

## Estudo econômico referente à substituição de motores elétricos indutivos em uma indústria de papel celulose.

Sarah L. S. Saldanha. \* Jorgeane M. Sousa. \*\*  
Everton R. S. Araujo \*\*\* Cristiany de N. M. do Amaral Ferreira\*\*\*\*

\*\**Universidade da Amazônia, Av. Alcindo Cacela, 287 - Umarizal,  
Belém - PA, (e-mail: sarahsaldanha96@gmail.com)*

\*\*\**Universidade da Amazônia, Av. Alcindo Cacela, 287 - Umarizal,  
Belém - PA, (e-mail: jmsousa990@gmail.com)*

\*\*\*\**Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade da Amazônia -UNAMA,  
(e-mail: [everton.araujo@unama.br](mailto:everton.araujo@unama.br))*

\*\*\*\**Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade da Amazônia -UNAMA,  
(e-mail: [cmoscoso.unama@gmail.com](mailto:cmoscoso.unama@gmail.com), [cristiany.ferreira@unama.br](mailto:cristiany.ferreira@unama.br))*

**Abstract:** Since the development of the first electric motors in the 19th century, their presence is evident in practically all industrial production processes, which requires detailed studies for companies regarding the efficiency of these electric machines, energy consumption and, consequently, the release of reactive power for the electrical system. power. Thus, the present work presents a study of the impacts generated in the consumption of electric energy and associated costs for a company regarding the replacement or exchange of the internal equipment of the engines. The data were collected in a paper and cellulose company located in the metropolitan region of Belém. Based on the adopted case study, a quantitative research was carried out, where the results show that the efficiency of an inductive motor, whose power varies from 20 CV to 100 CV, depends on the year of use, manufacture, as well as the rewinding numbers it undergoes. Based on this, a maintenance plan was also created for these machines, especially wishing to obtain the rewinding ratio of each engine, thus making it possible to establish their performance and monitor them, aiming to achieve the consumption closest to the ideal electric energy. caused by this type of machine. The results showed that the payback will be 2.31 years, the saving was R \$ 128,496.09 in savings (kWh / year) and the internal rate of return (%) of 54.48%.

**Resumo:** Desde o desenvolvimento dos primeiros motores elétricos no século XIX, sua presença é notória em praticamente todos os processos produtivos industriais que requer para empresas estudos detalhados a respeito da eficiência destas máquinas elétricas, consumo de energia e conseqüentemente liberação de potência reativa para o sistema elétrico de potência. Deste modo, o presente trabalho apresenta um estudo dos impactos gerados no consumo de energia elétrica e custos associados para uma empresa referente a substituição ou troca dos equipamentos internos dos motores. Os dados foram coletados em uma empresa do ramo de papel e celulose localizada na região metropolitana de Belém. A partir do estudo de caso adotado realizou-se uma pesquisa quantitativa onde os resultados mostram que a eficiência de um motor indutivo, cuja potência variam de 20 CV a 100 CV, depende do ano de utilização, fabricação, bem como os números de rebobinagem que o mesmo sofre. A partir disto foi realizado também a criação de um plano de manutenções para estas máquinas, desejando obter especialmente a relação de rebobinagens de cada motor, possibilitando assim estabelecer o seu rendimento e monitora-los, visando alcançar o consumo mais próximo do ideal de energia elétrica ocasionado por este tipo de máquina. Os resultados mostraram que o payback será de 2,31 anos, o saving foi de R\$ 128.496,09 de economia (kWh/ano) e a taxa interna de retorno (%) de 54,48%

**Keywords:** Energy efficiency; Electric motors; Energy saving; Engine replacement; economic viability;

**Palavras-chaves** Eficiência energética; Motores elétricos; Economia de energia; Substituição de motores; viabilidade econômica;

