

METODOLOGIA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA EM SISTEMAS DE BOMBEAMENTO

Rafael Alves Ferreira, Sérgio Ferreira de Paula Silva, Antonio Carlos Delaiba, Décio Bispo

Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Avenida João Naves de Ávila, 2121 – Campus Santa Mônica, CEP- 38400-902 – Uberlândia – MG
Brasil

e-mail: ferreira.ufu@gmail.com, sergio@qes.com.br, delaiba@ufu.br, deciobispo@yahoo.com.br

Resumo – O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia de comparação do desempenho de sistemas de bombeamento controlados por válvulas de estrangulamento e a utilização de inversores de frequência no controle da vazão. Adicionalmente, identificar a redução do consumo de energia elétrica bem como justificativas da escolha de um sistema em detrimento do outro.

Palavras-Chave – eficiência energética, inversor de frequência, sistemas de bombeamento.

ENERGETIC EFFICIENCY METHODOLOGY APPLIED IN PUMPING SYSTEMS

Abstract – The aim of this paper is to show a methodology of comparison among the flow control of pumping systems controlled by valves and by variable-speed drives. Moreover, to identify the reduction of the electric energy consumption as well as the economical limits that justifies the choice of one system instead of the other.

Keywords – energetic efficiency, pumping systems, variable-speed drive.

I. INTRODUÇÃO

O uso eficiente da energia elétrica, que pode ser entendida como a utilização da menor quantidade possível de energia para realizar um trabalho sem que se perca qualidade e segurança, tem como campo de atuação os mais diversos ramos de atividade da sociedade. Utilizar a energia com responsabilidade sem desperdício constitui um novo parâmetro a ser considerado no exercício da cidadania [1].

Este fato tem motivado programas governamentais, tais como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), que tem o intuito de promover a racionalização da produção e consumo de energia elétrica, de forma a reduzir os desperdícios e os custos da energia.

Se for mantida a estrutura atual de uso da energia, projeta-se uma necessidade de suprimento, em 2015, em torno de 780 TWh/ano, segundo dados da Eletrobrás. Estima-se,

também, que diminuindo os desperdícios, haverá uma redução anual de até 130 TWh - produção aproximada de duas usinas de Itaipu [2].

Atualmente, o setor industrial é responsável por aproximadamente 46% do consumo global de energia elétrica e, dentro deste setor, os motores respondem por cerca de 50% deste consumo [2].

Neste contexto, o foco deste trabalho é analisar, no que diz respeito à eficiência energética, o comportamento de uma das cargas elétricas mais comuns na indústria, a bomba hidráulica. A metodologia de análise consiste na comparação entre o consumo de energia de um sistema de bombeamento convencional, com controle de vazão por válvula de estrangulamento e acionamento por motor padrão, com o consumo de um sistema acionado por motor de alto rendimento e com vazão controlada por inversor de frequência.

II. ESTRUTURA FÍSICA DO LABORATÓRIO

Este artigo foi desenvolvido no Laboratório de Sistemas Motrizes da Universidade Federal de Uberlândia que é fruto de uma parceria com a ELETROBRÁS/PROCEL. O laboratório, composto por quatro bancadas, sendo cada uma correspondente a um tipo de carga (ventilador, compressor de ar, correia transportadora e bomba centrífuga) e acionadas independentemente, foi idealizado com o intuito de realizar pesquisas com foco na eficiência energética [3].

Cada bancada é constituída por um medidor de energia multifunção, inversor de frequência, dispositivo de partida suave (*soft-starter*), partida a plena tensão, dois motores elétricos (convencional e de alto rendimento, ambos de 1,5 cv), sensor/transdutor de velocidade, controlador programável e sistema supervisor.

A bancada utilizada neste trabalho corresponde à bomba centrífuga. Este módulo de carga é acoplado diretamente ao motor de acionamento, sendo composto por dois reservatórios com capacidade de 100 litros cada, de material transparente, sendo o primeiro instalado na parte inferior da bancada e o segundo a uma altura de dois metros. Entre os reservatórios foi instalado um duto de escoamento com uma válvula elétrica de retenção. Na saída da bomba centrífuga estão presentes uma válvula de retenção, uma válvula elétrica proporcional de estrangulamento e os transmissores analógicos de pressão e vazão. No reservatório superior instalou-se um sensor de nível. Todos os sensores mencionados têm suas grandezas monitoradas (histórico, curvas e valores instantâneos) e mostradas em um sistema supervisor próprio. Adicionalmente, esta bancada possui um dinamômetro para simulação de diferentes condições de

Artigo submetido em 15 de maio de 2008; primeira revisão em 26 de agosto de 2008; segunda revisão em 12 de novembro de 2008. Recomendado para publicação pelos Editores da Seção Especial, João Carlos dos Santos Fagundes e Felix Alberto Farret.

carregamento dos motores. O acoplamento entre os motores e as cargas é direto e a conexão é realizada através de um suporte mecânico móvel. A Figura 1 ilustra melhor a estrutura física utilizada [3].

