



SATIRO RAFAEL SANTANA ALVES

**IMPORTÂNCIA DOS MOTORES ELÉTRICOS NAS  
INDÚSTRIAS**

---

Contagem  
2021

SATIRO RAFAEL SANTANA ALVES

**IMPORTÂNCIA DOS MOTORES ELÉTRICOS NAS  
INDÚSTRIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Pitágoras, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Elétrica.

Orientador: Vanessa Dias

SATIRO RAFAEL SANTANA ALVES

## **IMPORTÂNCIA DOS MOTORES ELÉTRICOS NAS INDÚSTRIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Pitágoras, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Elétrica.

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

---

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

---

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Contagem, Dezembro de 2021.

ALVES, Sático Rafael Santana. **Importância dos motores elétricos nas indústrias.** 2021. 31páginas. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Elétrica – Faculdade Pitágoras, Contagem, 2021.

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo abordar sobre a importância dos motores elétricos nas indústrias. Os equipamentos e maquinários ocupam lugar de destaque nas indústrias que necessitam dos mesmos para garantir produtividade, e qualidade dos serviços prestados. A mecanização e o investimento em recursos tecnológicos tornam as indústrias competitivas, elevando a capacidade em atender a demanda do mercado consumidor. Além da utilização de máquinas, equipamentos e recursos tecnológicos, a escolha pelo melhor tipo de motor elétrico é essencial para o atendimento eficiente da demanda de acordo com o tipo de atividade exercida pela indústria. É necessária a adoção de um cronograma de manutenção, onde a ausência do mesmo pode acarretar avarias, falhas mecânicas, queda da produtividade e a redução da vida útil dos motores. É de extrema relevância o estudo sobre a importância dos motores elétricos nas indústrias, pois através da escolha ideal do tipo de motor, a avaliação do rendimento do mesmo, e a realização de manutenções, possibilitam o aumento da vida útil do conjunto motor- maquinário, pois o motor é fundamental para o funcionamento dos equipamentos, além de garantir a produtividade e a qualidade dos serviços prestados.

**Palavras-chave:** Importância; Motores; Elétricos.

ALVES, Sático Rafael Santana. **Importance of electric motors in industries.** 2021. 31pages. Electrical Engineering Course Final Paper – Faculdade Pitágoras, Contagem, 2021.

### **ABSTRACT**

This work aims to address the importance of electric motors in industries. Equipment and machinery occupy a prominent place in industries that need them to ensure productivity and quality of services provided. Mechanization and investment in technological resources make industries competitive, increasing their capacity to meet the demand of the consumer market. In addition to using machines, equipment and technological resources, choosing the best type of electric motor is essential for efficiently meeting demand according to the type of activity performed by the industry. It is necessary to adopt a maintenance schedule, where its absence can lead to breakdowns, mechanical failures, drop in productivity and a reduction in the useful life of the engines. It is extremely important to study the importance of electric motors in industries, because through the ideal choice of the type of motor, the evaluation of its performance, and the performance of maintenance, it allows the increase of the useful life of the motor-machinery set, as the engine is fundamental for the operation of the equipment, in addition to guaranteeing the productivity and quality of the services provided.

**Key-words:** Importance; Engines; Electric

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Evolução do motor trifásico AEG (Relação peso/potência).....	15
<b>Figura 2</b> – Primeiro motor gaiola de esquilo.....	17

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. HISTÓRICO DO MOTOR ELÉTRICO.....	14
3. TIPOS DE MOTORES.....	19
4. IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO NOS MOTORES.....	25
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
REFERÊNCIAS.....	31

## 1 INTRODUÇÃO

Mediante o mercado de trabalho competitivo, as empresas devem estar munidas de estratégias que as tornem capazes de aumentar a produtividade e qualidade de seus serviços prestados. Uma forma de acompanhar o desenvolvimento empresarial é o investimento nas manutenções elétricas dos motores, bem como no aumento do rendimento dos mesmos.

As manutenções elétricas nos equipamentos das empresas devem ser realizadas constantemente, possibilitando a intervenção por medidas necessárias para que o andamento das atividades não seja interrompido por falhas diversas nos equipamentos. Para um melhor planejamento, as manutenções devem ser realizadas de acordo com o tipo do motor, e do rendimento do mesmo.

Sendo assim, as manutenções nos motores elétricos, e avaliação dos motores devem ser realizadas constantemente de forma a aumentar a vida útil dos mesmos, conseqüentemente aumentando o desempenho dos equipamentos como um todo, além de garantir qualidade dos serviços prestados, sem a interrupção da produtividade.

Tendo em vista que as indústrias necessitam do bom funcionamento de seus maquinários, qual a importância dos motores elétricos, bem como a sua eficiência para as indústrias?

O presente trabalho tem como objetivo abordar sobre a importância dos motores elétricos nas indústrias, bem como a manutenção dos mesmos. E para isso, teve como objetivos específicos apresentar o histórico do motor elétrico; apresentar os tipos de motores elétricos mais utilizados nas indústrias, bem como sua eficiência; e elucidar a importância das manutenções nos motores elétricos para o aumento de sua vida útil.

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma Revisão de Literatura, no qual foi realizada consulta a livros, dissertações e em artigos científicos selecionados através de busca em base de dados *Ecycle*. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos vinte anos. As palavras-chaves utilizadas na busca foram: Importância; Motores; Elétricos.