### 1. INTRODUÇÃO

Atualmente o ser humano tem se tornado cada vez mais dependente da energia elétrica, pois ela é um dos fatores que ajudam a manter em funcionamento indústrias, comércios, residências, etc. Desta maneira, é crucial com que se busque a máxima eficiência da prestação e continuidade de um serviço no qual hoje em dia depende da implementação correta de um sistema atrelado à eficiência energética e automação. Moraes e Castrucci (2010) citam que entende-se por automação qualquer sistema, apoiado em computadores, que substitua o trabalho humano em favor da segurança das

pessoas, da qualidade dos produtos, da rapidez da produção ou da redução de custos, assim aperfeiçoando os complexos objetivos das indústrias e dos serviços. Assim, as empresas atuais buscam um equilíbrio entre o investimento em novas tecnologias, o consumo de energia elétrica e a eficiência energética de seus equipamentos para prosperar em seus negócios. Silva (2003) nos mostra uma relação entre riqueza e consumo de energia que pode ser estabelecida na relação entre o tamanho da economia de um país e seu respectivo consumo, isto é, o consumo de energia elétrica está relacionado diretamente com o desenvolvimento de um País e indica o avanço daquela sociedade.

Entretanto o consumo exarcebado, sem nenhum controle deve ser um alerta para empresários do setor. Esta preocupação surgiu por volta da década de 90 onde levantou-se a preocupação em relação ao uso consciente de energia, assunto este, que se perdura até os dias atuais.

A partir disto criou-se o conceito de eficiência energética que nada mais é que a relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização (ABESCO). Pode-se obter economia de energia através da otimização em sistemas de iluminação, caldeiras, motores e climatização além da implementação de sistemas de automação. Em 17 de Outubro de 2001 foi publicada a lei N° 10.295 (BRASIL, 2001) que dispõe de políticas relacionadas à conservação de energia estabelecendo níveis mínimos de eficiência energética de máquinas fabricadas no País.

Para complementar esta Lei, foi elaborado o decreto de N° 4.508 em Dezembro de 2002, visando estabelecer níveis mínimos de eficiência relacionadas a motores elétricos para a comercialização no Brasil (Brasil, 2002), este decreto sofreu uma pequena alteração em 29 de Junho de 2017, com a inserção da PORTARIA INTERMINISTERIAL N° 1, onde estabelece também pequenos parâmetros de eficiência para motores reconicionados (Brasil, 2017). Desde então, a busca por motores elétricos eficientes tem crescido.

No Brasil o consumo de energia elétrica do sistema elétrico de potência é em grande maioria destinada à consumidores do grupo A industriais. Portanto, a energia elétrica torna-se indispensável para o devido funcionamento de uma indústria e consequentemente é um dos principais insumos para o seu processo produtivo, ou seja, o consumo elétrico de uma indústria impactará diretamente ao custo final do seu produto e isto impacta na sociedade como um todo. Assim sendo, a obtenção do consumo de energia elétrica de forma eficiente se torna essencial devido os benefícios econômicos e os benefícios ambientais gerados, provocando dessa maneira ganhos na competitividade referentes ao mercado industrial.

Segundo Bonelli, *et al* (2012), os motores elétricos no geral representam grande parte do consumo industrial, chegando a valores médios, próximo a 50% de toda a eletricidade consumida dependendo do processo produtivo, ou seja, avaliar o cenário visando o momento de manter e de substituir um motor, é imprescindível. Uma maneira encontrada para reparar motores elétricos danificados, é o método de rebobinagem, no qual ao realizar este processo tem-se o impacto direto em seu rendimento. Desta forma, o presente artigo irá se deter na análise da eficiência energética oriunda do planejamento da gestão de manutenção em motores indutivos em um empresa do setor de celulose localizada no estado do Pará que caminha para implementação de um terceiro nível da pirâmide de automação, além de avaliar o quanto poderia se economizar estabelecendo critérios para a substituição das máquinas elétricas, bem como a economia referentes ao processo de rebobinagem, calculando o retorno oriundo da economia de energia elétrica efetuando tais substituições

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Princípio de Funcionamento de Motores Elétricos.

O motor elétrico pode ser conceituado como uma máquina

elétrica que realiza o processo de conversão eletromecânica de energia, convertendo energia elétrica em energia mecânica. Seu princípio de funcionamento baseia-se na Lei de Faraday para a indução eletromagnética.