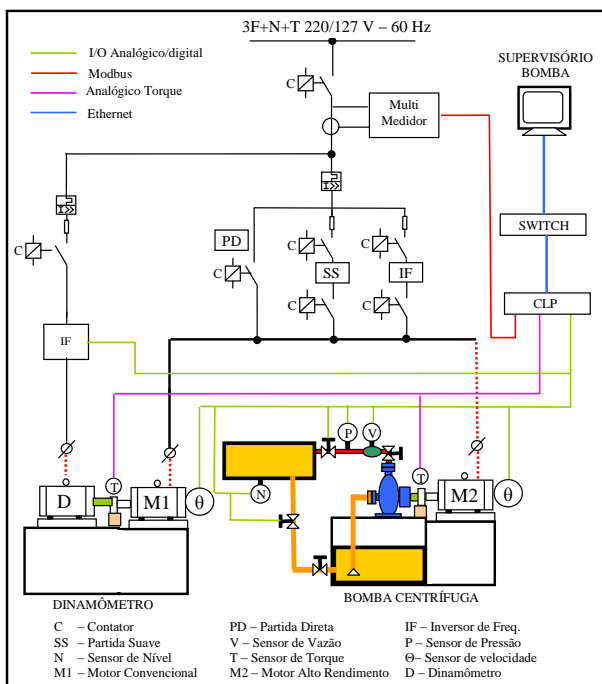


Fig. 1 Diagrama esquemático da bancada da bomba centrífuga.

Esta bancada consiste de um protótipo de uma unidade de bombeamento fiel ao que pode ser encontrado na indústria, conforme mostra a Figura 2, cuja finalidade é simular um sistema de bombeamento tendo como fonte motriz motores de indução trifásicos, ora padrão, ora de alto rendimento [4]. Para o controle da vazão, há duas maneiras de realizar esta operação. Primeiramente, este controle pode ser realizado por um dispositivo conhecido como válvula de estrangulamento. Alternativamente, utiliza-se o inversor de frequência.

Um maior detalhamento destes acionamentos pode ser visto na Figura 3, com a designação dos principais componentes internos ao painel.

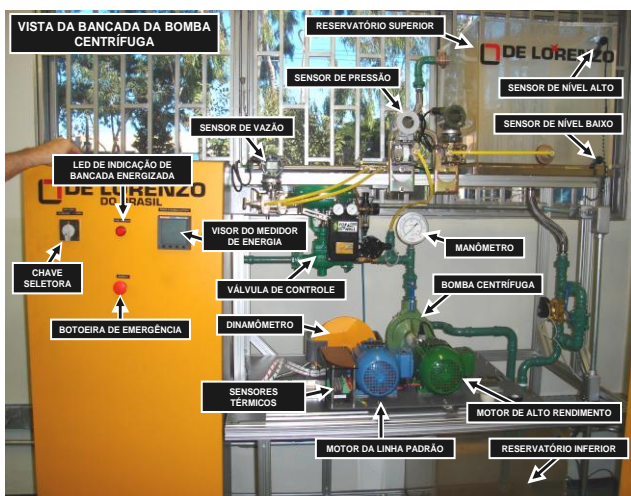


Fig. 2. Foto detalhada da bancada de ensaio.

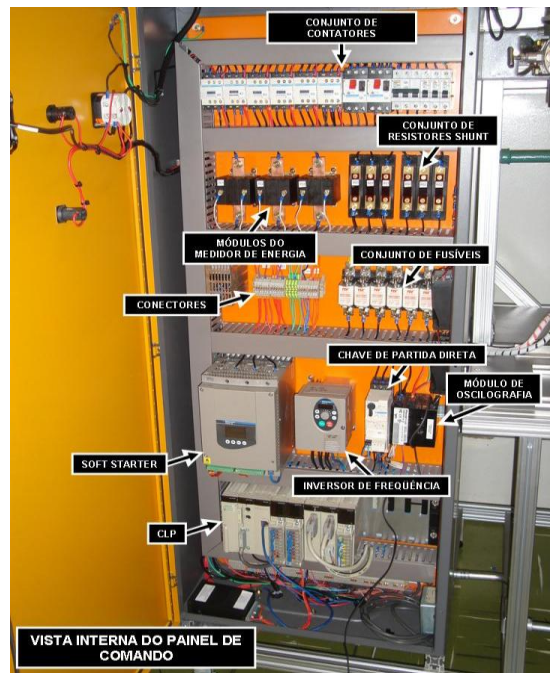


Fig. 3. Foto detalhada do interior do painel de comando.

A estrutura é contemplada com um sistema de medição completo, tanto para grandezas elétricas como tensões, correntes, potências ativa e reativa, fator de potência e frequência, como grandezas mecânicas, hidráulicas e térmicas, tais como, temperatura ambiente e da carcaça do motor, velocidade angular, indicador de posição, pressão, vazão, velocidade angular, torque, entre outros. Equipamentos de automação permitem que os ensaios sejam realizados automaticamente, via supervisor, e os dados registrados e armazenados em tempo real.