## 2 HISTÓRICO DO MOTOR ELÉTRICO

De acordo com Fitzgerald (2006), o cientista William Gilbert realizou estudos sobre a atração magnética, em 1600, sendo a primeira máquina construída em 1663. Em 1774 a máquina até então criada, passou por diferentes transformações sendo aperfeiçoada para obtenção de maior desempenho. Em 1799, o italiano Alessandro Volta em seus experimentos, descobriu uma fonte de energia a qual denominou “coluna de Volta” responsável pela corrente elétrica nas máquinas.

Em 1832 a primeira máquina com funcionamento de corrente alternada, com movimento vaivém, foi criada pelo italiano S. Dal Negro. Em 1838 o alemão Moritz Hermann realizou desenvolvimento do motor elétrico, utilizando-o no funcionamento de uma lancha, convertendo a energia elétrica em energia mecânica. No entanto, o motor utilizava baterias, se tornando um motor de preço elevado (CARVALHO, 2011).

Após a utilização do motor elétrico desenvolvido pelo cientista italiano S. Dal Negro notou-se a necessidade de desenvolvimento de motores com preço de custo mais baixo, sendo as baterias utilizadas no modelo, muito caras, e de difícil aquisição, sendo então, estudados modelos de motores de baixo custo ao modelo desenvolvido (BERNARDES *et al.*, 2015).

Em 1833 o inglês W. Ritchie foi responsável pela criação de um pequeno motor elétrico, em que o núcleo constituído por ferro enrolado, circulava ao redor de um ímã. Para que a rotação do pequeno motor fosse completa, havia a necessidade de ser alterada a cada meia hora a polaridade do eletroímã, o qual era utilizado um comutador para tal finalidade (SENS, 2001).

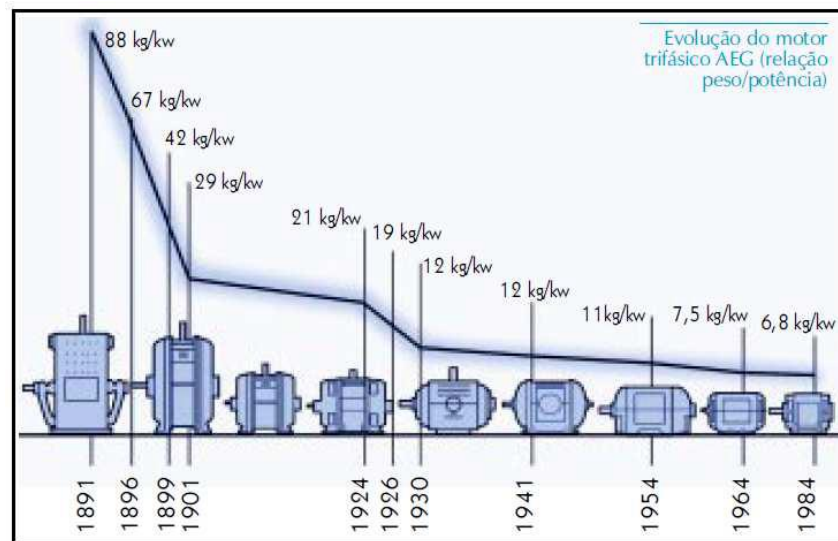
Em 1856, Werner Siemens em seus experimentos, criou um gerador de corrente magnética, sendo utilizado em indústrias e equipamentos domésticos, em que eram utilizados ímãs, no entanto, possuíam ação restrita. Posteriormente, Siemens descobriu que a tensão necessária para obter ação esperada, poderia ser retirada do próprio enrolamento do rotor (WOLFF, 2004).

Segundo Bernardes *et al.* (2015), em meados de 1866, a criação da máquina elétrica, permitiu conseqüentemente a criação do primeiro gerador de corrente contínua pelo alemão Werner Siemens. Cientistas estudaram durante séculos, o que teve como produto final o motor elétrico, o qual foi baseado em um conjunto de pesquisas realizadas por diversos cientistas de toda a parte do mundo.

Os motores possuíam peso considerável, o qual muitas vezes dificultava seu transporte, e retirada para manutenção. Com o avanço tecnológico, foram criados motores mais leves, sem que sua qualidade fosse reduzida. Diversos projetos foram realizados no intuito de produzir motores que atendessem a diferentes finalidades, de forma a apresentar soluções para a necessidade de potências ativas maiores, e perdas sonoras, térmicas menores, sendo mais eficientes (WOLFF, 2004).

De acordo com Alfredo (2015), os motores têm sofrido redução em seu peso, cerca de 20% para cada década, desde sua criação. Apesar de os motores sofrerem redução em seu tamanho, tem-se conseguido potência ativa maiores, e perdas menores no que diz aos fatores sonoros, ôhmicos e térmicos, possibilitando com que as máquinas aumentem sua eficiência ao longo do desenvolvimento da história dos motores.

**Figura 1:** Evolução do motor trifásico AEG (Relação peso/potência).



**Fonte:** Sens (2001).

A Figura 1 ilustra a relação do peso com a potência do motor de acordo com a cronologia do mesmo. No ano de registro do motor trifásico, em 1891, pode-se observar que o peso do motor em função da potência, é maior se comparado à relação do peso/ potência no ano de 1984, sendo a relação peso/ potência de 1891 de 88 kg/kW, e no ano de 1984 de 6,8 kg/kW (SENS, 2001).

