

## 9608 - NOVOS ALGORITMOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADOS EM INVERSORES DE FREQUÊNCIA PARA SISTEMAS DE SANEAMENTO – CASE: TESTE EM SISTEMA DE AERAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DE GRANDE PORTE (1,5M<sup>3</sup>/S).

### RESUMO

Os inversores de frequência são equipamentos largamente usados para partida e variação de rotação de motores elétricos, sendo atualmente um dos principais responsáveis por economizar energia elétrica e aumentar a vida útil dos equipamentos. A tecnologia tem avançando muito rápido e atualmente vem sendo desenvolvidos algoritmos que utilizados nos inversores de frequência possibilitam a utilização plena dos seus recursos de eficiência energética. Esse trabalho apresenta o teste de dois de inversores de fabricantes diferentes, mas com algoritmos de eficiência energética similares que monitoram os motores e através de análises elétricas determinam quanto de potência está sendo necessária para o trabalho executado e caso a potência necessária for menor que a fornecida o algoritmo diminui a potência fornecida mantendo o mesmo trabalho, gerando dessa forma economia de energia elétrica.

O teste foi realizado no sistema de aeração superficial de uma estação de tratamento de esgotos com capacidade de tratamento de 1,5m<sup>3</sup>/s e trouxe resultados de economia de energia de aproximadamente 20%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência energética, inversores de frequência, controle de processo.

### INTRODUÇÃO

O teste foi realizado no sistema de aeração de numa estação de tratamento de esgotos por lodos ativados convencional da região metropolitana de São Paulo com capacidade de tratamento de 1,5m<sup>3</sup>/s.

O sistema de aeração é a principal parte do processo numa estação de tratamento de esgotos por lodos ativados, além disso, é um dos principais consumidores de energia elétrica chegando a aproximadamente 40% do consumo total da estação de tratamento. Sendo assim o sistema de aeração é um dos principais focos para economia de energia elétrica.

A aeração dos tanques nessa estação de tratamento é realizada por agitadores superficiais tipo batedor (agitador com hélices), sendo que os motores já são acionados e controlados por inversores de frequência tradicionais.

Os inversores testados substituíram os inversores instalados no período de testes e as medições foram realizadas por analisadores de energia tanto na entrada como na saída dos inversores.

### OBJETIVO

Testar inversores com algoritmos de eficiência energética de última geração para avaliar a eficiência energética desses inversores em comparação com inversores de frequência tradicionais já conhecidos.

### MATERIAIS E MÉTODOS

#### Principais características dos inversores de frequência tradicionais:

A principal característica dos inversores de frequência é acionar e variar a rotação de motores elétricos trifásicos através da variação da frequência e da tensão aplicadas.

Matematicamente a velocidade (síncrona) do motor é determinada da seguinte forma (equação 01):

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p} \quad \text{equação 01}$$

Onde:

$N_s$ = velocidade síncrona do motor em RPM

$f$ = frequência em Hz

$p$ = número de polos do motor

O inversor basicamente utiliza essa fórmula para variar a rotação do motor, mas para garantir o torque necessário também varia a tensão aplicada.

Existem basicamente duas formas de controle que os inversores utilizam a vetorial e a escalar.

O controle escalar utiliza uma relação fixa entre tensão e frequência e é aplicada principalmente a equipamentos que tenham torque constante.

O controle vetorial também varia a tensão e a frequência, porém a relação não é fixa o controle é em função de uma curva que leva em consideração o rendimento do motor, esse tipo de controle é mais aplicado em equipamentos com torque quadrático ou em baixas rotações.

### **Principais características dos inversores de frequência de última geração com algoritmos de eficiência energética:**

As características elétricas desses inversores são as mesmas dos inversores tradicionais, sendo que além dos dois métodos tradicionais de controle (escalar e vetorial) esses inversores tem uma terceira forma de controle que utiliza um algoritmo (parâmetro de eficiência energética) mais eficiente que é um método de controle próximo ao vetorial, porém utilizando medições elétricas instantâneas otimizam as curvas utilizadas no controle vetorial de acordo com a situação do processo.

Esse algoritmo interno utilizado monitora e gerencia a potência fornecida aos motores elétricos de acordo com a potência requerida no momento e não de acordo com as características dos motores e equipamentos por eles acionados.

