

## ESTUDO DE CASO SOBRE O DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE MOTORES ELÉTRICOS TRIFÁSICOS ATRAVÉS DO ÍNDICE DE CARREGAMENTO

FÁBRICA MARTINS, M. T.<sup>1</sup>, DE FREITAS GUTIERRES, L. F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé (UNIPAMPA-CB) — Grupo de Estudos Avançados em Engenharia de Energia (GrEEn) — Bagé, RS, Brasil — mitianitf@gmail.com

<sup>2</sup> UNIPAMPA-CB — GrEEn — Bagé, RS, Brasil — luizgutierres@unipampa.edu.br

### RESUMO

Vasta parcela da energia elétrica consumida no setor industrial é decorrente da operação de motores elétricos. O acionamento de cargas resistentes inapropriadas é comum e provoca um maior consumo de energia elétrica. Nesse contexto, este trabalho demonstra o diagnóstico energético de motores elétricos trifásicos através do índice de carregamento estimado pela média aritmética das correntes elétricas de linha. Essa técnica baseia-se na análise das curvas características de desempenho disponibilizadas por fabricantes que englobam dados de carregamento, corrente elétrica, rendimento, fator de potência, escorregamento, entre outros fatores. A partir disso é possível constatar se o motor elétrico está dimensionado corretamente frente à carga resistente que está acionando. Este trabalho apresenta análises de um motor elétrico operando com carregamento inapropriado. Com isso, alternativas para a solução do problema são propostas e estudos de viabilidade são também realizados. Se a troca por um motor mais adequado for realizada, verifica-se uma economia anual de aproximadamente 693 kWh/ano.

Palavras-chave: Curva característica, Diagnóstico energético, Motor elétrico.

### 1 INTRODUÇÃO

Em 2017, o consumo de energia elétrica no Brasil atingiu um total de 467.161 GWh de acordo com o Anuário Estatístico de Energia Elétrica (EPE, 2018). O setor industrial apresenta o maior impacto nesse volume anual, representando 167.398 GWh (EPE, 2018) em consumo de energia elétrica. Vasta parcela da energia elétrica consumida no setor industrial é proveniente da operação de motores elétricos. É comum encontrar motores elétricos operando com um índice de carregamento inapropriado para a carga resistente que estão acionando, causando um maior consumo de energia elétrica. Em outras palavras, a carga que o dispositivo eletromecânico será submetido deve ser condizente com a sua potência (ICA/Procobre/PUC-Rio, 2019). Em virtude disso, medidas de eficiência energética são necessárias para assegurar que esses problemas operacionais sejam evitados. Para se obter os melhores desempenhos energéticos de motores elétricos recomenda-se que o carregamento atinja entre 75% e 100% de suas potências nominais (ICA/Procobre/PUC-Rio, 2019).

Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso sobre o diagnóstico energético de motores elétricos trifásicos através do índice de carregamento, técnica investigada previamente por Szyszka e Americo (2004), entre

outras publicações. O índice de carregamento é estimado através da média aritmética das correntes elétricas de linha, viabilizando medições não invasivas (por alicate amperímetro, por exemplo).

## 2 METODOLOGIA (MATERIAL E MÉTODOS)

### 2.1 Diagnóstico energético de motores elétricos trifásicos

O diagnóstico energético de um motor elétrico trifásico demonstra as condições do regime operacional frente à carga resistente acionada. O diagnóstico energético busca evitar operações ineficientes, ciclos de trabalho com baixo fator de potência, consumos desnecessários de energia elétrica, entre outros problemas relacionados ao dimensionamento inadequado.

A Figura 1 ilustra as principais etapas para analisar o regime de trabalho de um motor de indução trifásico.

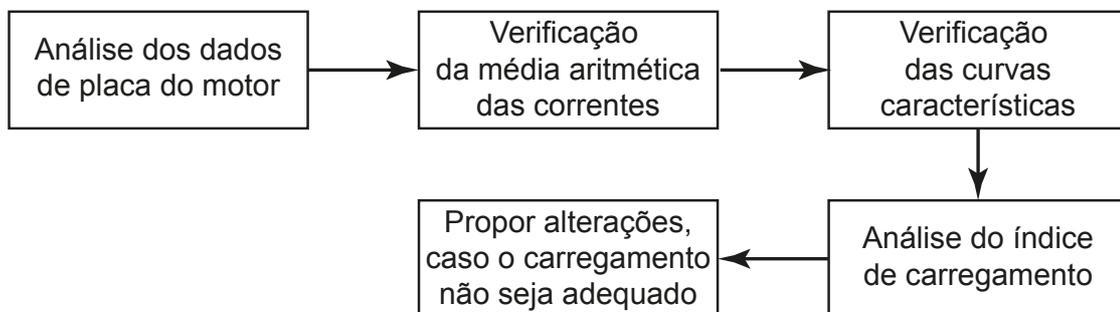


Figura 1. Etapas para o diagnóstico energético de motores trifásicos assíncronos.