A concorrência entre os fabricantes de motores fez com que os fabricantes do motor elétrico se preocupassem em fornecer motores com diferencial para o mercado. Os motores passaram a ter maior qualidade, e menores custos. A redução

do tamanho dos motores teve como desvantagem a despadronização, tanto com o mesmo fabricante, como com fabricantes diferentes (CARVALHO, 2011).

Com diferentes tamanhos de motores, surgiu-se a necessidade de padronização de itens fundamentais do motor. Na Alemanha, em 1923, surgiram-se as normas para regulamentação na fabricação dos motores, sendo a norma DIN VDE-26560, responsável pela a regulamentação dos valores de rendimento, potência, conjugado de partida e corrente de partida (FITZGERALD, 2006).

Em 1950 foram criadas normas para padronização das máquinas elétricas girantes, sendo cada país responsável por estabelecer a potência e dimensões, devendo ser estabelecidas unidades como metro e polegada. A norma IEC-72 foi publicada em 1956, sendo a mesma utilizada desde então, pelos países adeptos (BERNARDES *et al.*, 2015).

No Brasil, a Norma Regulamentadora NBR 5432/1983 utiliza o regulamento da norma IEC – 72, e acrescenta exigências para motores de potência igual ou abaixo de 150 kW, cujas potências devem ser seguidas com unidades em cavalo – vapor (cv). No caso em que as potências encontram-se acima de 150 kW, as mesmas devem ser expressas em kW e cv, sendo duas séries não equivalentes (SENS, 2001).

Para maior aproveitamento, e padronização dos motores sugere-se maior tempo de utilização das normas, devendo as mesmas ter validade de acordo com que o tempo de vida útil dos materiais empregados, possam ser aproveitados da melhor forma, sem haver a necessidade de perdas em investimentos na fabricação de motores (WOLFF, 2004).

No decorrer do histórico da criação do motor elétrico, o mesmo passou por diversas transformações com o intuito de acompanhar o avanço tecnológico, fornecendo qualidade dos serviços, e desempenho das atividades. Apesar de passar por diversas transformações ao longo dos anos, projetos de motores elétricos são constantemente analisados em busca de melhorias, fazendo com que o mesmo não se estabilize, possuindo uma variedade de modelos conforme necessidade (FITZGERALD, 2006).

De acordo com Wolff (2004), as máquinas que antecederam o ano de 1879 podiam ter seu funcionamento como motor, devendo ser aplicada corrente contínua em seus bornes. Em 1879 foi criada a locomotiva elétrica pela empresa Siemens &

Halke, no entanto não apresentou desenvolvimento satisfatório sendo necessário o desenvolvimento e utilização de um motor com menor custo, do que o utilizado.

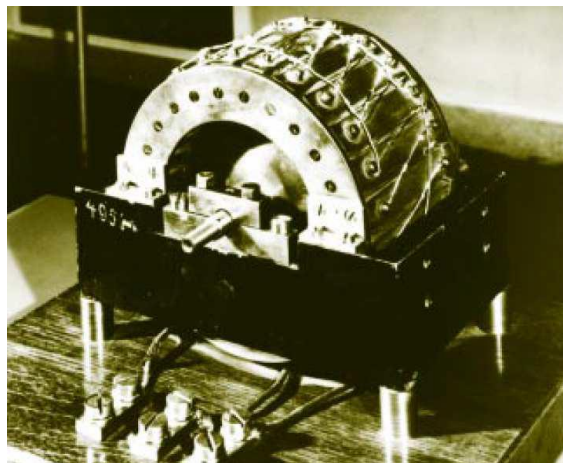
Em meados de 1887, o iugoslavo Nicola Tesla desenvolveu um protótipo de motor, bifásico, com rotor ativo de curto circuito. Em 1889, em Berlim, o engenheiro eletricitista Michael Dolivo realizou solicitação de patente do motor trifásico com rotor de gaiola. O motor trifásico com rotor de gaiola demandava baixa manutenção, se comparado aos demais, além de ser silencioso (FITZGERALD, 2006).

O motor criado pelo eletricitista Michael Dolivo não obteve rendimento satisfatório, no entanto, a empresa norte americana Westinghouse comprou a patente do motor por cerca de um milhão de dólares. Dolivo passou a fabricar motores assíncronos, com potências de 0,4 a 0,5 KW, sendo estes utilizados no decorrer dos anos (WOLFF, 2004).

Os motores utilizam a ideia dos motores criados pelo eletricitista Michael Dolivo, sendo os modelos atualizados no decorrer dos anos, de acordo com a necessidade e demanda. As máquinas elétricas passaram a ter ser peso reduzido, e a potência aumentada para obtenção de maior desempenho, sendo utilizados isolantes elétricos para tal (FITZGERALD, 2006).

De acordo com Sens (2001), foi o inventor Mikhail Dolivo responsável pelo desenvolvimento do primeiro motor gaiola de esquilo. O motor gaiola de esquilo possui indução trifásica, rotor de curto circuito. Dolivo nesse tipo de motor posicionou as barras de condutor em volta das chapas do rotor, e com anéis metálicos nas bordas.

**Figura 2:** Primeiro motor gaiola de esquilo.



**Fonte:** Sens (2001).

A Figura 2 ilustra o primeiro motor gaiola de esquilo criado pelo electricista Michael Dolivo, sendo utilizado materiais e anéis metálicos nas extremidades, além das chapas do rotor (SENS, 2001).