Basicamente o algoritmo desses inversores mantém a rotação e o torque necessário para o trabalho requerido pelo processo, mas através de um monitoramento contínuo diminui a potência fornecida até o limite mínimo necessário.

## **METODOLOGIA**

### **Histórico:**

Os tanques de aeração necessitam de uma concentração de oxigênio dissolvida mínima para atender as necessidades do processo, para isso são utilizados diversos tipos de sistemas de aeração. No caso do local do teste e conforme já falado os equipamentos utilizados são aeradores superficiais (Figura 01) que atualmente já tem acionamento e controle através de inversores de frequência tradicionais. A escolha desses equipamentos foi justamente por já terem inversores de frequência tradicionais em pleno funcionamento.



**Figura 01 – Aerador Superficial do Tanque de Aeração**

O teste foi realizado em parceria com várias unidades da empresa e fabricantes:

- Divisão de operação da estação de tratamento de esgoto: liberou o sistema para os testes;
- Divisão de manutenção: auxiliou na instalação dos inversores;
- Departamento de Gestão de Energia Elétrica: auxiliou na medição dos dados;
- Departamento de Engenharia: Coordenando os testes;
- Também teve a participação dos fabricantes dos inversores que realizaram a parametrização.

Dados dos equipamentos:

- O aerador superficial escolhido foi o de numero 06.
- Acionamento: Inversor de frequência.
- Motor: 440Vac/ 147A/ 75kW/ 60Hz.

Descritivo Operacional do Sistema de Aeração:

O procedimento operacional atual da estação de tratamento trabalha com os inversores de frequência em 48Hz, ou seja, a rotação dos aeradores fica fixa em 80%, isso favoreceu a comparação dos dados, pois todos os inversores trabalharam nas mesmas condições durante o período dos testes.

Procedimento:

Antes de se instalar os inversores com algoritmos de eficiência foi realizada uma medição inicial com a instalação de analisadores de energia na entrada e na saída do inversor que estavam operando e foram coletados dados por um período de 07 dias.

Após a coleta dos dados do inversor instalado (tradicional) foram realizados dois testes (Teste A e Teste B) conforme descrito abaixo:

- Teste A: A equipe de automação local substituiu o inversor instalado pelo primeiro inversor a ser testado (inversor 01). Os técnicos do fabricante programaram o inversor e ativaram o parâmetro de economia de energia. Os mesmos analisadores de energia foram instalados na entrada e na saída do inversor para coleta dos dados também por 07 dias.
- Teste B: A equipe de automação local fez a instalação do inversor 02 no mesmo local onde foi realizado o primeiro teste e foi realizado o mesmo procedimento do teste com o inversor 01 sendo que a parametrização foi realizada pelos técnicos do fabricante.

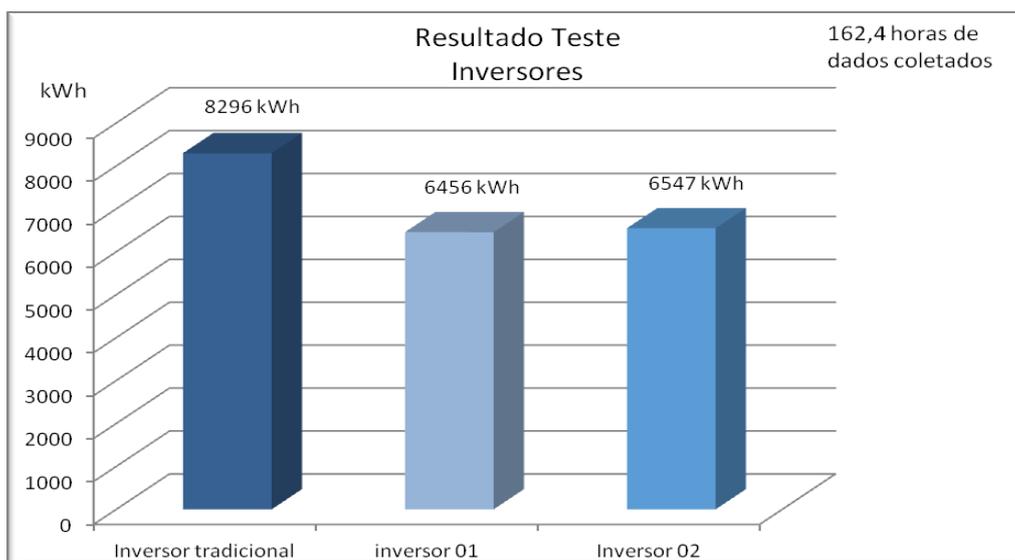
Obs.: Durante o período dos testes não foram registradas anomalias como, por exemplo, chuvas ou quebra de equipamentos.