A Lei de Faraday afirma que, se houver um fluxo passando através de uma espira de fio condutor, logo uma tensão será induzida sendo esta, diretamente proporcional à taxa de variação do fluxo em relação ao tempo (Fitzgerald, 2014).

Podemos demonstrar matematicamente este conceito pela equação 1:

$$e = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{\Delta\lambda}{\Delta t} \quad (1)$$

Onde, “e” é a tensão gerada, N é o número de espiras da bobina,  $\phi$  é o fluxo magnético e o fluxo concatenado da bobina é  $\lambda$  e pode ser obtido através da equação 2:

$$\lambda = N\phi \quad (2)$$

A conversão eletromagnética de energia ocorre quando surgem variações no fluxo concatenado  $\lambda$  decorrentes do movimento mecânico das partes móveis da máquina. Nas máquinas elétricas rotativas, as tensões são geradas nos enrolamentos ou bobinas quando esses, giram mecanicamente dentro de um campo magnético, ou quando um campo magnético gira mecanicamente próximo aos enrolamentos (UMANS, 2014, p. 174).

### 2.2 Classificação de Motores Elétricos

Existem diferentes tipos de motores elétricos, dos mais variados tamanhos, formas, potências, para as mais diversas aplicações, como por exemplo, residenciais, industriais ou comerciais. Contudo, podemos classificá-los em dois grandes grupos, tomando a forma da tensão como base, temos os motores que operam com corrente contínua (CC) e motores que operam com corrente alternada (CA).

Segundo Filho (2000) estima-se que mais de 90% dos motores elétricos utilizados nos setores industrial, comercial, rural e residencial são motores de indução com rotor de gaiola; a vasta utilização deste tipo de motor é relacionado ao fator econômico, menor peso e com manutenção simplificada. O motor de indução possui rendimentos elevados e é modelado para operar em tensão e corrente alternada, com frequência de 60Hz, para o Brasil. (WEG MOTORES ELÉTRICOS, 2016).

### 2.3 Componentes

Os motores elétricos de forma geral, são constituídos por duas partes básicas, uma parte estática denominada estator e uma parte rotativa chamada de rotor. Segundo WEG (2016) pode-se classificar o estator e o rotor, conforme a figura 1: que mostra as partes do estator que são: (1) carcaça, é composta por um material robusto que dá sustentação e proteção ao motor; (2) núcleo de chapas, são chapas de aço magnético fixadas ao estator; (8) enrolamento trifásico, são três bobinas uma para cada fase, estão localizadas dentro das ranhuras do núcleo de chapas, responsáveis pelo ligamento trifásico à rede de energia elétrica de alimentação.

E os componentes do rotor que são: (7) eixo, transmite a

potência mecânica desenvolvido pelo motor à carga; (3) núcleos de chapas, que possuem a mesma finalidade das chapas do estator e (12) barra e anéis de curto-circuito, são constituídos de uma liga de alumínio. Demais componentes do motor (4) Tampa, protege o motor do meio externo, possuindo fechamento lateral; (5) Ventilador, responsável por ventilar o motor, retirando o calor acumulado na carcaça; (6) Tampa defletora, componente metálico que permite a passagem do ar para o ventilador, geralmente instalados na parte traseira do motor; (9) Caixa de ligação, local em que estão os terminais de alimentação do motor; (10) Terminais, são responsáveis pela conexão dos condutores de alimentação; (11) Rolamentos, possuem a finalidade de permitirem que o eixo ou rotor girem livremente.

