estes sensores informariam em tempo real a demanda de oxigênio. Nos períodos de baixa carga (madrugada), onde a demanda de OD é menor, os IFs reduziram a velocidade das turbinas, mantendo o OD no ponto de ajuste mínimo. Nos picos de carga, os IFs aumentariam a velocidade para atender a demanda.

A economia potencial é substancial. Estudos de caso em ETEs que implementaram essa automação reportam economias de 20% a 40% no consumo de energia da aeração (JORDÃO, 2008; ALMEIDA, 2015). Assumindo um cenário conservador de 25% de economia média ao longo do dia com a modulação, a redução no consumo seria:

$$\text{Economia IF} = 95.126,4 \text{ kWh/mês} \times 0,25 = 23.781,6 \text{ kWh/mês}$$

Esta economia, superior a 23 MWh/mês, seria alcançada apenas com a otimização do processo, sem qualquer prejuízo à qualidade do efluente final.

4.3 Potencial Energético do Biogás (Oportunidade Secundária)

Embora o foco principal da otimização seja a aeração, a ETE Jacuípe II possui uma segunda via para a autossuficiência: o aproveitamento do biogás gerado nos reatores UASB e atualmente desperdiçado (queimado ou liberado).

Utilizando os dados de 2018 ($Q = 152,68 \text{ L/s}$; $\text{DQO} = 795 \text{ mg/L}$) e a Equação 2, calcula-se a carga orgânica afluyente:

$$\text{Carga DQO} = 152,68 \text{ L/s} \times 795 \text{ mg/L} \times 0,0864 = 10.488 \text{ kg DQO/dia}$$

Assumindo a eficiência de remoção de 65,6% (base ETE Santa Quitéria) (BILOTTA; ROSS, 2016), a carga de DQO efetivamente removida e convertida (em lodo e biogás) é:

$$\text{Carga Removida} = 10.488 \text{ kg/dia} \times 0,656 = 6.880 \text{ kg DQO/dia}$$

Aplicando o fator de geração da ETE Santa Quitéria (65.280,3 kWh/mês por 9.594,7 kgDQOrem/dia) (BILOTTA; ROSS, 2016), o potencial energético estimado para a ETE Jacuípe II é:

$$\text{Potencial Jacuípe II} = (6.880 \text{ kgDQO/dia} / 9.594,7 \text{ kgDQO/dia}) \times 65.280,3 \text{ kWh/mês}$$

$$\text{Potencial Jacuípe II} = 46.365 \text{ kWh/mês}$$

4.4 Cenário Integrado Rumo à Autossuficiência

Os resultados demonstram duas vias claras e complementares para a eficiência energética:

- **Otimização (Inversores):** Economia de 23.781,6 kWh/mês.
- **Geração (Biogás):** Potencial de 46.365,0 kWh/mês.

O potencial de geração de biogás (46,3 MWh/mês) é, por si só, suficiente para abater 49% do consumo atual da aeração (95,1 MWh/mês).

Se a ETE Jacuípe II implementar ambas as estratégias (Inversores + Biogás), o balanço energético da planta seria transformado. A economia total (23,7 MWh) somada à geração própria (46,3 MWh) resultaria em um ganho de 70 MWh/mês, superando 74% do consumo do principal motor da estação.

Este cenário demonstra que a ETE Jacuípe II não só pode reduzir drasticamente seus custos operacionais, mas também possui um caminho viável para a autossuficiência energética, alinhando-se perfeitamente às metas de sustentabilidade e consumo de energia renovável da Embasa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou o consumo energético da ETE Jacuípe II, identificando os pontos críticos e o potencial de otimização através de um diagnóstico operacional e estimativas teóricas.

Concluiu-se que o principal ponto de consumo da planta é o sistema de aeração, com um motor de 175 HP (130,5 kW) operando continuamente (24h/dia), resultando em um consumo estimado de 95,1 MWh/mês. Esta operação em "carga de base", sem modulação, representa o maior potencial de otimização da ETE.

A principal recomendação deste estudo é a implementação de inversores de frequência nos motores do sistema de aeração, controlados por sensores de Oxigênio Dissolvido (OD). Esta medida permitiria modular o fornecimento de oxigênio à demanda biológica real, gerando economias energéticas estimadas conservadoramente em 25% (ou 23,7 MWh/mês) do consumo da aeração.

Como potencial secundário, a estimativa de geração de energia a partir do biogás (atualmente desperdiçado) é de 46,3 MWh/mês. A reativação deste sistema, embora demande um investimento maior que os inversores, tem o potencial de abater 49% do consumo da aeração.

