

# RACIONALIZAÇÃO DO USO DE FORÇA MOTRIZ EM FÁBRICA DE RAÇÃO<sup>1</sup>

CARLOS A. TEIXEIRA<sup>2</sup>, DELLY OLIVEIRA FILHO<sup>3</sup>, ADÍLIO F. DE LACERDA FILHO<sup>4</sup>,  
JOSÉ H. MARTINS<sup>5</sup>

**RESUMO:** A falta de investimento no setor energético, aliada à sazonalidade de recursos naturais necessários para a geração de energia hidroelétrica, faz da racionalização do uso de energia elétrica uma ferramenta de apoio imprescindível para o crescimento do País. A ração animal pode representar entre 70 e 80% do custo de produção da criação de animais. Sendo assim, é importante o estudo da racionalização do uso de energia em processos que utilizam intensivamente força motriz, tais como as fábricas de ração. Na fábrica de ração estudada, os motores elétricos são utilizados principalmente para moagem e mistura de granulados e transporte. Com o objetivo de racionalizar o uso da energia elétrica, foi realizado estudo de adequação de força motriz dos equipamentos da fábrica de ração da Indústria Pif Paf Alimentos. O índice de carregamento médio dos motores elétricos estudados foi de 48,6%. O potencial estimado total de economia com energia elétrica anual, utilizando-se sempre da melhor opção de adequação de força motriz foi de R\$ 24.426,50 ao ano (23,9%). Para que essas medidas sejam efetivadas, devem-se adequar também: (i) as exigências elétricas do circuito, como ajuste de relés e escolha de fusíveis; (ii) o horário de funcionamento, e (iii) necessidade de implantação de sistema de armazenamento de ração.

**PALAVRAS-CHAVE:** gerenciamento do lado da demanda, motor elétrico, energia elétrica.

## MANAGEMENT OF MOTIVE POWER USE IN ANIMAL FEED INDUSTRY

**ABSTRACT:** The lack of investment in the energy sector, allied to the seasoning of natural resources necessity for the generation of hydroelectric energy, makes the rationalization of the use of electric energy an indispensable tool for country growth in an harmonic manner. The animal feed can represent around 70 to 80% of the total cost for running an animal feed production facility. So, it is important to study the energy management in processes that mainly use motive power, such as the animal feed factories. In the animal feed factory studied, the electric motors are used mainly for milling and mixture granulated and transportation. The objective of this paper is to manage the use of electric energy, by matching motive power at the Pi Paf animal feed industry to the load needs. The average electric motors load index was 48.6%, indicating a likelihood of economy. The potential economy with electric energy using the best options of motive power was about R\$ 24,426.50 per year (23.9%). To achieve this goal it is also necessary: (i) to adjust relays and to choose fuses, (ii) to schedule operation and (iii) to build storage facilities.

**KEYWORDS:** demand side management, electric motor, electric energy.

## INTRODUÇÃO

A industrialização e o crescimento econômico, associados às crescentes inovações tecnológicas dos últimos anos, vêm causando aumento substancial na demanda de energia elétrica. A falta de

<sup>1</sup> Extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Mestre, DEA, Universidade Federal de Viçosa, Fone: (0XX31) 3899.1930, carlos@vicosa.ufv.br.

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Eletricista, Ph. D., DEA, Universidade Federal de Viçosa, Fone: (0XX31) 3899.1897, delly@ufv.br.

<sup>4</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Doutor, DEA, Universidade Federal de Viçosa, Fone: (0XX31) 3899.1872, alacerda@ufv.br.

<sup>5</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Ph. D., DEA, Universidade Federal de Viçosa, Fone: (0XX31) 3899.1896, jmartins@ufv.br

Recebido pelo Conselho Editorial em: 8-3-2004

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 23-3-2005

investimentos no setor energético tanto na geração, quanto na transmissão e na distribuição, fazem da racionalização do uso de energia elétrica uma ferramenta de apoio imprescindível ao crescimento do País.

O planejamento energético tradicional procura expandir os recursos da oferta de energia elétrica com o propósito de atender com segurança, principalmente, aos critérios do crescimento de demanda futura e minimizar o custo da expansão.