Até meados dos anos 1900, nos Estados Unidos eram utilizados na fabricação dos motores, materiais que permitiam melhorias do mesmo. Eram utilizados fios com seda natural e artificial, vernizes de impregnação que garantiam maior capacidade térmica, além de favorecer menor tamanho, possibilitando peças menores (CARVALHO, 2011).

No decorrer dos quase três séculos de estudo dos motores elétricos, ainda nota-se a necessidade de desenvolvimento, no emprego de tecnologias que possam atender a demanda de equipamentos e máquinas utilizados nas indústrias, comércios e residências. Ainda assim é possível notar um desenvolvimento desde a criação do motor elétrico (BERNARDES *et al.*, 2015).

De acordo com Sens (2001), os motores elétricos possuem lugar de destaque nas indústrias sendo responsáveis pelo acionamento das máquinas, transformando a energia elétrica em energia mecânica. O motor elétrico pode adquirir diferentes modelos, tamanhos e finalidades tendo diferentes rendimentos. A manutenção desses motores nas indústrias deve estar presente de forma contínua.

### 3 TIPOS DE MOTORES

De acordo com Campos (2001), os motores elétricos podem ser de acionamento por corrente contínua (CC), ou corrente alternada (CA). Os motores de corrente alternada possuem menos complexidade do que os de corrente contínua, podendo ser utilizados por períodos de tempo maior, sem a necessidade de intervenções para manutenção. Apesar de possuírem características operacionais similares, os motores de corrente alternada estão menos propensos a falhas.

Os motores de corrente alternada são ótima alternativa quando há uma demanda operacional com velocidade constante. Podem ser trifásico ou monofásico, ambos apresentando eficiência no torque e na rotação do rotor. Dentre os motores de corrente alternada encontram-se os motores de indução ou assíncronos, e os motores síncronos (ALFREDO, 2015).

O motor síncrono converte energia elétrica em energia mecânica em forma de rotação. Os motores síncronos podem ser utilizados para gerarem potência de forma controlável, e na correção de fator de potências produzidas por motores de indução. O motor síncrono diferencia-se pelo motor de indução pela alimentação do rotor, sendo o motor de indução alimentado por indução magnética (SENS, 2001).

De acordo com Wolff (2004), dentre os motores assíncronos ou de indução estão os motores monofásicos, o motor de campo distorcido, o motor de fase dividida, o motor de capacidade de partida, o motor de capacidade permanente, e o motor universal. Além dos motores assíncronos, há os motores lineares, de indução trifásico, e de alto rendimento, em que cada tipo desempenha um rendimento, o qual deve ser avaliado conforme necessidade de desempenho.

#### 3.1 MOTOR SÍNCRONO

O motor síncrono é considerado uma máquina elétrica rotativa atuando com as mesmas características de um motor síncrono, sendo capaz de converter energia elétrica em energia mecânica, e energia mecânica em energia elétrica, considerado respectivamente de acordo com o tipo de conversão como motor síncrono, e gerador síncrono (ALFREDO, 2015).

Os motores síncronos são fabricados com a finalidade de produzir a velocidade necessária para que o movimento de rotação, e deve estar

constantemente sintonizado com sua frequência de alimentação. O sistema utilizado bem como o posicionamento de seus componentes permite que o motor atue como correção no fator de potência produzida por outros motores (SIQUEIRA, 2005).

O motor síncrono possui o estator juntamente com a bobina, cujos mesmos são alimentados por corrente alternada. Já o rotor do motor síncrono possui bobinas e anéis que interligam entre si, sendo alimentados por corrente contínua. Os capacitores *shunt* são utilizados para elevar o fator de potência para a correção (ALFREDO, 2015).

A energia elétrica percorre no enrolamento de campo e de armadura, realizando uma força de torque, formando assim a velocidade síncrona. A velocidade síncrona de funcionamento é fundamental, pois ao sofrer alterações na velocidade, o torque médio é nulo, devendo o rotor e o campo de fluxo trabalharem na velocidade em que há o sincronismo (CARVALHO, 2011).

O motor síncrono possui a vantagem de permitir um maior controle do fator de potência, sendo a potência mecânica distribuída no eixo, facilitando a correção. No entanto, o motor síncrono possui alto custo, fator que leva a sua venda ser realizada por encomenda. A economia obtida a partir de elevadas potências e baixas velocidade. Em contra partida, necessita de mais manutenção do que os demais tipos de motores (SIQUEIRA, 2005).

Por sua vez os motores síncronos podem ser de relutância, de histerese, e subsíncrono. No motor síncrono de relutância o rotor sofre alterações gerando polos salientes no rotor. O motor de histerese é fabricado com aço de alta retentividade, possuindo autopartida, alta resistência, e elevado torque de partida, no entanto, apresentam baixo torque de funcionamento (SENS, 2001).

### 3.2 MOTORES ASSÍNCRONOS OU DE INDUÇÃO

De acordo com Campos (2001), os motores assíncronos trabalham com o giro próximo ao sincronismo, e podem ser monofásico ou trifásico. Os motores monofásicos trabalham utilizando a alimentação monofásica através de dispositivos apropriados que permitem seu funcionamento, como os capacitores, as abraçadeiras, as bobinas e as chaves centrífugas.