A combinação da otimização da aeração (via inversores) e do aproveitamento do biogás (via motogeradores) apresenta um caminho robusto e viável para que a ETE Jacuípe II não apenas reduza seus custos operacionais, mas se aproxime da autossuficiência energética, alinhando-se às metas de sustentabilidade da Embasa.

ABSTRACT (em Inglês)

High electricity consumption in Wastewater Treatment Plants (WWTPs) is a major challenge for the sanitation sector's sustainability. In activated sludge systems, the aeration process is the largest energy consumer, often operating continuously. This study aimed to analyze the energy consumption of the Jacuipe II WWTP (Feira de Santana-BA), identify critical waste points, and propose optimizing the aeration system through frequency inverters. Secondly, the potential for energy generation from biogas, currently unexploited, was estimated. The methodology was based on an operational diagnosis via technical visit, where equipment nameplate data and operating regimes were collected. Flow rate (152.68 L/s) and Chemical Oxygen

Demand (795 mg/L) data from 2018 were used to estimate the organic load and biogas potential. The diagnosis revealed the aeration tank is the largest consumer, with a 175 HP main motor (approx. 130 kW) operating 24/7, resulting in an estimated consumption of 94.8 MWh/month. A direct energy consumption was identified in the biogas system blower, which remains on despite the gasometer being inoperative. The theoretical biogas potential indicates a generation of 46.3 MWh/month, enough to cover 49% of the aeration consumption. It is concluded that implementing frequency inverters in the aeration system is the primary strategy for efficiency, generating substantial energy savings by modulating oxygen supply to actual demand. Reactivating the biogas system emerges as a robust complementary solution, bringing the WWTP closer to energy self-sufficiency.

Keywords: *Wastewater Treatment, Energy Efficiency, Sustainability.*

REFERÊNCIAS

ABB. **Impulsionando a eficiência energética em processos de aeração de águas residuais.** [S.l.], 2023. Disponível em: <https://new.abb.com/news/pt-BR/detail/111992/impulsionando-a-eficiencia-energetica-e-m-processos-de-aeracao-de-aguas-residuais>. Acesso em: 12 jan. 2025.

ALMEIDA, L. C. S. **Análise de alternativas para redução do consumo de energia elétrica em uma estação de tratamento de esgoto.** 2015. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

BASTOS, R. K. **Avaliação do consumo de energia elétrica do tratamento de esgoto da ETE-Viçosa/MG.** 2011. 43 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Saneamento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

BILOTTA, Patrícia; ROSS, Bárbara Zanicotti Leite. Estimativa de geração de energia e emissão evitada de gás de efeito estufa na recuperação de biogás produzido em estação de tratamento de esgotos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21, n.

2, p. 275-282, abr./jun. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016141477> . Acesso em: 25 fev. 2024.

BORGES, Henrique Dantas. **Avaliação da viabilidade de recuperação e uso de biogás em uma estação de tratamento de esgoto**. 2016. 57 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

CIBiogás. **Guia prático do biogás: da geração ao uso**. Foz do Iguaçu: CIBiogás, 2018. 48 p.

EMBASA (Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A.). **Energia limpa já é responsável por 60% do consumo na Embasa**. Salvador, 2024. Disponível em: <https://www.embasa.ba.gov.br/w/energia-limpa-ja-e-responsavel-por-60-do-consumo-na-embasa>. Acesso em: 10 jan. 2025.

EMBASA (Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A.). **Embasa bate recorde nacional de migração para o mercado livre de energia**. Salvador, 2024. Disponível em: <https://www.embasa.ba.gov.br/w/embasa-bate-recorde-nacional-de-migracao-para-o-mercado-livre-de-energia>. Acesso em: 10 jan. 2025.

JORDÃO, Eduardo Pacheco. Eficiência energética em tratamento de esgotos. **Revista DAE**, [S.l.], p. 15-19, mai. 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.014>. Acesso em: 05 mar. 2024.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgoto Doméstico**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011. 768 p.

OLIVEIRA, Sílvia M. A. Corrêa; VON SPERLING, Marcos. Avaliação de 166 ETES em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 2 - Influência de fatores de projeto e operação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, p. 358-368, out./dez. 2005.

SILVA, T. C. **Análise do aproveitamento energético do biogás produzido em uma estação de tratamento de esgoto**. 2018. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2018.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico Temático: Serviços de Água e Esgoto - Ano de Referência 2022**. Brasília: MDR/SNS, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos-snis> . Acesso em: 15 fev. 2024.

TCHOBANOGLIOUS, George; STENSEL, H. David; TCHOBANOGLIOUS, George; BURTON, Franklin L. **Metcalf & Eddy: Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014. 2064 p.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**: v. 1: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2014. 452 p.

WEG. **Catálogo de Motores W22 Premium**. Jaraguá do Sul, 2023. (Material técnico).