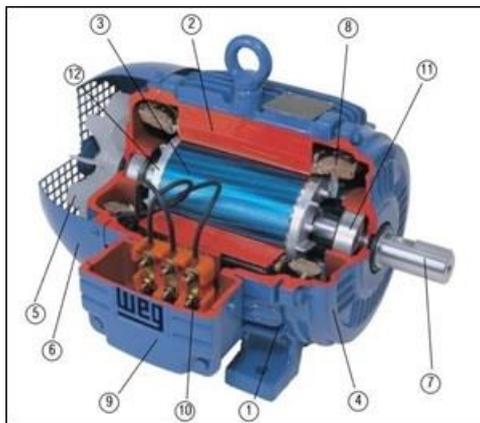


Fig. 1 Componentes do motor de indução

## 2.4 Definição de Rendimento

O rendimento de um motor elétrico está diretamente ligado as suas perdas, tanto elétricas como mecânicas, bem como é a relação entre a potência de entrada e a potência fornecida no eixo do motor elétrico. É importante que um motor possua um rendimento alto, para se obter isto é importante que este equipamento seja composto de bons materiais. O rendimento de um motor implicará no seu aquecimento e também indicará se ele está aproveitando da melhor forma a energia elétrica introduzida nele.

Portanto deverá avaliar principalmente da carga exigida e das suas especificações, ou seja, quanto mais próximas as especificações e a carga estiverem das nominais, maior será seu rendimento. Com a potência ( $P$  em CV), tensão ( $V$ ), corrente ( $I$ ), fator de potência ( $\cos\phi$ ) e utilizado  $\alpha$  (2) abaixo, pode-se identificar o rendimento ( $\eta$ ) de um motor elétrico através da equação 3.

$$\eta = \frac{736 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\phi} \quad (3)$$

## 2.5 Equações de Eficiência Energética

Segundo WEG este, utiliza as seguintes fórmulas para a elaboração de relatórios de análise:

### 2.5.1 Consumo em dinheiro (R\$)

A equação 4, estabelece o valor referente a economia de energia adquirida, onde kWh atual é referente ao

consumo do motor instalado, kWh proposto referente ao consumo do motor a ser adquirido e R\$/kW referente a tarifa de energia local em reais por kW.

$$Economia = (kWh_{atual} - kWh_{proposto}) * R\$/kW. \quad (4)$$

### 2.5.2 Rendimento

O rendimento do motor é calculado através da equação 5.

$$\eta(\%) = \frac{P_{ele}}{P_{mec}} \quad (5)$$

onde,  $P_{ele}$  =Potência elétrica e  $P_{mec}$ = Potência mecânica. Utiliza-se também o ano de fabricação, haja visto que com o passar dos anos houve o desenvolvimento de motores mais eficientes, como também o número de rebobinagem, pois segundo a Eletrobrás (apud, Weg, 2020) motores reconicionados tende a ter um aumento de perda de 3% a 4%.

### 2.5.3 Consumo de energia (kWh)

O consumo de energia elétrica em quilowatt hora é dado pela equação 6.

$$kW_{cons} = \frac{P_n \cdot C}{\eta} \cdot \frac{\text{hora}}{\text{ano}} \cdot \frac{\text{dia}}{\text{ano}} \quad (6)$$

onde,  $P_n$ =Potência nominal  $\eta$ = rendimento em % e  $C$ = Carga em %,

### 2.5.3 Payback

O período de retorno do investimento é dado pela equação 7.

$$Payback = \frac{Investimento}{Economia} \quad (7)$$

## 2.6 Manutenção em Motores Elétricos

A rebobinagem possui um custo menor e pode manter o ciclo de vida da máquina, no entanto deve-se tomar cuidado na recuperação dos enrolamentos de um motor danificado, pois se não for mantido o projeto original de fábrica irão surgir novos fatores que poderão elevar as perdas no motor. Durante a rebobinagem devem ser retiradas todas as bobinas sem que ocorra nenhuma danificação no estator ou carcaça, pois a estrutura pode influenciar no desempenho do motor, e deve ser mantido todos os dados originais de fábrica (SOTO FILHOS, 2006).