## RESULTADOS OBTIDOS

Os registradores ficaram instalados por 07 dias em cada inversor, porém para alinhamento dos testes foram excluídos dados considerados inconsistentes como dados zerados. Sendo assim foram levadas em consideração 162,4 horas de dados coletados para cada inversor, abaixo na tabela 01 está o resultado da coleta de dados, sendo que a demonstração dos dados coletados fica melhor visualizado no gráfico 01.

**Tabela 01: Principais Dados Registrados.**

Inversor	Potência Total Consumida (kWh)	Máxima potência Registrada (kW)
Tradicional	8296,45	51,10
Inversor 01	6465,30	39,75
Inversor 02	6547,26	39,76



**Gráfico 01: comparação de consumo entre os inversores**

### Comparação dos Resultados:

Também foram realizadas comparações dos resultados obtidos para verificar a eficiência entre os inversores, tanto entre o instalado e os testados como entre os dois testados, os resultados das comparações podem ser vistos nas tabelas abaixo (tabela 02, tabela 03 e tabela 04):

**Tabela 02 - Inversor 01 x Instalado Tradicional:**

Comparativo Inversor 01 x Instalado		
	Consumo (kWh)	Máxima Potência (kW)
Inversor Instalado	8296,451	53,7
Inversor 01	6455,747	43,3
Diferença kW	- 1840,704	- 10,4
Diferença %	-22,19	-19,37

**Tabela 03: Inversor 02 x Instalado Tradicional**

Comparativo Inversor 02 x Instalado		
	Consumo (kWh)	Máxima Potência (kW)
Inversor Instalado	8296,451	53,7
Inversor 02	6547,257	40,32
Diferença kW	- 1749,194	- 13,38
Diferença %	-21,08	-24,92

**Tabela 04: Inversor 01 x Inversor 02**

Comparativo Inversor 01 x Inversor 02		
	Consumo (kWh)	Máxima Potência (kW)
Inversor 01	6455,747	43,3
Inversor 02	6547,257	40,32
Diferença kW	-91,51	2,98
Diferença %	1,42	-6,88

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Os dados registrados mostram uma economia de energia de aproximadamente 21% com a ativação do parâmetro de eficiência energética dos inversores testados em relação ao inversor tradicional instalado.

Nota-se que a economia de energia elétrica de ambos os inversores com algoritmo de eficiência energética testados é praticamente idêntica.

Foi realizado o cálculo de *payback* para avaliar a viabilidade de substituição dos inversores tradicionais, nessa aplicação, por inversores com algoritmos de eficiência energética e o cálculo demonstrou um retorno de investimento entre 22 a 24 meses viabilizando as substituições.