III. OPERAÇÕES COM TURBO BOMBAS

A análise conjunta das curvas características da bomba e do sistema hidráulico define o ponto de operação ou o ponto de trabalho da bomba. A interseção das duas curvas define o ponto de trabalho, ou ponto de operação da bomba. A carga fornecida pela bomba é igual à exigida pelo sistema hidráulico.

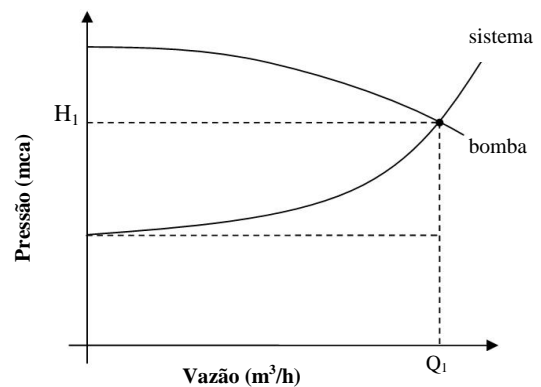


Fig. 4. Curvas características da bomba e do sistema indicando o ponto de operação.

A. Controle da vazão por estrangulamento de válvula

O método da inserção de válvulas de estrangulamento ao longo da tubulação utiliza o conceito de perda de carga, uma vez que a presença de válvulas provoca o aumento da perda de carga à medida que a válvula é fechada. Portanto, a vazão requerida é atingida com a mudança da curva característica do sistema, ou tubulação.

O sistema proposto a seguir, apresentado na Figura 5, ilustra o controle da vazão por intermédio de válvulas de estrangulamento.

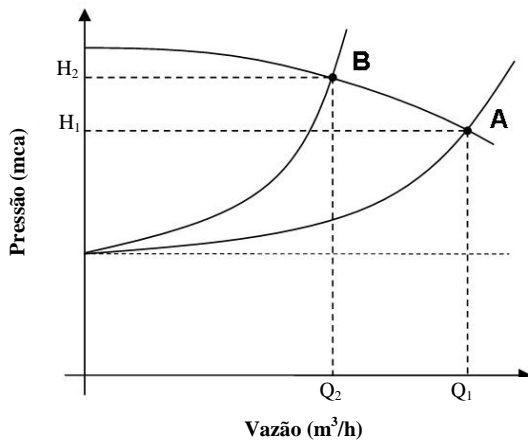


Fig. 5. Controle da vazão por meio de válvulas de estrangulamento.

Com o fechamento da válvula de estrangulamento, a curva do sistema passa a interceptar a curva da bomba no ponto B ($Q_2; H_2$) e, a subtração ponto a ponto das duas curvas do sistema representa o aumento da perda de carga proveniente do fechamento da válvula.

A curva característica do sistema que passa por A ($Q_1; H_1$), desconsiderando-se o desnível geométrico, pode ser descrita por: $h_i = k_1 Q^2$.

Já a curva do sistema que passa pelo ponto B, é uma função do tipo: $h_i = k_2 Q^2$, sendo: $k_2 > k_1$.

B. Controle da vazão pela variação da velocidade da rotação

Diferentemente do método da válvula de estrangulamento, o método da variação da rotação influencia na curva característica da bomba e não na curva do sistema.

Pode-se observar na curva característica de uma bomba, a influência causada ao modificarmos a velocidade de rotação. A diminuição da velocidade de rotação faz com que a bomba, para um mesmo valor de vazão, entregue menos energia de pressão ao líquido, conforme mostra a Figura 6.

Tomando-se como base, o método de estrangulamento de válvula, observa-se que a potência ativa absorvida pelo motor é proporcional à área definida pelo retângulo de lados Q_2 e H_2 . Enquanto que, quando a operação é realizada com inversor de frequência, a potência ativa de alimentação do motor é proporcional à área $Q_2 \times H_3$. Desta forma, a economia da energia elétrica é proporcional à diferença entre as áreas delimitadas na Figura 6, resultando na área hachurada. A metodologia dos cálculos relativos ao estudo de eficiência energética será apresentada na seqüência deste artigo.

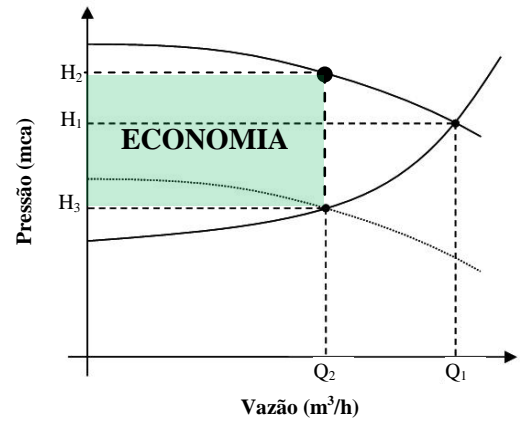


Fig. 6. Influência da variação da rotação na curva da bomba.