O recondicionamento tem por princípio segundo Calili (2018), 10 etapas que consistem em documentar, retiradas de tampas do motor, documentação final com identificação dos defeitos atestados, substituição das bobinas, limpeza da parte externa e núcleo, o rebobinamento do motor, envernizamento, reparos mecânicos, pintura e testes. Assim, entende-se que o rebobinamento é só um dos passos de um

recondicionamento total.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Seleção de Motores

A empresa selecionada para este estudo de caso atua no ramo de papel e celulose e fica localizada no estado do Pará. Os motores deste estudo são utilizados na máquina de papel três, referente ao processo produtivo localizados nas etapas de preparação parte inferior e na secagem parte inferior. (ver figura 2).

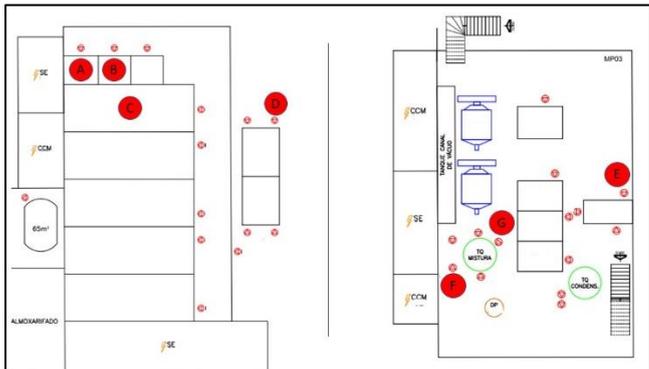


Fig. 2 Localização dos motores no processo produtivo.

A fim de demonstrar o ganho que poderia ser obtido através da substituição de motores antigos, foram estabelecidos alguns critérios para a seleção de amostras para o estudo em questão. O primeiro foi a escolha de motores que sofreram no mínimo uma rebobinagem durante o período de 2007 a 2020, porém, este intervalo não representa o registros de todos os motores que sofreram recondicionamento, sendo assim a eficiência atual deste equipamento pode ser bem menor do que apresentada na análise. O segundo foi selecionar um motor que não sofreu rebobinagem, mas é um equipamento crítico, isto é, não podem parar, pois é fundamental para a continuidade do processo, este parâmetro foi adotado apenas para verificar a eficiência de um motor antigo com rebobinagem e um que não sofreu este reparo e o terceiro e último critério foi priorizar motores com a potência igual ou superior a 20 CV e com funcionamento durante o mês de 24 horas.

#### 3.2 Coleta de Dados

Foram utilizados os valores de fábrica, onde os mesmos se encontravam nas respectivas placas dos motores consultadas em chão de fábrica. Para preservar os dados internos da empresa, foram dados nomes fictícios aos equipamentos.

Os dados coletados foram para uma amostragem de 7 motores, cuja suas características são descritas na tabela 1 necessários. Para a análise das máquinas observou-se: ano de fabricação, número de pólos, potência cavalo vapor e velocidade, assim, a partir da correlação da perda de eficiência devido ao tempo de uso acrescido do número de rebobinagens e período de funcionamento, pode-se mensurar a economia de energia e por conseguinte o tempo de retorno de investimento através da substituição desses motores.

Tabela 1. Características do Motor

TAG	Ano do motor	Nº de Pólos	Potência (CV)	Nº de Rebobinagem
A	16/04/04	6	20	2
B	18/04/11	6	20	2
C	08/07/11	6	20	1
D	13/03/04	4	40	2
E	25/07/16	2	30	3
F	05/11/10	4	40	1
G	01/09/00	4	100	2

#### 3.3 Software See+

Para a etapa de análise de dados, foi utilizado o Software WEG SEE+, figura 3, onde através do histórico de avaliações de eficiência da empresa ele relaciona a perda de eficiência, por idade, por rebobinagens, logo, através desses dados pode-se estabelecer um ponto ótimo de troca para cada motor devido a sua potência. O software mensura também o payback necessário para obtenção investimento, este modelo fora escolhido devido ao plano “sucata” da empresa, onde a mesma dá uma recompensa pela sucata referente aos motores trocados, assim, tornando atrativo utilizar a plataforma.