Esses critérios de planejamento tradicional, aliados ao baixo custo da energia praticado até a década de 1970, levaram à estratégia, quase que universal, da rápida expansão da capacidade geradora, sem a preocupação explícita com o crescimento da demanda, dando pouca ênfase à eficiência do uso da energia. Com a crise do petróleo em 1973, o planejamento energético passou a considerar opções de Gerenciamento do Lado da Demanda (GLD) devido ao alto custo da energia. O planejamento energético passou a ser integrado, englobando desde os recursos energéticos até os usos finais da energia. Esse modelo tem sido denominado Planejamento Integrado de Recursos (PIR).

O PIR combina opções de tecnologia de oferta de eletricidade e melhoria da eficiência energética, para prover serviços de energia elétrica com menor custo, incluindo a contabilização de custos sociais e ambientais.

Segundo JANNUZZI & SWISHER (1997), o PIR inclui opções de Gerenciamento do Lado da Demanda (GLD) e do Lado do Suprimento (GLS). O GLS visa a racionalizar o uso da energia elétrica pelo lado do suprimento de energia, englobando medidas como a construção e ampliação de unidades geradoras, subestações e linhas de transmissão. O GLD atua diretamente na curva de carga de uma determinada concessionária de energia elétrica. Como exemplo de ações do GLD, para a diminuição da demanda de pico, citam-se: (i) uso de equipamentos mais eficientes; (ii) remanejamento de carga, e (iii) controle direto de cargas.

De acordo com PINHEIRO (1986), a Eletrobrás estudou 14 opções de GLD de energia elétrica, dentre as quais se citam: (i) aumentar a eficiência de refrigeradores e condicionador de ar; (ii) substituir lâmpadas incandescentes por fluorescentes comuns ou compactas e incandescentes do tipo econômico; (iii) substituir lâmpadas de vapor de mercúrio pelas de vapor de sódio; (iv) substituir motores elétricos do tipo padrão por modelos de alto rendimento, e (v) adequação da força motriz. A adequação de força motriz foi a opção de menor custo dentre as pesquisadas, com custo inferior a 7% de R\$ 0,01 por kilowatt hora economizado.

Os principais usos finais da energia elétrica são: aquecimento, iluminação e força motriz. Segundo LOW (1992), a força motriz é responsável por cerca de 75% do uso final de energia elétrica utilizada no setor industrial canadense. No Brasil, esse percentual é de cerca de 50%.

Estudo de LATORRE et al. (1990) sobre o uso de força motriz nas indústrias do Brasil, abrangendo cerca de 50.000 motores, concluiu que cerca de 50% dos motores estavam operando com índice de carregamento abaixo de 80%. Ou seja, o percentual de energia mecânica demandada pela carga era, em 50% dos casos, inferior ao recomendado. Ressalta-se, nesse caso, para motores com partida sem carga, que são recomendados índices de carregamento entre 80 a 100%. Constatou-se, ainda, que cerca de 24,1% do total de motores analisados estavam operando com, no máximo, 60% de carregamento. O estudo revelou que, em alguns Estados brasileiros, os motores possuem índices de carregamento significativamente menores que a média nacional, chegando a 32,1% dos motores operando com até 60% da carga.

Esses fatos caracterizam o grande potencial de racionalização de energia elétrica no setor industrial brasileiro. Essa racionalização do uso de força motriz poderá ser feita pela maior difusão do uso de motores de alta eficiência e pelo dimensionamento correto de motores elétricos, dentre outras ações.

Estudo de COSTA et al. (1998) sobre o uso de força motriz em indústria de papel reciclado, abrangendo 63 motores elétricos, concluiu que cerca de 81,5% dos motores estavam operando com índice de carregamento abaixo de 55%.

Segundo SÁ et al. (1990) e CAMPANA (2000), uma forma simples de diagnosticar a racionalização do uso de motores elétricos por meio da análise de carregamento e rendimento dos motores elétricos é a utilização da medida da tensão, para verificação de seu efeito sobre o rendimento do motor elétrico e a medida da corrente elétrica das três fases para analisar o carregamento do motor elétrico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na fábrica de ração da empresa Pif Paf. Essa fábrica está localizada no município de Visconde do Rio Branco - MG (Figura 1), com capacidade de produção de  $50 \text{ t h}^{-1}$  e é equipada com os sistemas descritos a seguir:



FIGURA 1. Fábrica de ração da empresa Pif Paf.