IV. METODOLOGIA DE ENSAIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Uma vez que as curvas do sistema e da bomba já são conhecidas, bem como os valores nominais do processo (vazão, densidade do fluido, etc.), pode-se calcular a energia elétrica total consumida pelo sistema.

A. Controle com válvula de estrangulamento: determinação da pressão e do rendimento da bomba

Para o controle da vazão através de válvulas de estrangulamento, encontra-se o ponto de operação de acordo com as curvas apresentadas na Figura 7.

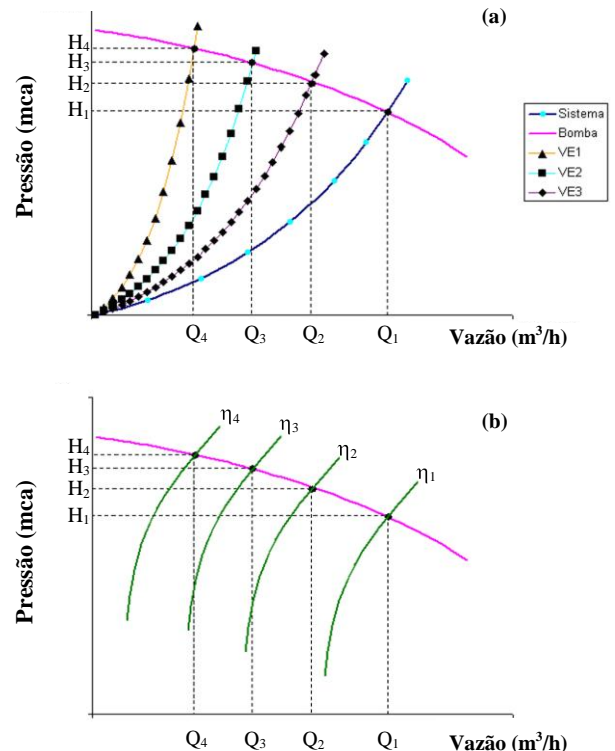


Fig. 7. Curva de pressão em função da vazão: (a) Obtenção dos respectivos pontos de operação desejados a partir do uso de válvulas de estrangulamento - VE; (b) Variação do rendimento ao longo da curva característica.

Determinando o valor da pressão a uma vazão específica (Figura 7.a), obtém-se a potência hidráulica através de (1).

$$Ph = \frac{\rho \cdot Q \cdot H}{274} \quad (1)$$

Onde:

- Ph - Potência hidráulica (HP).
- ρ - Densidade do fluido (g/cm^3).
- Q - Vazão (m^3/h).
- H - Pressão (mca).

De posse da potência hidráulica, calcula-se a potência mecânica exigida pela bomba centrífuga.

$$BHP = \frac{Ph}{\eta_{bomba}} \quad (2)$$

Onde:

- BHP - Potência mecânica fornecida à bomba (HP).
- η_{bomba} - Rendimento da bomba.

Deve-se ressaltar que, o rendimento da bomba é determinado segundo as curvas fornecidas pelo fabricante. Neste caso, o rendimento é obtido a partir da Figura 7.b, admitindo um determinado ponto de operação, definido pela vazão e pressão.

Assim, a potência elétrica total consumida é estimada pela razão entre a potência absorvida pela bomba e o rendimento do motor elétrico, conforme está exposto em (3).

$$Pe = \frac{BHP}{\eta_{motor} \cdot \eta_{acoplament}} \cdot 0,746 \quad (3)$$

Onde:

- Pe - Potência elétrica total (kW).
- η_{motor} - Rendimento do motor.
- $\eta_{acoplament}$ - Rendimento do acoplamento.

Determinada a potência elétrica total, têm-se a energia consumida em kWh:

$$Energia = h \cdot Pe \quad (4)$$

Onde:

- $Energia$ - Energia consumida (kWh).
- h - Quantidade de horas em funcionamento.

B. Controle com inversor de frequência: determinação da pressão, rendimento e velocidade

Para o controle da vazão com a utilização do inversor de frequência, repetem-se os mesmos procedimentos usados anteriormente, porém a vazão e pressão são obtidas por outras curvas, relativas ao acionamento por inversor, já que este provoca alteração na curva característica, de acordo com a Figura 8.

V. ENSAIOS LABORATORIAIS

A. Descrição dos ensaios

Foram realizados ensaios laboratoriais a fim de se comprovar *in loco* os conceitos até aqui apresentados.