Fig 3 Aplicativo See+

### 3.3 Tarifa Elétrica

A empresa em estudo se encaixa no subgrupo A3, isto é, a sua tensão de fornecimento é de 69 kV e sua tarifa é cobrada por meio de demanda no horário de ponta, de 18h30 às 21h30 na região de Belém, e fora de ponta para as demais horas do dia.

Porém, foi necessário obter um valor único de consumo de energia por quilowatt hora, para isso utilizou-se de valores tabelados pela concessionária

Para se obter um valor único referente a tarifa elétrica, com finalidade de usá-lo no software See+, utilizou-se usados valores referentes a concessionária de energia local, onde a mesma cobra R\$ 0,41439 em ponta e R\$ 0,25861 para fora de ponta, portanto utilizou-se um valor médio de R\$ 0,29 por quilowatt hora.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados obtidos, pode-se perceber a influência teórica atestada a respeito da perda de eficiência geradas por rebobinagens e por ano de fabricação.

Na tabela 2 é possível visualizar os dados referente à eficiência energética dos motores A e B, onde estes possuem as mesmas características, se diferindo apenas devido ao ano de fabricação do equipamento, isto é, o motor A está em uso a mais tempo que o motor B, cerca de sete anos a mais. Analisando a tabela 2, conclui-se que o motor A chega a gerar uma economia de aproximadamente 2,20% e a economia de energia é quase o dobro em relação ao motor B, isto se dá não apenas por conta da evolução da eficiência dos motores, mas também ao desgaste e manutenções geradas no equipamento.

**Tabela 2. Relação de economia (kW/ano) quanto ao tempo de utilização**

TAG	Economia (kW/ano)	Economia (%)	Ano do motor
A	11561,35	7,50 %	16/04/04
B	5867,41	5,31 %	18/04/11

O segundo ponto a ser abordado refere-se a avaliação enquanto ao número de rebobinagens, o motor B tem apenas

uma rebobinagem a mais que o motor C, deixando visível através da observação da tabela 3, os impactos gerados. O motor B consome 62,36% a mais de energia por ano em relação ao C e com sua substituição tem-se aproximadamente 2% de economia anual.

**Tabela 3. Relação de economia (kW/ano) quanto ao número de rebobinagem**

TAG	Economia (kW/ano)	Economia (%)	Nº de Rebobinagem
B	5867,41	5,31 %	2
C	3658,98	3,38 %	1

Por fim, o software Weg See+ gerou um relatório utilizando as informações dos motores estudados em questão, estas, foram agrupadas na tabela 4, os respectivos dados demonstram que em geral motores a partir de 2 rebobinagens tem queda de sua eficiência a qual justifica sua substituição, por exemplo o motor E, apesar de ser adquirido mais recentemente, sofreu o processo de recondicionamento três vezes reduzindo sua eficiência a ponto de um consumo maior que um modelo mais antigo, a exemplo o motor C. O motor G, com aproximadamente 20 anos de utilização, é o único que terá o tempo de retorno mais rápido, pois o mesmo apresenta 2 rebobinagens além do seu longo tempo de uso culminando em uma grande queda de eficiência, isto é, dentre os motores listados na tabela 4, será o que apresentará maior economia.

**Tabela 4. Relação de economia (kW/ano) geral**

TAG	Economia (kW/ano)	Economia (%)	Payback (Meses)
A	11561,35	7,50 %	30
B	5867,41	5,31 %	58
C	3658,98	3,38 %	94
D	22015,88	7,33 %	24
E	10841,32	4,98 %	30
F	10374,71	3,59 %	51
G	64176,43	8,53 %	18

Assim, após analisar os motores e suas respectivas características o software, figura 4, demonstrou que com a substituição de todos os motores haveria uma economia de R\$ 128.496,09 trazendo o retorno estimado do investimento em 2,31 anos, além de que a economia de energia tornaria o projeto ambientalmente correto.