### Sistema de pesagem e descarga dos grãos

O sistema de pesagem é composto por balança rodoviária com cupom de pesagem automático. O sistema de descarga de grãos é composto por duas moegas, sendo que uma serve para a descarga de milho e outra para soja. Em ambas as moegas, foram feitas comportas retangulares de  $20 \times 50 \text{ cm}$ , espaçadas de  $3 \text{ cm}$  para regulagem de fluxo de grãos. Para ter carga constante, é necessária a regulagem do fluxo de grãos, ou seja, para grãos com maior massa específica haverá a necessidade de maior fechamento das comportas, e vice-versa. Na Figura 2, é mostrado o sistema de descarga e pesagem.



FIGURA 2. Moega de descarga de grãos.

### Sistema de armazenagem de grãos

O sistema de armazenagem de grãos é composto de 26 silos metálicos e um armazém de alvenaria para soja. Dois silos são para armazenagem de milho e seis para armazenagem de soja fora da área de produção de ração. Existem, ainda, 12 silos na área de produção e seis na área de expedição a granel. A capacidade dos silos é variável, sendo que o maior armazena até 1.000 t, e o menor 30 t, como mostrado a Figura 3.



FIGURA 3. Vista do sistema de armazenagem de grãos da fábrica de ração.

### Sistema de pesagem e dosagem automática

O sistema de pesagem e dosagem são automáticos e computadorizados. O sistema de dosagem dosa sete elementos, sendo o restante dosado no pré-misturador. O sistema dosa farelo e gérmen de milho, farelo de soja, farinha de pena, de vísceras, de carne de suíno e farinha de carne de frango, de acordo com a ração a ser produzida. No pré-misturador, são dosados os micronutrientes, conforme a Figura 4.



FIGURA 4. Sistema de controle de pesagem e dosagem automática dos ingredientes da ração.

### Sistema de mistura

O sistema de mistura dos componentes das diversas rações é composto por um silo-pulmão com capacidade para 4.000 kg, que tem abertura e fechamento da comporta pneumática controlado automaticamente por computador, como mostrado na Figura 5.

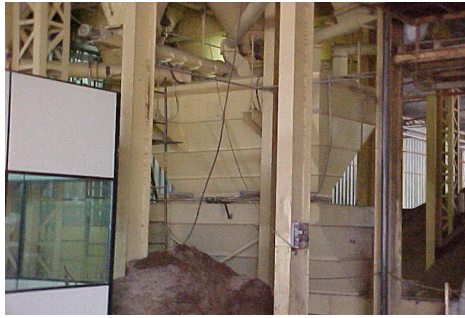


FIGURA 5. Sistema de mistura dos ingredientes da ração.

### Sistema de moagem de granulados

No fluxo de produção dessa empresa, primeiramente, todos os elementos da ração são dosados e pesados, e moídos conjuntamente. O sistema de moagem é composto de dois moinhos a martelo de 128,80 kW (175 cv) de potência cada. Na Figura 6, mostra-se um dos motores de moinho a martelos.

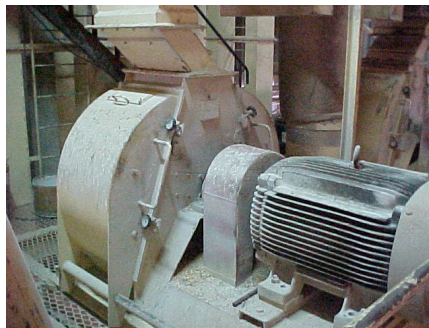


FIGURA 6. Sistema de moagem dos ingredientes da ração.

### Sistema de expedição a granel

O sistema de expedição a granel descarrega diretamente em caminhões de 6 a 9 t de capacidade, cerca de 12 h por dia, como mostrado na Figura 7.



FIGURA 7. Expedição rodoviária a granel.

### O sistema de movimentação de grãos

O sistema de movimentação de grãos é feito por transportadores de arraste (Redler), helicoidais, roscas dosadoras e elevadores de caçambas. O sistema é constituído de 15 transportadores de arraste, 16 transportadores helicoidais e seis elevadores de caçambas. Na Figura 8, é mostrado esse sistema.



FIGURA 8. Vista parcial do sistema de movimentação de grãos.

A fábrica tem potência instalada em equipamentos de movimentação de grãos e do sistema de moagem de 516,7 kW (702 cv).