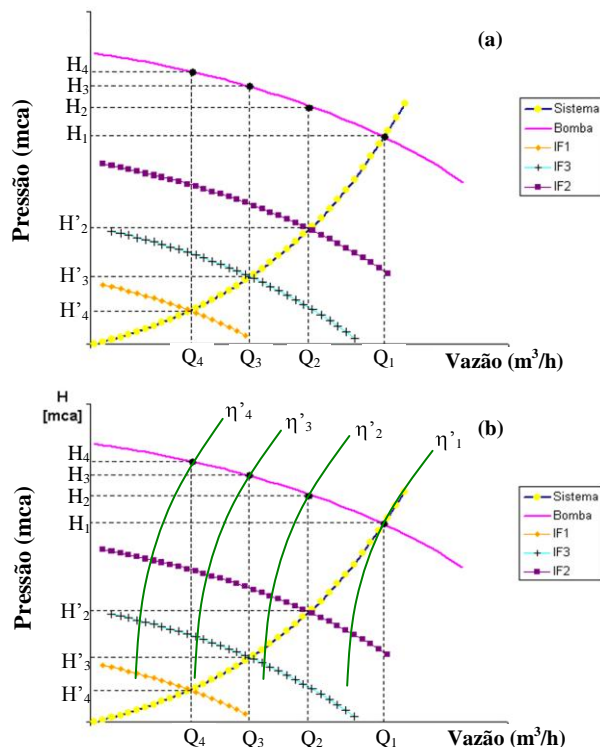


Fig. 8. Curva de pressão em função da vazão: (a) Curva característica alterada pela ação do inversor de frequência - IF; (b) Curvas de rendimento para os respectivos pontos de operação da bomba.

A partir da estrutura apresentada na Figura 1 e, considerando, os casos ensaiados, brevemente descritos na Tabela I, parte-se para uma análise comparativa do desempenho de cada sistema.

Para a realização dos ensaios, os diferentes sistemas trabalharam segundo os seguintes pontos de operação, descritos na Tabela II, cujos valores das vazões foram impostos segundo um controle automático manipulado pelo sistema supervisor.

TABELA I
Caracterização dos casos ensaiados

Caso	Motor	Controle da Vazão
01	Convencional	Válvula de estrangulamento
02	Alto Rendimento	Válvula de estrangulamento
03	Convencional	Inversor de Frequência
04	Alto Rendimento	Inversor de Frequência

TABELA II
Pontos de operação ensaiados

Ciclo	Vazão [m^3/h]	Ciclo	Vazão [m^3/h]
1	1,0	6	2,0
2	1,2	7	2,2
3	1,4	8	2,4
4	1,6	9	2,6
5	1,8	10	2,8

B. Resultados

Os resultados obtidos foram organizados convenientemente e apresentados, de forma comparativa, segundo tabelas e curvas.

Através da Tabela III, pode-se observar que o motor de alto rendimento proporciona uma economia de energia

independente do ponto de trabalho do sistema de operação, visto que a diferença entre as potências ativas absorvidas é independente da vazão e, se mantém em torno de 4%. A Figura 9 permite uma avaliação qualitativa entre as potências ativas do primeiro e segundo casos.

Comparando agora o primeiro com o terceiro caso, tendo em vista que estes sistemas se diferenciam somente quanto ao método de controle da vazão (válvula de estrangulamento e mudança da velocidade de rotação, respectivamente), os resultados obtidos podem ser observados segundo a análise da Tabela IV e o gráfico da Figura 10. Nota-se que, neste caso, para uma vazão de 2 m³/h, a economia obtida foi de aproximadamente 53%, representando um ganho efetivo em comparação ao controle por válvula de estrangulamento.

TABELA III

Comparação de desempenho entre os casos 01 e 02

Ciclo	Vazão [m ³ /h]	Potência Ativa Total [W]		ECONOMIA
		1º CASO	2º CASO	
1	1,0	912,0	871,0	4,5%
2	1,2	925,0	886,0	4,2%
3	1,4	950,0	907,0	4,5%
4	1,6	966,0	924,0	4,3%
5	1,8	996,0	947,0	4,9%
6	2,0	1.009,0	965,0	4,4%
7	2,2	1.032,0	985,0	4,6%
8	2,4	1.052,0	1.009,0	4,1%
9	2,6	1.069,0	1.031,0	3,6%
10	2,8	1.088,0	1.055,0	3,0%

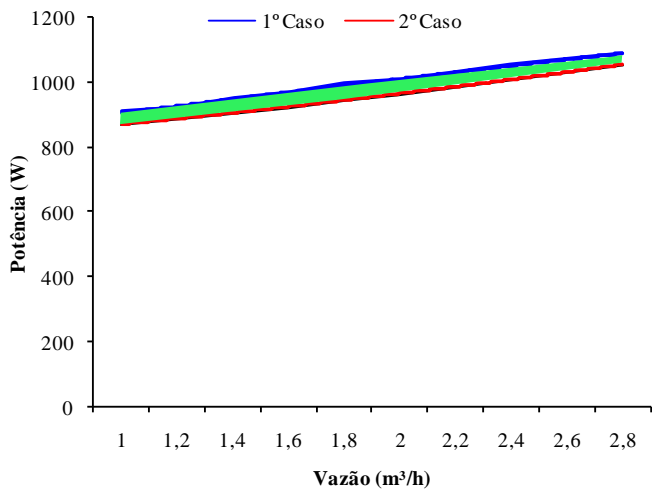


Fig. 9. Comparação qualitativa entre as potências ativas do primeiro e segundo casos.