No motor monofásico assíncrono é possível encontrar o rotor em gaiola de esquilo, que representa o componente móvel responsável por abrigar as bobinas,

eixo, conjunto interruptor, o capacitor de partida, e os rolamentos. O giro do rotor dos motores monofásicos permanece seu sentido de giro, através do conjugado, o qual utiliza a inércia que induz o campo magnético rotacional (BERNARDES *et al.*, 2015).

O motor de campo distorcido ou polo sombreado é um motor assíncrono que possui o rotor semelhante ao gaiola de esquilo, além do estator tipo universal. O motor de campo distorcido é conhecido como motor de anel, ou motor de espira em curto – circuito, onde ocorre um campo girante responsável pela ação nominal no motor (SENS, 2001).

Os motores de polo sombreado possuem baixo rendimento equivalendo a cerca de 35%, e baixo fator de potência equivalendo a 0,45. Esses tipos de motores são fabricados para atenderem a necessidade de baixa potência, apresentando baixo custo de venda, sendo empregados no funcionamento de ventiladores, umidificador de ambiente, e secador de cabelo, por exemplo, além de serem utilizados nas indústrias (SIQUEIRA, 2005).

O motor de campo distorcido ou sombreado possui o processo de partida simples, sem a utilização de chaves, além da economia se comparado aos demais tipos de motores, cujo rotor é do tipo gaiola de esquilo, e suas ligações disponibilizadas no estator, sendo um modelo de motor de confiança quanto ao desempenho (CARVALHO, 2011).

O motor de fase auxiliar é utilizado com ampla aplicação. O motor de fase auxiliar possui princípio de funcionamento igual aos motores trifásicos de indução, sendo normalmente utilizados em indução de fase única ou de duas fases em que o enrolamento auxiliar é desligado por um interruptor centrífugo. O interruptor centrífugo atua mediante a força centrífuga nos motores, sendo utilizado em motores elétricos, e motores movidos à gasolina (ALFREDO, 2015).

Dentre os motores de indução monofásicos encontram-se o motor de fase dividida, o motor com capacitor de partida, o motor com capacitor permanente, e o motor com dois capacitores. O capacitor utilizado nesses motores contribui para a melhor utilização do conjugado de partida do motor, em que esse mesmo conjugado pode apresentar-se relativamente baixo, sendo utilizada uma bobina de partida que dispensa a chave centrífuga (ALFREDO, 2015).

No motor de fase dividida o enrolamento auxiliar é capaz de realizar a rotação inicial e a aceleração, sendo um rolamento para partida. O enrolamento auxiliar se

desconecta da rede por meio de uma chave ou disjuntor centrífugo, podendo também ser utilizados relé de corrente, chave eletrônica, chave manual, e demais dispositivos auxiliares (SENS, 2001).

Os motores de fase dividida atendem a potência de 1/3 cv, sendo utilizados no funcionamento de compressores, bombas centrífugas, ventiladores, e exaustores. Esse tipo de motor possui enrolamento auxiliar que é utilizado apenas para partida, devendo o mesmo ser desligado, evitando que tenha seus componentes queimados (WOLFF, 2004).

O motor com capacitor de partida se diferencia do motor de fase dividida pelo fato de possuir um capacitor em série juntamente com o enrolamento auxiliar de partida. O motor com capacitor de partida possui desligamento quando o motor atinge a velocidade de 80%, cujo conjugado de partida está entre 200% e 350% de seu conjugado nominal (CARVALHO, 2011).

Várias aplicações são atribuídas ao motor com capacidade de partida, podendo ser utilizado na fabricação de ventiladores, compressores, e lavadoras de roupa, por exemplo. A potência desses motores pode variar de ¼ cv a 15 cv. Além disso, o motor pode ser alimentado pelas tensões de 220 Volts e 110 Volts, fator que se deve ao posicionamento das bobinas que podem ser alterados conforme necessidade (CARVALHO, 2011).

No motor de capacitor permanente o circuito auxiliar fica ininterruptamente ligado ao capacitor eletrostático. Esse tipo de motor possui a vantagem de não emitir ruídos em seu funcionamento, possuir alto rendimento, elevado fator de potência, e a baixa necessidade de corrente de partida, podendo seus componentes se dispor em um pequeno espaço, sendo os motores de menor tamanho do que os demais (MARCORIN; CAMELLO, 2003).

O motor de capacitor permanente, por não utilizar contatos e partes móveis, quase não necessita de manutenção, sendo um dos fatores que o torna atrativo no mercado. No entanto, esse tipo de motor possui aplicação limitada em que não é requerido elevado conjugado de partida, e a potência desse motor pode atingir 1/5 cv (SENS, 2001).

O motor com dois capacitores possui custo elevado no mercado, sendo fabricado para atender potências superiores a 2 cv. Como o próprio nome informa, esse tipo de motor possui em seu circuito auxiliar dois capacitores, sendo eles

dispostos em paralelo, de forma que sua fase auxiliar trabalha na partida, e em regime permanente (CARVALHO, 2011).

O motor universal atende a necessidade de funcionamento tanto em corrente contínua, quanto em corrente alternada, sendo alimentado por uma única fonte, podendo ser alimentado por tensão senoidal monofásica. O motor universal possui várias aplicações como, por exemplo, em secador de cabelo, ventilador e demais equipamentos eletrônicos (CARVALHO, 2011).