### Metodologia para adequação de força motriz

Para a adequação de força motriz, é importante que se faça a avaliação do índice de carregamento e do rendimento do motor na condição de carga atual (TEIXEIRA et al., 2001). A avaliação do índice de carregamento foi feita pela estimativa da carga mecânica. A determinação do rendimento foi realizada via medição da corrente elétrica por ser a mais simples (SÁ et al., 1990). Para a medição das correntes e tensões elétricas dos motores, foi utilizado um amperímetro alicate, como ilustrado pela Figura 9, com as seguintes especificações técnicas: tensão alternada de 200/750 V, resolução de 0,1/1 V e exatidão de  $\pm 1,2\%$ , respectivamente, e Corrente alternada para 20/200/1000 A, resolução de 10 mA/100 mA/1 A e exatidão de 2,5/2,0/2,5%, respectivamente.



FIGURA 9. Medição da corrente elétrica de fase do motor elétrico.

Em todos os equipamentos estudados, a corrente elétrica e tensão medidas foram aquelas referentes ao regime normal de trabalho da fábrica de ração. Não se alterou o modo de operação do processo. De posse das correntes elétricas do motor trabalhando a plena carga e seus dados de placa, determinaram-se o índice de carregamento (IC) e a potência fornecida em relação à nominal, por meio da curva característica de corrente (Figura 10). Com o IC, determinou-se o rendimento com uso da curva característica de rendimento (WEG, 2000).

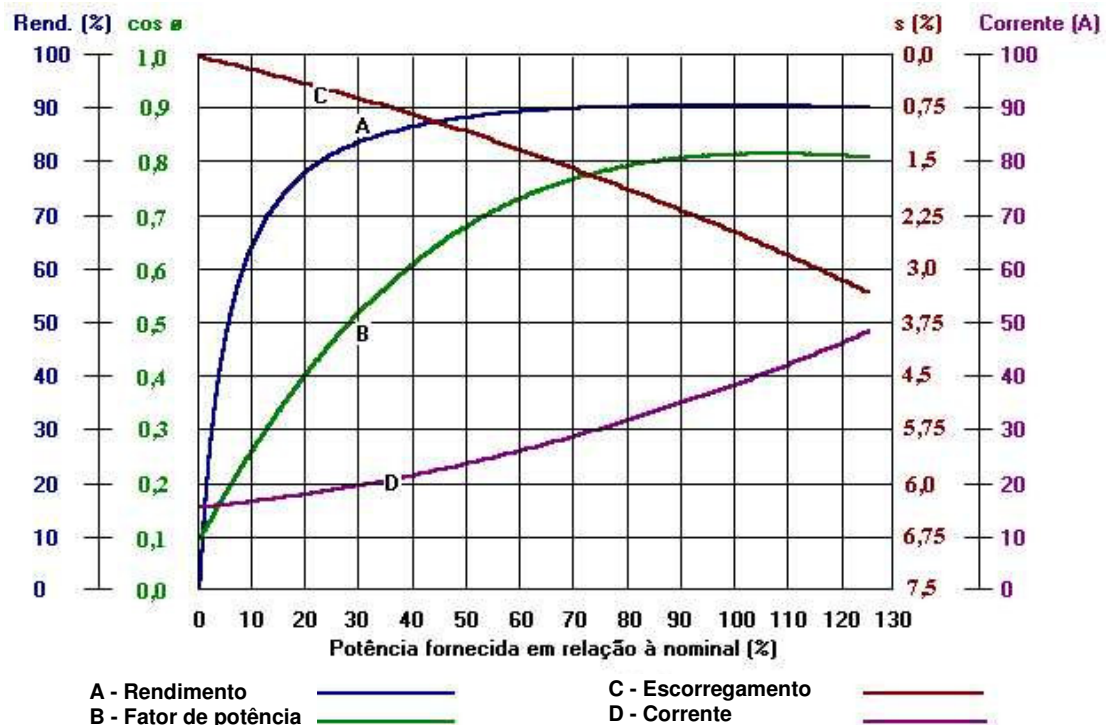


FIGURA 10. Curvas características típicas de motores elétricos.

As opções para a adequação do uso de força motriz estudadas foram:

- Motor standard (PD) em uso versus motor novo de mesma potência de alto rendimento (AR);
- Motor (PD) em uso versus motor (AR) novo adequado à condição de carga;
- Motor (PD) em uso versus motor (PD) adequado à condição de carga em uso, e
- Motor adequado (AR) com otimização do número de horas de funcionamento anual.