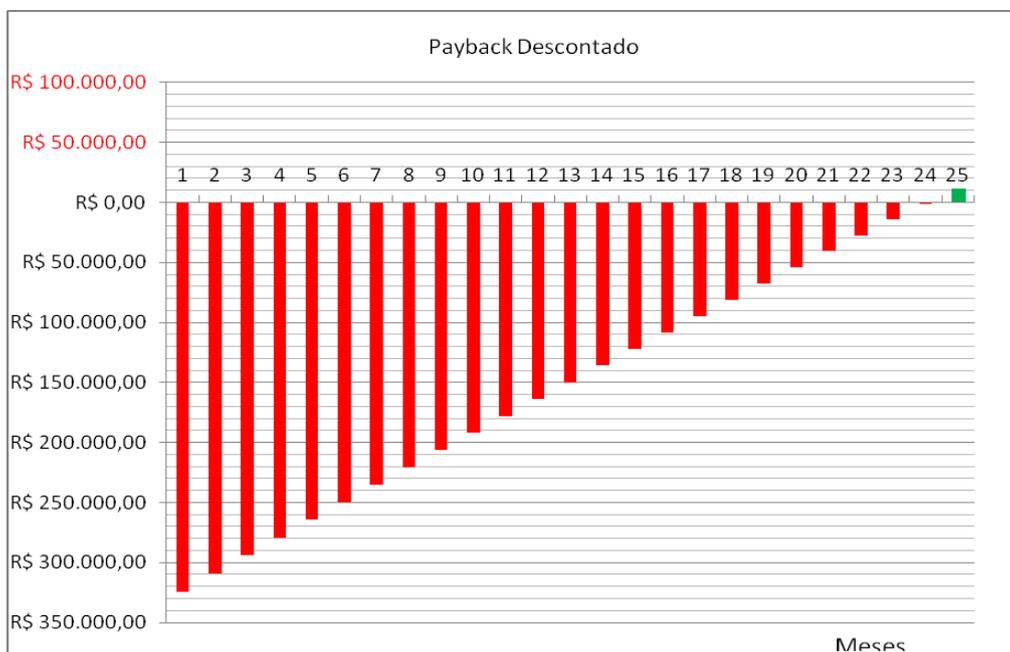
Foram realizados dois cálculos de *payback* levando em consideração dois cenários, sendo um mais conservador não levando em consideração a redução do contrato de demanda com a concessionária de energia elétrica e outro menos conservador levando em consideração uma renegociação com a concessionária de energia elétrica para redução do contrato de demanda.

O cálculo de *payback* realizado foi o “descontado” levando em consideração juros de 8,06% ao ano e não foi levado em consideração ajuste na tarifa de energia elétrica.

Cenário 01 (mais conservador) - redução do consumo de energia sem redução do contrato de Demanda:

- Valor do kWh de R\$0,213 (referente à conta de energia elétrica de 11/2017)
- Substituição de 09 inversores de frequência
- Economia total estimada/ ano para 09 aeradores: R\$183.000,00 (859.500 kWh)
- Custo médio de 09 inversores instalados: R\$339.000,00 (inversor + instalação)

Para esse cenário o *payback* é de 24,1 meses (gráfico 02).



**Gráfico 02: Payback Descontado (valor presente) na situação menos favorável.**

Cenário 02 (menos conservador) - redução do consumo de energia mais redução do contrato de Demanda no horário de pico\*:

- Valor do kWh de R\$0,23 (referente à conta de energia elétrica de 11/2017)
- Substituição de 09 inversores de frequência

## Modelo de Trabalho Técnico

- Economia total estimada/ ano para 09 aeradores: R\$196.800,00 (859.500 kWh)
- Custo médio de 09 inversores instalados: R\$339.000,00 (inversor + instalação)

\*Obs.: Foi considerada a redução do contrato de demanda apenas no horário de pico, pois para essa modalidade de contrato a demanda contratada fora do horário de pico já está no mínimo possível.

Para esse cenário o *payback* é de 22,3 meses.

### CONCLUSÕES/ RECOMENDAÇÕES

Os testes demonstraram que existe uma possibilidade real de eficiência energética com a substituição dos inversores tradicionais por inversores de tecnologia mais avançada com algoritmos de eficiência energética.

O *payback* estimado de 24 meses para essa aplicação mostra que é perfeitamente viável a substituição dos inversores e a recomendação é realizar um contrato de eficiência energética.

O resultado favorável foi devido os aeradores testados estarem trabalhando com folga. Para cada aplicação é necessário ser realizada uma avaliação, pois o resultado depende da condição dos equipamentos, da condição operacional e do processo. Se os equipamentos estiverem bem dimensionados e sem folga mesmo com a ativação de parâmetros de eficiência energética não haverá ganhos consideráveis.

Recomenda-se a avaliação de todos os sistemas existentes para avaliar onde existe oportunidade de economia de energia elétrica e assim realizar avaliações criteriosas para realizar com assertividade a substituição dos inversores utilizados por inversores com algoritmos de eficiência energética e sempre que possível realizar as contratações com cláusulas de performance para que sejam atendidas as expectativas de economia.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DRIVES A/S. *Facts worth know about frequency converters*. 3ª edição. Laursen Grafisk. 1998