### 3. 3 MOTOR LINEAR

No motor linear o estator produz uma força linear no decorrer de seu comprimento. Os motores lineares podem ser de baixa aceleração, e de alta aceleração. Os motores lineares de baixa aceleração são utilizados em máquinas para o transporte como os trens utilizados nas indústrias siderúrgicas. Os motores lineares de alta aceleração são utilizados para atender a necessidade de realizar movimentos rápidos, e em curto espaço de tempo (SIQUEIRA, 2005).

Os motores lineares apresentam baixo custo de manutenção, gerando custo benefício a longo prazo, compensando seu elevado custo de aquisição. Possuem excelente torque de partida, apresentando velocidade constante, no entanto, necessitam de componentes para controle de sua velocidade de funcionamento (WOLFF, 2004).

### 3. 4 MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO ROTOR BOBINADO

O motor de indução trifásico rotor bobinado é utilizado quando há a necessidade de controle de velocidade, trabalhando com em corrente alternada trifásica, que possibilita ter o acionamento por uma pequena corrente de partida, sendo empregado com a capacidade de atender a necessidade de potência acima de 5 cv (WOLFF, 2004).

O motor de rotor bobinado possui a desvantagem de ser menos econômico do que os demais tipos de motores, devido seus componentes apresentarem elevado custo, tanto de aquisição, quanto de manutenção. Esse tipo de motor é utilizado para a partida sob elevadas cargas, sendo empregados em equipamentos como os guindastes (BERNARDES *et al.*, 2015).

### 3. 5 MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO GAIOLA DE ESQUILO

No motor gaiola de esquilo a velocidade pode sofrer variações de acordo com a frequência da fonte de alimentação, e da quantidade de polos disponibilizados no motor. O motor gaiola de esquilo funciona com corrente alternada assíncrona, com seu rotor em curto circuito, sendo de indução trifásica (CAMPOS, 2001).

Esse tipo de motor é um dos modelos de motores mais utilizados em máquinas industriais. O modelo de motor gaiola de esquilo possui baixo custo de aquisição e manutenção, elevada corrente de partida, e velocidade constante. Não apresenta ruídos em seu funcionamento, sendo um motor de alto rendimento, possuindo selo do Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial (Inmetro) (BERNARDES *et al.*, 2015).

## 4 IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO NOS MOTORES

Segundo Siqueira (2005), a realização de manutenções nos motores elétricos nas indústrias tem por finalidade manter, assegurar e preservar o funcionamento de todo o sistema das máquinas. A manutenção afasta falhas que podem ocasionar prejuízos na produtividade, além de colocar em risco a integridade do sistema operacional.

As falhas nos motores elétricos impedem seu funcionamento, e conseqüentemente a produtividade é afetada. O tempo em que as máquinas ficam paradas devido à ocorrência de falhas, implica em gastos com manutenções corretivas, além de perda de produtividade, e conseqüentemente em tempo sem faturamento. As manutenções elétricas nos motores visam alterações na resistência, condutividade e potencial dielétrico (MARCORIN; CAMELLO, 2003).

As manutenções a serem realizadas nos motores devem possuir caráter preventivo, preditivo e corretivo, de forma constante, para que o desempenho das máquinas não seja afetado. As manutenções preditivas devem ser realizadas de forma a prever possíveis necessidades de intervenções sem que a funcionalidade dos motores não seja interrompida, evitando assim gastos desnecessários (CAMPOS, 2001).

Os motores de corrente alternada geralmente necessitam de manutenções menos frequentes do que os motores de corrente contínua. Os motores de corrente alternada estão menos propensos a defeitos. Já os motores de corrente contínua apresentam falhas em seus comutadores, necessitando de manutenções indispensáveis para o aumento de sua vida útil (ALFREDO, 2015).

Alguns motores como, por exemplo, o motor de indução trifásico de rotor gaiola de esquilo requerem poucos cuidados de manutenção, evitando assim, gastos extras com a reposição de peças, podendo até mesmo ter tempo de vida útil maior do que os demais tipos de motores, pela durabilidade de seus componentes (SIQUEIRA, 2005).

As indústrias, independente do setor que atuam, se preocupam em reduzir gastos com a compra de novos componentes para o funcionamento de seus maquinários, e para isto deve investir na manutenção dos mesmos. “Mudar a necessidade de mudança” é o objetivo quando se investe em manutenção, evitando assim, infortúnio maior (SENS, 2001).

As manutenções preditiva, corretiva e preventiva asseguram a integridade física do sistema de funcionamento dos motores, podendo as manutenções ser realizadas por um número menor de profissionais envolvidos. O termo manutenção geralmente faz a alusão de um número grande de profissionais para realizarem os devidos reparos, podendo, no entanto, ser realizada até mesmo por um único profissional, de acordo com a demanda (SENS, 2001).

O gerenciamento do funcionamento das máquinas e equipamentos devem incluir as atividades que dizem respeito à manutenção. Se os motores são fundamentais para o funcionamento dos equipamentos, logo, as condições físicas em que se encontram devem estar de acordo, e em perfeito estado, sem avarias que possam interferir em seu funcionamento (WOLFF, 2004).

As indústrias têm a manutenção como uma função estratégica em que deve haver o planejamento, com técnicas inovadoras, conscientizando os profissionais envolvidos sobre a importância e a responsabilidade das manutenções. As manutenções devem prever possíveis falhas e, em caso de as mesmas surgirem, devem ser tomadas medidas corretivas (CARVALHO, 2011).

A falha do motor de um equipamento pode interromper as atividades por tempo indeterminado, até que os devidos reparos sejam realizados, podendo comprometer a segurança, e interromper as atividades laborais. O mal funcionamento do motor, apresentando falhas, pode fazer com que os equipamentos realize pausas inesperadas, podendo ocasionar acidentes, além da queda da produtividade (ALFREDO, 2015).

Uma vez sem funcionamento, um equipamento utilizado em indústrias de petróleo, por exemplo, podem deixar de faturar milhares de dólares diários. A realização dos cuidados necessários para garantir que a linha de produção não tenha a qualidade alterada, nem interrompida, a redução de manutenções corretivas se faz atrativa (ALFREDO, 2015).

Na manutenção preventiva, ou seja, aquela que tem como finalidade evitar, prevenir possíveis falhas no sistema de funcionamento dos motores, deve haver planejamento o qual deve contemplar medidas preventivas que assegurem a integridade dos motores, evitando possíveis reparos. O profissional envolvido na manutenção deve ser capaz de tomar medidas cabíveis, e para isso, o mesmo deve possuir conhecimento do funcionamento do sistema, bem como as possíveis falhas (SENS, 2001).

A manutenção preventiva sendo bem realizada, seguindo cronograma de atividades de inspeção reduz a ocorrência de falhas, reduzindo o tempo ocioso dos equipamentos para uma manutenção corretiva, permitindo que as atividades possam ser realizadas por mais tempo, sendo o tempo utilizado na manutenção preventiva, em muitos casos, menor do que o tempo empregado na manutenção corretiva (MARCORIN; CAMELLO, 2003).

As manutenções preditivas devem utilizar dados de caráter técnico para minimizar a ocorrência de falhas em que demande maior complexidade de correção. As intervenções necessárias para o funcionamento adequado dos motores devem ser realizadas em tempo hábil, evitando prejuízos maiores, como queima dos componentes do motor (CAMPOS, 2001).

Nas indústrias, a manutenção preditiva representa economia de milhares, e em alguns casos, milhões de dólares. Quando um motor chega ao fim de sua vida útil, quando queimado, ou apresenta outras falhas que podem comprometer seu funcionamento, prejudicam não só sua integridade, mas como também a integridade do equipamento a qual está interligado, gerando prejuízos maiores (BERNARDES *et al.*, 2015).

As manutenções devem ser gerenciadas levando em consideração todo o sistema operacional do maquinário, e de seu sistema de planta industrial. Conhecer as funções de cada componente do motor, e quais possíveis falhas executivas podem causar, é possível aplicar os devidos cuidados para evitar a redução da vida útil dos componentes (SENS, 2001).

Quando um componente do motor se encontra em perfeito estado de manutenção, é possível utilizá-lo ao máximo, podendo até mesmo ser empregado em outros equipamentos. A manutenção permite que o motor se aproxime do tempo de vida útil oferecido pelo fabricante, e em alguns casos, podendo até mesmo ultrapassar esse tempo, sem interferir na qualidade de funcionamento (FITZGERALD, 2006).

As manutenções preditivas demandam maior conhecimento técnico por parte do profissional envolvido, responsável pela realização das intervenções. A manutenção preditiva por envolver os outros tipos de manutenção, e pela necessidade de realizar medidas corretivas, além de ser capaz de prever possíveis falhas, exigem profissionais capacitados e motivados para que a qualidade dos serviços prestados possa surtir efeito desejado (CARVALHO, 2011).

Os instrumentos realizados nas manutenções devem estar devidamente calibrados, em perfeito estado de conservação, evitando também possíveis inviabilidades de uma correta manutenção. Quando há a necessidade de trocas de peças, ou simplesmente a abertura de um equipamento para verificação das condições dos motores, os instrumentos utilizados não podem apresentar falhas, evitando danos nas peças (SIQUEIRA, 2005).

As técnicas de medição devem ser determinadas utilizando parâmetros para realizar as devidas intervenções. Entrar com medidas necessárias no tempo certo reduz a possibilidade de ocorrência de falhas, evitando que seja atingido o ponto crítico de determinado componente. Cada tipo de técnica aplicada visa identificar, prevenir e corrigir determinada falha (MARCORIN; CAMELLO, 2003).

Nos motores, o efeito dinâmico deve ser avaliado aplicando medidas técnicas de monitoramento capazes de identificar a anormalidade das vibrações, e ruídos. As vibrações irregulares e a presença de ruídos são indicadores de mal funcionamento dos motores, devendo o profissional avaliar as condições de funcionamento através de instrumentos apropriados (FITZGERALD, 2006).

Toda a parte física, ou seja, a estrutura do equipamento, bem como a integridade do motor deve ser avaliada, de forma a detectar possíveis falhas como fissuras na estrutura, desgastes, e danos nas peças que impeçam o funcionamento correto do equipamento, além de possibilitar a degradação do componente, reduzindo a vida útil (CAMPOS, 2001).

As manutenções devem contemplar a parte elétrica dos motores, verificando a resistência, a condutividade e potencial dielétrico, utilizando instrumentos para a realização das medições, e quando necessária, medidas de intervenção devem ser realizadas evitando uma possível pane elétrica nos equipamentos industriais (ALFREDO, 2015).

A frequência das manutenções sejam elas contínuas ou periódicas devem possuir esquematização das inspeções invasivas e não invasivas do sistema. As técnicas não invasivas permitem que o equipamento seja inspecionado sem a necessidade de seu desligamento, evitando assim, queda na produtividade, não havendo a necessidade de desintegração da estrutura (ALFREDO, 2015).

As falhas no rolamento são comuns em equipamentos industriais, além da quebra de barras do rotor. Esses tipos de falhas levam o equipamento a apresentar alterações nas tensões e corrente elétrica, torque aumentado, redução da potência

útil, queda da eficiência, além do aquecimento do motor. Esses tipos de falhas além de prejudicarem o desempenho do motor, podem reduzir o tempo de vida útil se não tomadas medidas em tempo hábil (SENS, 2001).

As manutenções utilizam técnicas de estimação para valores utilizados como referência para condições ideais de funcionamento. As normas preveem parâmetros obtidos através de um modelo de máquina elétrica, sendo os valores de condições ideais utilizados nos demais maquinários, além dos valores disponibilizados pelo fabricante (BERNARDES *et al.*, 2015).

Cada tipo de falha apresentada deve haver um tipo de intervenção apropriada. A análise de vibrações, por exemplo, é utilizada para identificar possíveis alterações no desalinhamento angular e no desbalanceamento, que impede o funcionamento, e rotação correta de funcionamento, detectando quaisquer avarias nesse sentido (SIQUEIRA, 2005).

A análise através do fluxo axial, e dos métodos de componentes sequenciais visam a identificação de falhas no enrolamento do estator nos motores de indução, evitando curto-circuito. A manutenção deve ser realizada de forma a prevenir que ocorra curto-circuito, e em sua ocorrência, devem ser avaliadas a origem do curto-circuito, e quando necessária, os componentes devem ser substituídos evitando perdas maiores com a queima de todo o equipamento (CARVALHO, 2011).

Independente do tipo de manutenção, seja preventiva, preditiva ou corretiva, deve ser realizada por profissionais qualificados, e a mesma deve ocorrer seguindo cronograma, para que medidas possam ser tomadas em tempo hábil, sem que comprometa o motor elétrico e seu sistema operacional, para que o mesmo não seja inutilizado, evitando assim, prejuízos maiores (SENS, 2001).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As indústrias investem em tecnologias em seus equipamentos e máquinas, sendo o motor de grande relevância para esse funcionamento. A escolha pelo tipo de motor a ser utilizado de forma que o rendimento seja satisfatório, bem como a realização das manutenções se fazem necessárias. O presente trabalho teve tais abordagens alcançadas.

O motor passou por diversas modificações ao longo dos anos, tendo seus componentes aperfeiçoados. Os motores ao longo de seu histórico sofreram mudanças em sua estrutura, de forma a tornar atrativa a sua utilização no mercado consumidor, sendo empregadas normas regulamentadoras para garantirem segurança e eficiência.

Os motores elétricos apresentam diferentes tipos podendo cada tipo atender a uma demanda diferente. O rendimento que determinado tipo de motor apresenta, deve ser observado no emprego em equipamentos capazes de atender a necessidade produtiva das atividades desempenhadas pelas indústrias, sem apresentar falhas.

As manutenções nos motores devem ser realizadas de forma a prevenir, prevendo possíveis falhas de seus componentes, e corrigir as falhas quando ocorrem. As manutenções são essenciais para garantirem a integridade dos motores e seus componentes, evitando falhas, permitindo assim, o aumento de vida útil dos mesmos.

Portanto, os motores elétricos são importantes para o funcionamento dos equipamentos e máquinas utilizadas nas indústrias, que independente do tipo de motor utilizado, desde que o tipo atenda a necessidade, deve passar por manutenções para que não ocorram falhas, aumentando a vida útil, gerando economia em todos os processos.

## REFERÊNCIAS

- ALFREDO, E. **Comandos e máquinas**. 2015. Disponível em: <<http://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-e-acionamentoseletricos-ii/conceitos-de-comandos-eletricos>> Acesso em: 03 de abril de 2021.
- BERNARDES, A. L. *et al.* **Motor elétrico**. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. São Paulo. 2015.
- CAMPOS, J. C. C. **Estratégias de Conservação e Qualidade de Energia Aplicadas na Indústria**. Dissertação Mestrado em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2001.
- CARVALHO, G. **Máquinas Elétricas – Teorias e Ensaio**. 4. ed. São Paulo: Érica, 2011.
- FITZGERALD, A. E., *et. al.* **Máquinas Elétricas**: com introdução à eletrônica de potência. Bookman, 6ª Edição, 2006.
- MARCORIN, W. R.; CAMELLO, C. R. L. **Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos**. Artigo publicado na Revista de Ciência & Tecnologia, v. 11, 2003.
- SENS, M. **Avanços Tecnológicos Nos Motores Elétricos**. 2001. Disponível em: <<http://http://www.weg.net/files/products/WEG-avancos-tecnologicosnos-motores-eletricos-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>> Acesso em: 28 de mar. de 2021.
- SIQUEIRA, I. P. **Manutenção Centrada na Confiabilidade** – Manual de Implantação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.
- WOLFF, J. **O motor elétrico**. Projeto editorial UNERJ. Jaraguá do Sul, 2004.