Para cada situação, foram analisados os dados de entrada da análise econômica, tais como: número de horas de funcionamento anual, vida útil, taxa de juros, aumento da energia acima da inflação no horizonte de planejamento, preço da energia (consumo e demanda) no horário de ponta e fora de ponta, preço dos motores, manutenção, dentre outros. A modalidade tarifária considerada foi a horo-sazonal verde. Na análise econômica da racionalização do uso de força motriz, utilizaram-se como parâmetros econômicos a taxa interna de retorno (TIR), o valor presente líquido (VPL), a relação benefício custo (RBC) e a taxa de retorno do capital (TRC) (FRIZZONE & SILVEIRA, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, estão os índices econômicos utilizados para a realização da análise econômica dos 43 motores elétricos estudados.

Na Tabela 1, estão descritas as informações necessárias para a realização da análise econômica dos 43 motores elétricos estudados para melhor opção de troca, tais como: preço do motor, taxa de atratividade de investimento, número de horas de funcionamento anual, rendimento e índice de carregamento à plena carga, dentre outras.

TABELA 1. Levantamento de dados para realização de análise econômica de motores elétricos da fábrica de ração

Item	Unidade	Motor Padrão ou Alto Rendimento
Potência	kW	0,70 a 128,80 kW (1 a 175 cv)
Índice de carregamento	%	15 a 101
Rendimento	%	50 a 95
Preço do Motor	R\$	130,00 a 13.000,00
Número de horas de funcionamento anual	h	100 a 3.888
Número de horas de funcionamento anual maximizado	h	368 a 7.776
Juros	% ano <sup>-1</sup>	8
Valor residual no ano final da vida útil	% do novo	20
Custo unitário da energia fora de ponta - tarifa verde	R\$ kWh <sup>-1</sup>	0,06
Custo unitário da demanda fora de ponta - tarifa verde	R\$ kW <sup>-1</sup>	15,00
Aumento do preço da energia acima da inflação	% ano <sup>-1</sup>	2
Manutenção	%	1
Horizonte de planejamento	ano	10

As siglas utilizadas nas Tabelas 2 e 3 são descritas a seguir:

PD - motor-padrão;

PD AD - motor-padrão adequado à condição de carga;

AR - motor de alto rendimento;

AR AD - motor de alto rendimento adequado à condição de carga;

AR AD/h - motor de alto rendimento adequado à condição de carga com número de horas de funcionamento anual maximizado;

IC - índice de carregamento, %, e

VP - valor presente, R\$.

Com as correntes elétricas medidas e as informações nominais dos motores elétricos, tais como, tipo de motor, rotação, potência, horário de funcionamento diário, dentre outros, e em conjunto com os índices econômicos, pôde-se realizar a análise econômica de vida útil no horizonte de planejamento. Os resultados de aplicação da metodologia para adequação de força motriz são apresentados na Tabela 2 para um dos 43 motores da fábrica de ração analisados.

De acordo com a Tabela 2, para o motor do transportador de corrente, como primeira opção de troca de motores dentre todas as alternativas estudadas, seria a substituição do motor-padrão atual de 3,68 kW (5 cv) com IC de 40%, por um motor de alto rendimento adequado à condição de carga com o número de horas de funcionamento anual maximizado de 0,74 kW (1 cv) com IC de 100%. Logo, a economia anual seria de 24,20%, R\$ 190,20. Os parâmetros econômicos para essa situação seriam: VPL de R\$ 1.512,70, TIR não-convergente; RBC de 13,70 vezes e TRC imediato, reforçariam a tomada de decisão.

Como segunda opção, far-se-ia a substituição do motor-padrão atual de 3,68 kW (5 cv) com IC de 40%, por um motor de alto rendimento adequado à condição de carga de 1,47 kW (2 cv) com IC de 100%. Logo, a economia anual seria de 6,30%, R\$ 49,30. Os parâmetros econômicos seriam: VPL de R\$ 402,30, TIR não-convergente; RBC de 11,50 vezes e TRC imediato. E, por fim, a terceira opção seria a substituição do motor-padrão atual de 3,68 kW (5 cv) com IC de 40%, por um motor-padrão



adequado à condição de carga de 1,47 kW (2 cv) com IC de 100%. Logo, a economia anual seria de 0,80 %, R\$ 6,52. Os parâmetros econômicos seriam: VPL de R\$ 167,80, TIR não-convergente; RBC de 1,50 vez e TRC imediato.