TABELA IV

Comparação de desempenho entre os casos 01 e 03

Ciclo	Vazão [m ³ /h]	Potência Ativa Total [W]		ECONOMIA
		1º CASO	3º CASO	
1	1,0	912,0	170,0	81,4%
2	1,2	925,0	206,0	77,7%
3	1,4	950,0	259,0	72,7%
4	1,6	966,0	310,0	67,9%
5	1,8	996,0	385,0	61,3%
6	2,0	1.009,0	475,0	52,9%
7	2,2	1.032,0	600,0	41,9%
8	2,4	1.052,0	696,0	33,8%
9	2,6	1.069,0	835,0	21,9%
10	2,8	1.088,0	1.028,0	5,5%

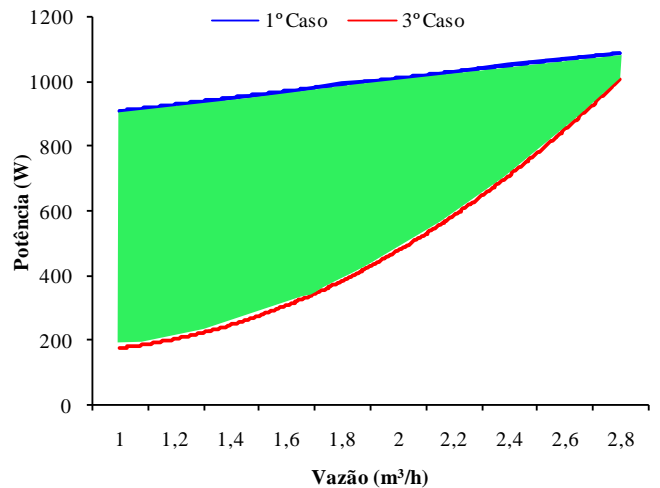


Fig. 10. Comparação qualitativa entre as potências ativas do primeiro e terceiro casos.

Na comparação entre o primeiro e quarto casos, Tabela V, tem-se os dois sistemas bem discrepantes, sendo um sistema convencional com controle de vazão por válvula e motor da linha padrão (caso 01), com bastantes desperdícios, e de outro lado, um sistema que aplica duas técnicas de redução do consumo da energia elétrica e, portanto, mais viável do ponto de vista da eficiência energética. A Figura 11 elucida melhor essa diferença nas potências.

TABELA V

Comparação de desempenho entre os casos 01 e 04

Ciclo	Vazão [m ³ /h]	RPM	Potência Ativa Total [W]		ECONOMIA
			1º CASO	4º CASO	
1	1,0	1.306	912,0	127,0	86,1%
2	1,2	1.441	925,0	145,0	84,3%
3	1,4	1.608	950,0	196,0	79,4%
4	1,6	1.773	966,0	278,0	71,2%
5	1,8	1.961	996,0	274,0	72,5%
6	2,0	2.327	1.009,0	374,0	62,9%
7	2,2	2.316	1.032,0	429,0	58,4%
8	2,4	2.598	1.052,0	550,0	47,7%
9	2,6	2.837	1.069,0	643,0	39,9%
10	2,8	2.915	1.088,0	772,0	29,0%

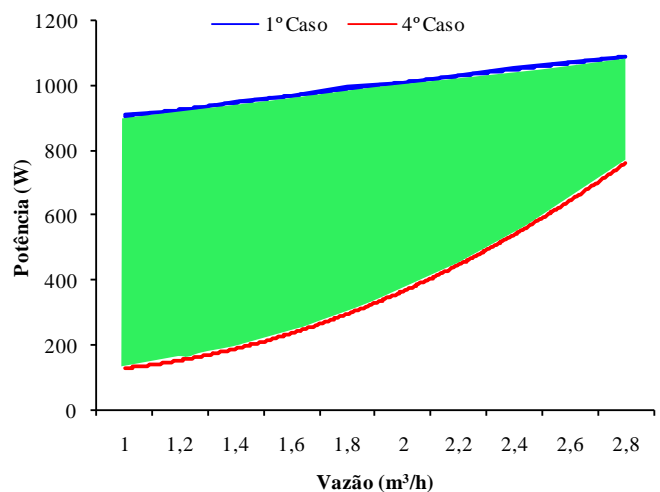


Fig. 11. Comparação qualitativa entre as potências ativas do primeiro e quarto casos.

No que diz respeito à eficiência energética, a técnica aplicada proporcionou uma economia de até 86% da energia elétrica consumida em um sistema de bombeamento convencional. Entretanto, observa-se que esse potencial de redução do consumo de energia elétrica está diretamente relacionado com a proximidade do ponto de trabalho nominal, ou seja, quanto mais próximo do ponto de operação nominal do sistema, menor será a economia de energia.