Através da verificação das curvas características de desempenho com a média aritmética das correntes de entrada, se o índice de carregamento  $Carreg$  for (SZYSZKA; AMERICO, 2004):

- $Carreg < 50\%$ : superdimensionamento. Recomenda-se a substituição imediata por um motor com potência nominal menor e compatível com a carga.
- $50\% \leq Carreg < 75\%$ : realizar diagnóstico energético para aferir a melhor decisão a ser tomada.
- $75\% \leq Carreg \leq 100\%$ : o motor apresenta dimensionamento adequado.
- $Carreg > 100\%$ : subdimensionamento. Recomenda-se a substituição imediata por um motor com potência nominal maior e compatível com a carga.

### 2.2 Análise das curvas características de desempenho

A potência solicitada pela carga acionada pelo motor elétrico é obtida por

$$P_{solicitada} = P_{motor} \times Carreg, \quad (1)$$

onde  $P_{solicitada}$  é a potência solicitada pela carga acionada (em CV) e  $P_{motor}$  é a potência nominal do motor (em CV). Ao identificar  $P_{solicitada}$ , é possível comparar o carregamento que outra máquina possuiria se acionasse a mesma carga através de

$$Carreg_{novomotor} = \frac{P_{solicitada}}{P_{novomotor}} \times 100\%, \quad (2)$$

onde  $Carreg_{novomotor}$  é o carregamento do novo motor e  $P_{novomotor}$  é a potência nominal da nova máquina (em CV). Para quantificar o consumo de energia elétrica  $Consumo$  (em kWh/ano) de um motor, emprega-se a seguinte formulação matemática

$$Consumo = \frac{P_{motor} \times Carreg \times h \times 0,736}{\eta} \quad (3)$$

onde  $h$  é o total de horas/ano com o motor operando e  $\eta$  é o rendimento. Por meio da Equação 3 é possível realizar comparações entre dois motores (o atual e um novo motor, por exemplo). A energia elétrica economizada  $Consumo_{economizado}$  por uma substituição de motores pode ser determinada através de

$$Consumo_{economizado} = Consumo_{atual} - Consumo_{novo} \quad (4)$$

onde  $Consumo_{atual}$  e  $Consumo_{novo}$  são os consumos de energia elétrica dos motores atual e do novo respectivamente. Os recursos financeiros economizados podem ser determinados ao multiplicar  $Consumo_{economizado}$  pela tarifa cobrada pelo agente distribuidor de energia elétrica (em R\$/kWh). Maiores detalhamentos sobre essas equações e sobre a análise das curvas características de motores elétricos são referenciados para Szyszka e Americo (2004).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo de caso, um motor de indução trifásico da linha W22 IR3 Premium WEG encontra-se em operação durante 3000 horas/ano. Essa máquina apresenta as seguintes características nominais: 100-CV, 60 Hz, 2 polos, 3560 rpm, 220/380-V e 236/137 A (WEG, 2019). Alimentado com 220-V, constatou-se via ensaios que as correntes de linha são 120,10 A; 119,40 A e 120,50 A, resultando em uma corrente média de 120 A. A partir desse valor é possível determinar o índice de carregamento ao analisar as curvas características de desempenho fornecidas pelo fabricante (WEG, 2019) como ilustra a Figura 2.

Para essa situação operacional, o índice de carregamento é aproximadamente igual a 42%, caracterizando um superdimensionamento e a máquina deve ser substituída. O uso da Equação 1 identifica uma potência solicitada pela carga equivalente a 42-CV. Ao verificar o catálogo do fabricante (WEG, 2019), o motor W22 IR3 Premium WEG (50-CV) apresenta potência nominal mais próxima à exigência do acionamento. Esse novo motor apresentará um carregamento de 84% frente a mesma carga como ilustra a análise de suas curvas características na Figura 3. Esse índice caracteriza uma operação com dimensionamento adequado. Além disso, as Figuras 2 e 3 indicam outros parâmetros de trabalho para as situações discutidas como fator de potência, rendimento e escorregamento.

O uso das Equações 3 e 4 encaminha uma análise comparativa dos consumos de energia elétrica das máquinas estudadas: os motores de indução trifásicos de 100 e 50-CV consomem 100.570,00 e 99.877,22 kWh/ano respectivamente. Se a substituição proposta for confirmada, a economia anual atingirá 692,78 kWh/ano. Empregando uma tarifa de aproximadamente 0,37 R\$/kWh, nota-se uma economia anual de R\$ 256,33 pela troca dos motores.