Cálculo de retorno financeiro	
Potencial de Economia:	6,65 %
Economia (kWh/ano):	128.496,09
Payback (anos)	2,31
TIR (%)	54,48 %
VPL (R\$)	R\$ 128.738,32

Fig. 4 Retorno financeiro

## 5. PROPOSTA DE MELHORIA DE DADO

O levantamento de dados para a execução da viabilidade de substituição de motores elétricos foi difícil, devido o conflito de informações de histórico, isto é não se encontrava um lugar único para se guardar os dados de rebobinamento e de informações de motores, por este motivo, foi elaborada uma planilha onde se torna possível o cadastramento de motores por Tag, cadastramento de data, valor e preço do serviço de rebobinagem e a indicação de motores com eficiência boa, alerta e ruim. Concentrando assim, em um só lugar todas as informações referentes a motores elétricos encontrado em uso na empresa, gerando conseqüentemente um histórico.

## 6. CONCLUSÕES

Como desenvolvido, no presente estudo, hodiernamente a busca pelo uso de energia elétrica de forma consciente, tem crescido; visando não somente os lucros financeiros como também os impactos gerados ambientalmente. A eficiência energética pode ser obtida, desde a troca de uma lâmpada em uma residência como também a sistemas maiores como motores industriais. E empresas têm investido em medidas para alcançar um valor ótimo de eficiência. Portanto, conclui-se, através da análise levantada, que a substituição de sete motores elétricos se torna viável, pois estes alcançam cerca de 6,64% em economia de energia elétrica, que se traduzem em aproximadamente 128 mil reais em retorno financeiro gerado pela redução do consumo de energia. Percebeu-se a importância da definição de limites para a utilização de um motor elétrico, isto é, obter um número máximo que o mesmo pode sofrer recondicionamento para assim conseguir identificar o melhor momento para a sua substituição. A fábrica em questão apresenta centenas de motores e havendo a expansão do estudo pode-se obter milhões em economia de energia anualmente, assim tornando o projeto vantajoso e ambientalmente aceitável.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus pela vida e por ter nos sustentado até aqui. Devemos nossos agradecimentos também a empresa em estudo, por permitir tal análise como também as pessoas que se prontificaram a coleta de dados necessários, por fim agradecemos aos professores envolvidos por se disponibilizarem e por todo conhecimento transferido.

## REFERÊNCIAS

- ABESCO. (2015) - Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia. O que é eficiência energética (EE). Disponível em: <http://www.abesco.com.br/o-que-e-eficiencia-energetica-ee>. São Paulo. Acesso em 30 março 2018.
- Bonelli, A., Aoki, A., Teixeira, M., Langner, A., Souza, W., Filipini, F., & Nehls, R. (2012). Panorama do Impacto da Qualidade da Energia Elétrica Aplicada aos Motores das Indústrias do Estado do Paraná. *IV Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE 2012)*. Goiânia, Brasil.
- Calili, R. F. (2018). Avaliação das perdas energéticas e caracterização do mercado de revenda e de manutenção de motores elétricos reconicionados no Brasil (*Doctoral dissertation*, PUC-Rio).
- Filho, Soto. (2006). Manutenção Elétrica Industrial. *Apostila*. São Paulo.
- Filho, Guilherme Filippo. (2000). Motor de indução. *Editores: Érica*, São Paulo.
- Interministerial, Portaria. (2017). Edição 167, Seção 1. Página 50. *Diário Oficial da União, Brasília*.
- Silva Filho, D. D. (2003). Dimensionamento de usinas hidroelétricas através de técnicas de otimização evolutiva (*Doctoral dissertation*, Universidade de São Paulo).
- Mamede, J. (2010). Instalações elétricas industriais. *Editores LTC, Rio de Janeiro*.
- Moraes, C. C. e Castrucci, P. L. (2007), Engenharia de Automação Industrial, livro. Editora LTC, São Paulo.
- Umans, S. D. (2014). Máquinas Elétricas de Fitzgerald e Kingsley-7. *AMGH Editora*.
- Weg, Elétricos Motores. (2016). Motores Elétricos. *Apostila. Santa Catarina*.
- Weg See+ (2020). Software Weg Analise Eficiência Energetica. Disponível em: <https://www.weg.net/see+/pages/regua.jsp>. Santa Catarina, Acessado: Jun, 2020