TABELA 2. Análise econômica da adequação de força motriz para o motor do transportador de corrente.

Item		Transportador de Corrente			
		PD	AR AD/h	PD versus Motor AR AD/h	
Gasto com consumo de energia elétrica	R\$ ano <sup>-1</sup>	451,70	435,30	3,68 kW (5,00 cv)	0,74 kW (1,00 cv)
Gasto com demanda de energia elétrica	R\$ ano <sup>-1</sup>	335,50	161,70	3.888,00 h ano <sup>-1</sup>	7.776,00 h ano <sup>-1</sup>
Conta de energia	R\$ ano <sup>-1</sup>	787,20	597,00	IC = 40,00%	IC = 100,00%
Economia anual de energia elétrica (R\$)		1ª Opção		190,20 (24,2%)	
Economia anual de energia elétrica (R\$)		2ª Opção		49,30	
Economia anual de energia elétrica (R\$)		3ª Opção		6,52	
		1ª Opção	2ª Opção	3ª Opção	-
Análise econômica		AR AD/h	AR AD	PD AD	AR
VP (R\$ kWh <sup>-1</sup> )		0,067	0,085	0,083	0,088
Análise econômica		PD - AR AD/h	PD - AR AD	PD - PD AD	PD - AR
VPL (R\$)		1.512,70	402,30	167,80	133,60
TIR (%)		não-convergente*	não-convergente*	não-convergente*	24
RBC		13,70	11,50	1,50	0,97
TRC (ano)		Imediato	Imediato	Imediato	5 anos

\* TIR com rentabilidade imediata, e não-convergente porque o custo inicial da opção é menor do que o motor em uso, e a opção estudada é mais eficiente.

Utilizando-se sempre da melhor opção de troca dos 43 motores elétricos analisados, observou-se que o potencial total estimado de economia de energia elétrica anual foi 23,9%, representando R\$ 24.426,50 ao ano. A adequação de força motriz representou uma diminuição de 64,9% na potência demandada.

Na Tabela 3, apresenta-se o rendimento por faixa de potência de motores elétricos tipo padrão, na situação atual, e de motores de alto rendimento adequados (AR AD) para melhor opção de troca de motores elétricos da fábrica de ração.

TABELA 3. Rendimento por faixa de potência de motores elétricos tipo padrão na situação atual e de motores de alto rendimento adequados (AR AD).

Faixa (kW)	Número de Motores	Potência Total (kW)	Porcentagem das Faixas (%)	Média da Carga Ponderada (%)		Rendimento (%)	
				PD	AR AD	PD	AR AD
até 36,68 (5 cv)	22	57,73 (78,44 cv)	11,85	54,14	90,17	74,46	75,57
4,42 a 7,36 (6 a 10 cv)	13	81,70 (111,00 cv)	16,77	32,23	80,65	66,90	72,09
9,20 a 36,80 (12,5 a 50 cv)	6	90,16 (122,50 cv)	18,51	46,67	87,57	84,36	87,38
44,16 a 73,60 (60 a 100 cv)	0	0,00	0,00	0	0	0	0
acima de 73,60 (100 cv)	2	257,60 (350,00 cv)	52,87	99,50	100,00	92,49	94,80
Total/Média	43	487,19 (661,94 cv)	100,00	48,58	87,38	74,39	77,06

A avaliação da condição de carga dos motores elétricos dos equipamentos da fábrica de ração apresentou índice de carregamento médio de 48,6%, sendo que os motores de até 100 cv se mostraram

com índice de carregamento inferior a 55%, e os acima de 60 cv, índice de carregamento médio acima de 99%, conforme Tabela 3.

A avaliação do rendimento médio atual dos motores e do uso de motores eficientes e adequados foi de 74,4% e 77,1%, respectivamente. Isso mostra que a adequação de força motriz pode representar melhoria média de rendimento de 2,7%. Observou-se também que a melhoria do rendimento, por se adequar à potência dos motores elétricos com motores de alto rendimento, é maior para motores de até 10 cv, haja vista que o índice de carregamento para essa faixa de motores é menor.

Na Tabela 4, apresenta-se o índice de carregamento por faixa de potência de motores elétricos tipo padrão na situação atual de funcionamento.

TABELA 4. Índice de carregamento por faixa de potência de motores elétricos do tipo padrão na situação atual de funcionamento.

Faixa (kW)	Índice de Carregamento Médio por Faixa de Carga (%)						
	< 50	51 - 60	61 - 70	71 - 80	81 - 90	91 - 100	> 100
até 36,68 (5 cv)	54,55	13,64	-	4,55	4,55	4,55	18,18
de 4,42 a 7,36 (6 a 10 cv)	76,92	-	7,69	-	7,69	7,69	-
de 9,20 a 36,80 (12,5 a 50 cv)	66,67	-	-	33,33	-	-	-
de 44,16 a 73,60 (60 a 100 cv)	-	-	-	-	-	-	-
acima de 73,60 (100 cv)	-	-	-	-	-	50,00	50,00
Total/Média	60,47	6,98	2,33	6,98	4,65	6,98	11,63

Analisando-se a Tabela 4, percebe-se que o índice de carregamento é mais freqüente para todas as faixas de potência considerada em valores inferiores a 50%. Verifica-se que somente 23,3% dos motores elétricos possuíam índice de carregamento igual ou superior a 81%.

## CONCLUSÕES

A adequação de força motriz proporcionou um potencial de economia significativo, mostrando-se uma ferramenta de fácil manuseio e de custo reduzido para ser implementada.

Constatou-se que o índice de carregamento médio dos motores é menor do que 50%, o que pode ser um indicativo do superdimensionamento dos motores elétricos, pois alguns destes motores devem partir com carga, o que pode demandar potência superior à de regime permanente.

A otimização do horário de funcionamento anual é uma ferramenta importante na adequação de força motriz, que deve ser considerada no processo como um todo.

## REFERÊNCIAS

CAMPANA, S. *Racionalização do uso de energia elétrica em sistemas de irrigação tipo pivô central e aspersão convencional*. 2000. 108 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2000.

COSTA, J. M.; OLIVEIRA FILHO, D.; TEIXEIRA, C.A. Adequação de força motriz - Estudo de caso na fabricação de papel reciclado. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - CONLADIS, 3., 1998, São Paulo. *Resumos...* São Paulo: Universidade de São Paulo, 1998. p.561-4

FRIZZONE, J.A.; SILVEIRA, S. de F.R. Avaliação e custos de projetos de irrigação. In: SEMINÁRIO ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 2000, Uberaba. *Anais...* p.1-87.

- JANNUZZI, G. de M.; SWISHER, J.N.P. *Planejamento integrado dos recursos energéticos: Meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis*. Campinas: Autores Associados, 1997. 246 p.
- LATORRE, C. de F.; NOBRE, E.C.; BURGOA, J.A. Diagnóstico do potencial de conservação de energia na indústria. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 1., 1990, Belo Horizonte. *Resumos...* Belo Horizonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 1990. v.1, 5 p.
- LOW, S. *1992 Industrial sector end - use forecast*. Main Report. Toronto: Ontario Hydro, 1993. 44 p.
- PINHEIRO, S.F. Conservação de energia elétrica: Recurso energético planejado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 1., 1986, Rio de Janeiro. *Anais...* v.1, p.95-108.
- SÁ, J.S.; COGO, J.R.; ARANGO, H. Avaliação do rendimento de motores de indução trifásicos via medição de tensão e corrente no estator. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 1., 1990, Belo Horizonte. *Resumos...* Belo Horizonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 1990. v.1, 4 p.
- TEIXEIRA, C.A.; OLIVEIRA FILHO, D.; LACERDA FILHO, A.F. Racionalização do uso de força motriz em fábrica de ração da Universidade Federal de Viçosa - Estudo de caso. In: SEMINÁRIO ENERGIA NA AGRICULTURA - INDICANDO NOVOS CAMINHOS PARA A PRODUTIVIDADE NO CAMPO, 2., 2001, Uberaba. *Anais...* Uberaba: Fazenda Energética - Companhia Energética de Minas Gerais, 2001. p.64-74
- WEG. *Catálogo Eletrônico 2000*. Disponível em: <<http://www.weg.com.br>>. Acesso em: 1º jul. 2001.