### 4 CONCLUSÃO

Neste trabalho, o diagnóstico energético de motores elétricos trifásicos através do índice de carregamento é estudado. Um estudo de caso foi realizado, demonstrando a importância em executar tais análises no setor industrial. As estimativas apontam uma economia anual de 692,78 kWh/ano, encaminhado R\$ 256,33 de ganhos financeiros ao ano.

O estudo de caso concentrou os esforços em apenas um motor elétrico. Em unidades industriais é frequente o emprego de diversos motores elétricos. Isso implicaria em maiores ganhos, caso todas as máquinas elétricas estivessem operando

superdimensionadas. Por fim, o diagnóstico energético investigado neste trabalho é de interesse uma vez que possibilita análises não invasivas. Nesse sentido, estudos de caso podem ser executados sem tirar de operação os motores elétricos, desde que as curvas características de desempenho estejam disponíveis.

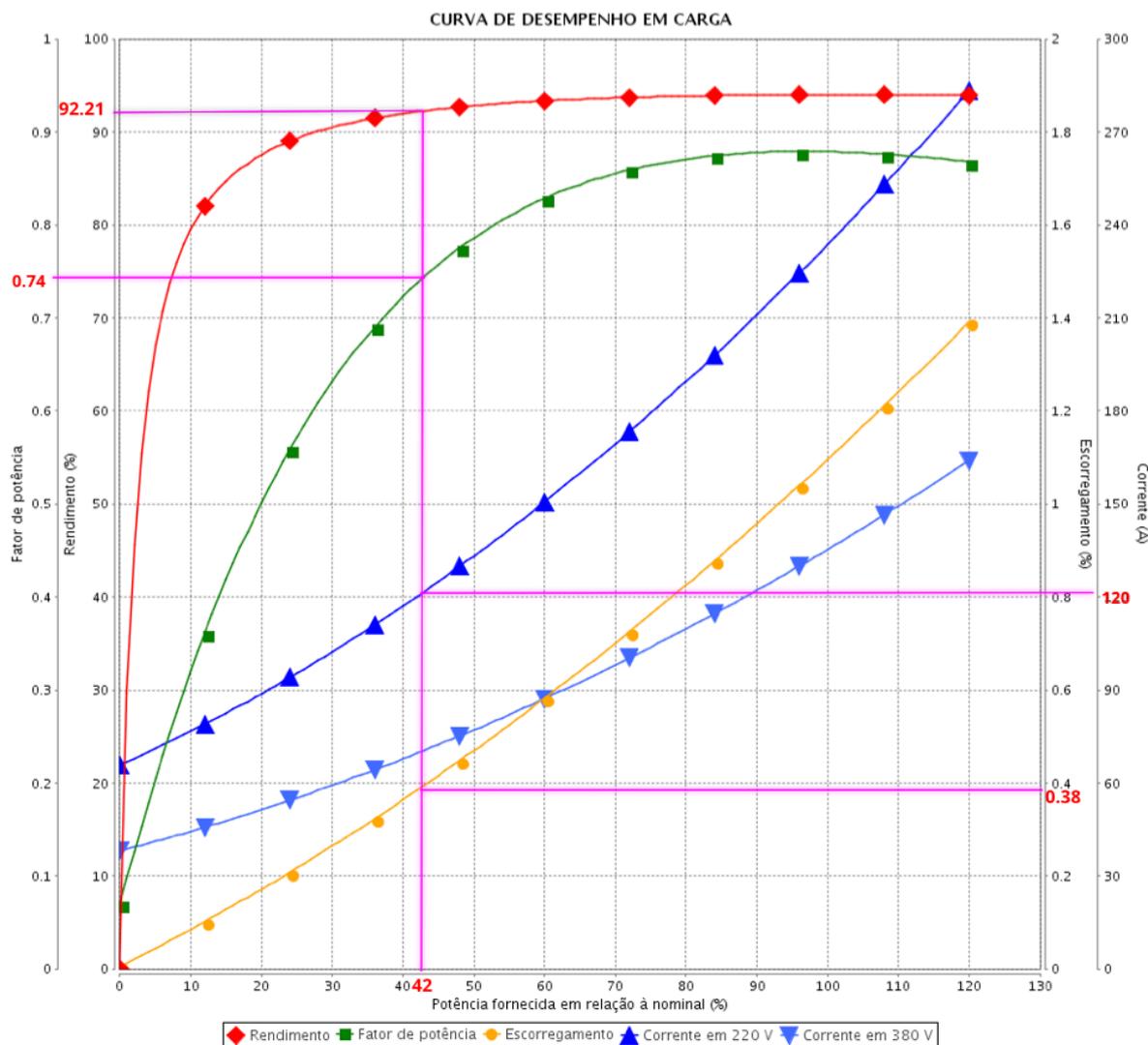


Figura 2. Curvas características do motor de 100-CV (modificado de WEG, 2019).