Complementando as análises envolvendo o inversor de frequência, pode-se afirmar a eficácia das leis de afinidade aplicadas ao sistema de bombeamento. Neste sentido, tomando-se como base o quarto caso, e a Tabela V, pode-se observar que, as vazões são diretamente proporcionais às velocidades mecânicas e as potências variam com o cubo das velocidades, em concordância com as leis de afinidade. A título de ilustração, as variações das vazões e das potências em função das alterações das velocidades são mostradas na Figuras 12 e Figura 13, respectivamente.

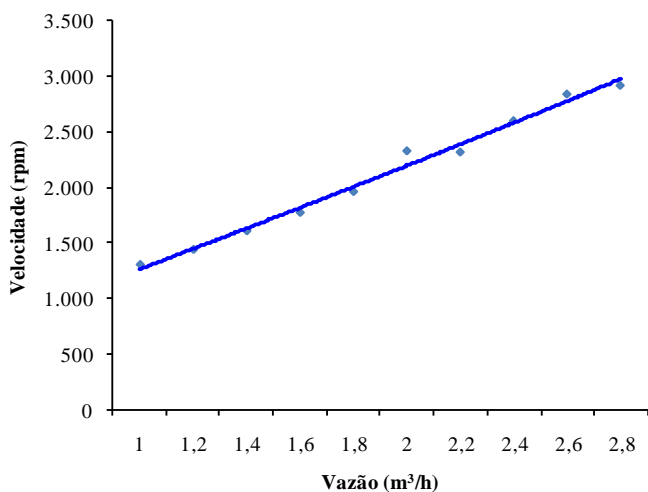


Fig. 12. Variação da vazão em função da velocidade.

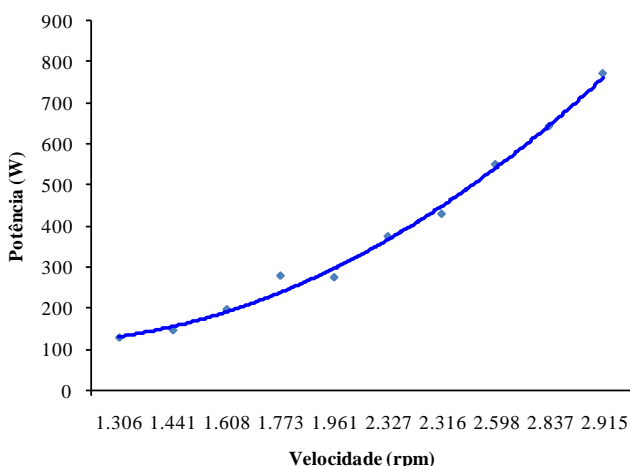


Fig. 13. Variação da potência ativa em função da velocidade.

VI. CONCLUSÕES

A partir das comparações pode-se concluir que, por mais que se conheça o motor utilizado no acionamento, é necessário também alguma noção acerca do comportamento da carga equivalente à bomba hidráulica, pois de acordo com

o que foi apresentado, um dos maiores potenciais de economia, se não o principal, está relacionado com o comportamento da bomba.

Contudo, através da comparação entre o primeiro, segundo e quarto casos, percebeu-se que por mais que se tente melhorar o rendimento dos equipamentos diretamente relacionados com a energia elétrica, no caso o motor, o maior ganho de energia ocorre quando se procura um “ponto ótimo” de operação da carga mecânica.

Além disso, têm-se as seguintes considerações finais:

- ▶ O método aqui apresentado de controle da vazão por meio da variação da velocidade da bomba se pôs, frente aos resultados, de forma inquestionável quanto da sua eficácia no controle preciso e sistemático da grandeza em questão, mantendo esta grandeza praticamente invariável.

- ▶ No que diz respeito à eficiência energética, a técnica aplicada proporcionou uma economia de até 86% da energia elétrica consumida em um sistema de bombeamento convencional. Entretanto, foi possível observar que esse potencial de redução do consumo de energia elétrica está diretamente relacionado com a proximidade do ponto de trabalho nominal, ou seja, quanto mais próximo do ponto de operação nominal do sistema, menor será a economia de energia.

- ▶ A troca do motor de alto rendimento pelo motor da linha padrão, diferente do método de controle da vazão apresentado, proporcionou uma economia de energia elétrica praticamente constante ao longo de todos os ciclos de trabalho, independente da vazão recalçada.

- ▶ O equipamento responsável pelo acionamento eletrônico, aqui muitas vezes citado como inversor de frequência, cumpriu, de fato, a função de controle da rotação, permitindo uma manipulação ainda robusta e simplificada da velocidade. Além disso, o controle preciso da velocidade, graças a este equipamento, diminui a probabilidade de defeitos relacionados com o fenômeno do golpe de aríete, o qual é causado por uma variação brusca de pressão que está relacionada, também, a uma rápida alteração de velocidade.

- ▶ O emprego do inversor de frequência, quando programado para tal, funciona também como um dispositivo auxiliar de partida do motor, permitindo uma partida suave e eliminando a necessidade, por exemplo, de aquisição de um *soft-starter*. A partida suave é necessária primordialmente em sistemas cuja constante de inércia é considerável, uma vez que a partida direta poderia ocasionar torções mecânicas nos rotores, além de danificar mancais e comprometer vedações.

- ▶ Um outro benefício do inversor de frequência está relacionado ao fator de potência. Devido à sua natureza construtiva, a presença de um circuito retificador, faz com que a corrente fique aproximadamente em fase com a tensão e, conseqüentemente, o fator de potência próximo ao valor unitário. Por outro lado, o retificador distorce a forma de onda da corrente de entrada do inversor, injetando componentes harmônicas, fato este que pode comprometer a qualidade da energia elétrica do suprimento.

- ▶ Deve-se ressaltar que, neste trabalho, verificou-se a veracidade das leis de afinidade aplicadas a sistemas de bombeamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Eletrobrás – Procel Indústria – pelo suporte financeiro para a capacitação do Laboratório de Sistemas Motrizes da UFU.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S.Schimidt, “*Desenvolvimento, Implantação e Avaliação de um Programa de Gerenciamento energético Municipal: O Caso de Santa Helena (PR)*”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.
- [2] Eletrobrás, *Programa Nacional de Conservação da Energia Elétrica (Procel)*. Acesso em 15 de Julho de 2007 em <http://www.eletronbras.com.br/elb/procel>.
- [3] S.F.de P.Silva, A.C.Delaiba, D. Bispo, R. A. Pereira, R. Guimarães e A. B. Zappellini, “Especificação para um Laboratório de Eficiência Industrial”, *II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética – II CBEE*, Vitória-ES, Brasil, Setembro de 2007.
- [4] R. Guimarães, “*Comportamento elétrico, mecânico e hidráulico de um sistema de bombeamento, sob o enfoque da eficiência energética*”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Janeiro de 2008.
- [5] C.R. Schmidlin Jr, R. S. T. Pontes, A.B. Moreira, F. A. Guimarães, V. P. B. Aguiar, “Operação de Sistemas de Bombeamento Visando a Eficiência Energética”, *II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética – II CBEE*, Vitória-ES, Brasil, Setembro de 2007.
- [6] M. Américo, *Guia Avançado de Bombas*, Procel Indústria, Rio de Janeiro, 2004

DADOS BIOGRÁFICOS

Rafael Alves Ferreira, nascido em 09/06/1986 em Ituiutaba/MG é estudante do curso de graduação em Engenharia Elétrica, com certificação em Sistemas de Energia Elétrica, na Universidade Federal de Uberlândia.

Atualmente, trabalha no Laboratório de Sistemas Motrizes desta instituição como pesquisador e aluno de iniciação científica. Suas áreas de interesse são: eficiência energética e instalações elétricas industriais.

Sérgio Ferreira de Paula Silva, nascido em 05/04/1973 em Ituiutaba/MG é engenheiro eletricitista (1996), mestre (2000) e doutor em Engenharia Elétrica (2007) pela Universidade Federal de Uberlândia.

Foi diretor de engenharia da empresa Quality Engenharia e Sistemas Ltda, de 2000 a 2008, atualmente é professor adjunto na Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia. Suas áreas de interesse são: qualidade da energia, distorções harmônicas, filtros e eficiência energética.

Antônio Carlos Delaiba, nascido em 04/08/1954 em Botucatu-SP é engenheiro eletricitista (1979), mestre (1987) e doutor em Engenharia Elétrica (1997) pela Universidade de São Paulo – USP. Curso de especialização em eficiência energética pelo Procel/Eletrobrás/Fiemg em 2004.

Foi professor da Faculdade de Engenharia Elétrica da Fundação Educacional de Barretos, de 1980 a 1986, professor da UNESP de Ilha Solteira-SP, de 1987 a 1989, e atualmente é professor associado 2 da Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia. Suas áreas de interesse são: qualidade da energia elétrica, transformadores, instalações elétricas industriais e eficiência energética.

Dr. Delaiba durante o período de 1980 até 1988 foi instrutor de cursos profissionalizantes para Siemens, e Klockner Moeller.

Décio Bispo, nascido em 18/11/1952 em São Vicente/SP é engenheiro eletricitista (1979), especialista Cese/Eletrobrás/Efei (1983), mestre (1985) e doutor em Engenharia Elétrica (2000) pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), curso de especialização em eficiência energética pelo Procel/Eletrobrás/Fiemg em 2004.

Atualmente é professor associado 2 da Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia. Suas áreas de interesse são: instalações elétricas, máquinas elétricas, eficiência energética e manutenção em sistemas industriais.