## 5 REFERÊNCIAS

- Szyska, E.; Americo, M. **Metodologia de realização de diagnóstico energético**. Rio de Janeiro: Eletrobras-PROCEL-PROCEL Indústria, 2004.
- EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Balço Energético Nacional (BEN) – Ano base 2017**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2018.
- WEG. **Seleção de motores elétricos**, 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/2qPbTQy>>. Acesso em: 27 out. 2019.
- ICA/Procobre/PUC-Rio [International Copper Association/Instituto Brasileiro do Cobre/Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro]. **Cartilha de orientação para o usuário de motores reconicionados**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2019.

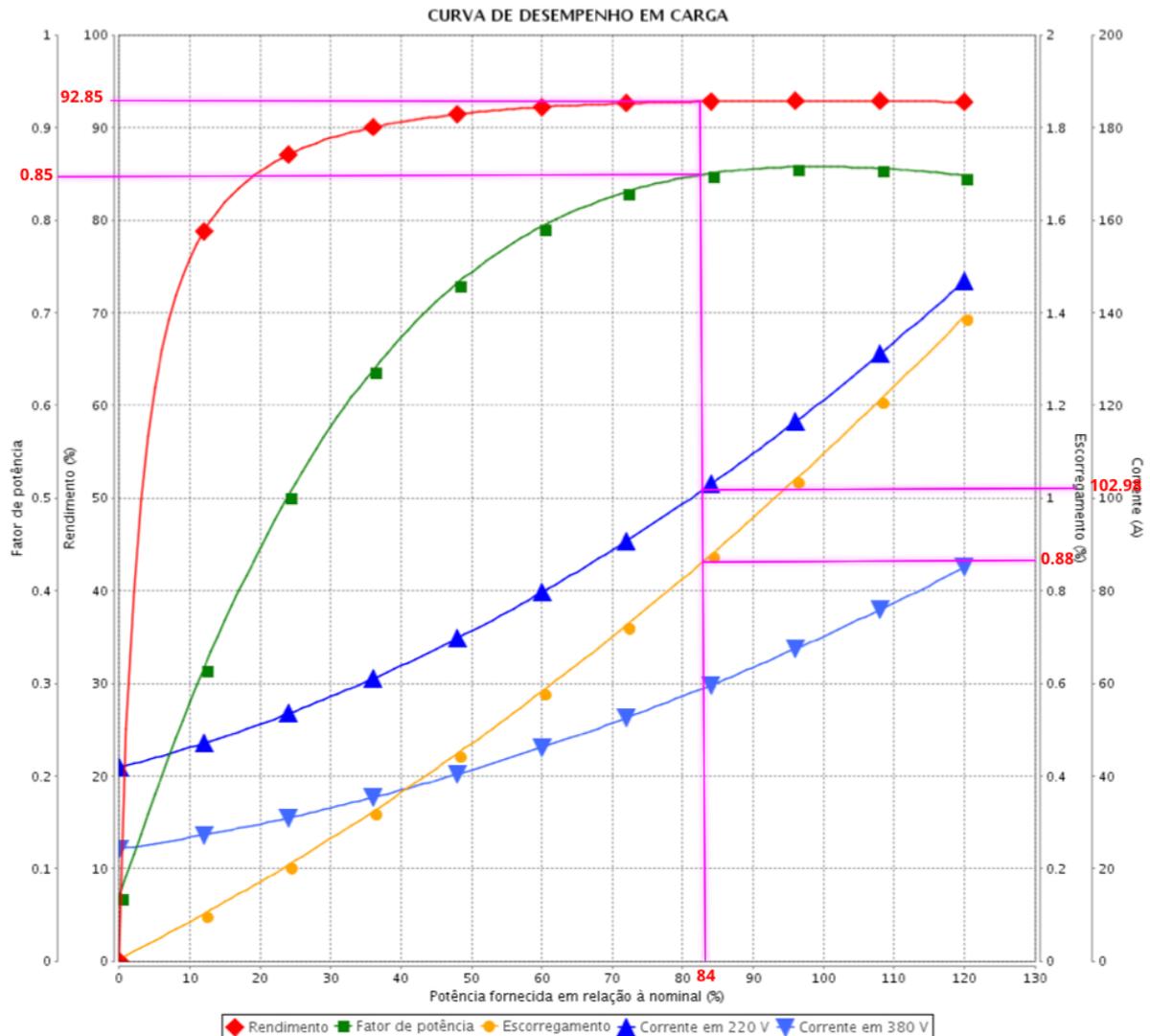


Figura 3. Curvas características do motor de 50-CV (modificado de WEG, 2019).

## 6 AGRADECIMENTOS

Este trabalho conta com o apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Tecnológica (INOVABOLSAS) da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA).