

ANÁLISE DO IMPACTO ECONÔMICO NO SETOR INDUSTRIAL COM A UTILIZAÇÃO DE MOTORES DE ALTO RENDIMENTO

Marcio Zamboti Fortes¹
Leandro Braz Sousa¹
Bruno Soares Moreira Cesar Borba¹

¹Universidade Federal Fluminense

DOI: 10.47168/rbe.v25i3.461

RESUMO

Este artigo tem o objetivo de realizar uma comparação entre as normas e políticas de eficiência energética de motores de indução trifásicos. Inicialmente apresenta-se um cenário mundial onde é possível comparar as políticas de eficiência energética do Brasil. A metodologia proposta baseia-se na aplicação da norma brasileira NBR 17094-3, Máquinas Elétricas Girantes. As devidas comparações são realizadas entre os limites mínimos de eficiência aceitos pela norma NBR 17094-1 e IEC 60034-30-1. A NBR apresenta níveis de eficiência IR2 e IR3 enquanto a IEC apresenta níveis de IE1 até IE4. Criou-se um cenário para uma análise técnica econômica de um planejamento do setor industrial determinando o consumo de energia de motores de indução durante um período de 10 anos. Este estudo mostra que os países em que são exigidos maiores níveis mínimos de eficiência conseguem ter uma redução da demanda e conseqüentemente um melhor controle da eficiência energética, possivelmente apresentando menores perdas além de aliviar a sobrecarga das usinas geradoras, desta forma acarretando menores custos operacionais.

Palavras-chave: Impacto econômico, Motores de alto rendimento, Planejamento energético, NBR 17094-1, IEC 60034-30-1.

ABSTRACT

This article aims to compare energy efficiency standards and policies for three-phase induction motors. Initially, a world scenario is presented where it is possible to compare Brazil's energy efficiency policies. The proposed methodology is based on the application of the Brazilian standard NBR 17094-3 Rotating Electric Machines. Comparisons are made between the minimum efficiency limits accepted by NBR 17094-1 and IEC 60034-30-1. The NBR presents levels of efficiency IR2 and IR3

while the IEC presents levels from IE1 to IE4. A scenario was created to carry out a technical-economic analysis of an industrial sector planning determining the energy consumption of induction motors for 10 years. This study shows that the countries that demand higher minimum levels of efficiency can have a demand reduction and, consequently, better control of energy efficiency, possibly presenting lower losses in addition to relieving the overload of the generating plants, thus resulting in lower operating costs.

Keywords: Economic Impact, High Efficiency Motors, Energy Planning, NBR 17094-1, IEC 60034-30-1.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem intuito de avaliar a economia de energia com a utilização de motores de alto rendimento, onde o valor mínimo de rendimento da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 17094-1:2018 siga o padrão da IEC 60034-30-1:2014 e, incentivar os órgãos competentes a exigir maiores valores mínimos de eficiência de motores de indução no Brasil. A eficiência energética é frequentemente o meio de menor custo para atender a nova demanda por energia. Além de reduzir o consumo global de energia, também incentiva o desenvolvimento nacional e consequentemente maiores oportunidades de empregos.

A eficiência energética é particularmente importante, tendo em vista que a demanda global por energia teve um aumento significativo nos últimos anos. O consumo mundial total de energia primária aumentou mais de 50 % entre 1973 e 2015. Em 2015, o mundo consumiu 13.647 milhões de toneladas equivalente (Mtoe), das quais carvão, petróleo, hidro e gás natural forneceram 82,3% (IEA, 2017). Estima-se que a demanda global por energia deve crescer outros 28 % até 2040 (EIA-US, 2017).

O Boletim Internacional de Eficiência Energética de 2016 examinou as políticas de eficiência energética e o desempenho de 23 dos principais países consumidores de energia do mundo, onde o Brasil obteve a 22ª colocação a frente apenas da Arábia Saudita, analisando de forma global, esses países representam 75% de toda a energia consumida no planeta (ACEEE, 2016). O consumo de energia elétrica no Brasil mostra que o setor industrial é o maior consumidor de toda a energia elétrica produzida, consumindo 44% da energia elétrica do país. Dentro do setor industrial, os motores são responsáveis por aproximadamente 55% deste consumo (Freitas, 2008).

O motor de indução trifásico standard é o mais utilizado pelas indústrias, pois é robusto, de alta confiabilidade, reage bem a variações de carga e tem baixo custo. Por ser muito utilizado pelas indústrias,

calcula-se que esses motores consomem 25% de toda a energia produzida no Brasil (Bortoni, 2006). Se o rendimento destes motores aumentar em 0,5%, a economia equivalerá à energia produzida por uma usina geradora de 120 MW, ou seja, um investimento em torno de duzentos milhões de dólares por ano (Haddad, 2007).

Estas pesquisas e outros indicadores levam a uma grande parcela de empresários a viabilizar estudos no intuito do combate ao desperdício de energia com a utilização dos motores de alto rendimento. Através de órgãos como: PROCEL com o Programa Nacional ao Combate ao Desperdício de Energia, CEPEL (Centro de Pesquisa de Energia Elétrica), a canadense CIDA (*Canadian International Development Agency*) entre outros (Ramos, 2005).

Os motores que possuem maiores níveis de eficiência vêm ganhando seu espaço nos setores industriais onde seu projeto é desenvolvido de forma que seu rendimento seja superior ao de um motor convencional standard. Com estes novos projetos reduz-se o consumo de energia através da potência de entrada e entrega-se a mesma potência útil na ponta do eixo. Esta melhoria de rendimento é possível devido ao desenvolvimento das características construtivas no início do projeto do motor, gerando menores perdas, sendo elas: nos enrolamentos do estator e rotor, onde essas variam através da temperatura do motor; perdas no núcleo, que corresponde a soma das perdas por histerese e perdas causadas por correntes parasitas no ferro; perdas por atrito e ventilação que são as perdas mecânicas, devidas ao atrito dos mancais e à própria ventilação e, as perdas suplementares que são as perdas adicionais no ferro e em outras partes metálicas introduzidas pela carga e perdas nos condutores do enrolamento do estator e do rotor causadas por correntes parasitas dependentes da pulsação do fluxo desta forma reduzindo a temperatura e aumentando a vida útil do motor (Bortoni, 2006).

Desta forma este trabalho tem como objetivo realizar uma comparação entre duas normas de eficiência energética de motores que determinam diferentes valores mínimos de rendimento a plena carga, a primeira: NBR 17094-1:2018, máquinas elétricas girantes - motores de indução trifásicos, representando o cenário nacional e a segunda representando o cenário internacional onde utilizaremos a IEC 60034-30-1:2014 *Rotating electrical machines -Efficiency classes of line operated AC motor (code IE)*. Desta forma, é possível efetuar uma comparação da eficiência das máquinas com motores de 2 a 8 polos e verificar o afastamento (diferenças) entre os rendimentos encontrados, analisando-se o impacto econômico que a divergência dessas normas representa no setor industrial Brasileiro.

2. METODOLOGIA

A principal característica dos motores de alto rendimento é a melhoria em determinados pontos onde se concentram a maioria das perdas. Sendo eles: o aumento da quantidade de cobre nos enrolamentos do estator, incluindo o projeto otimizado das ranhuras e o superdimensionamento das barras do rotor para diminuir as perdas por efeito Joule; diminuição da intensidade de campo magnético e utilização de chapas magnéticas de melhor qualidade para reduzir as perdas no ferro e a corrente de magnetização; emprego de rolamentos adequados e otimização do projeto dos ventiladores para diminuir as perdas por atrito e ventilação; e, finalmente, regularidade do entreferro, melhoria no material utilizado no isolamento e tratamento térmico das chapas do estator e rotor para reduzir as perdas adicionais. Estas medidas podem acarretar uma redução de até 30% das perdas quando comparado com o motor standard, o que significa uma real economia de energia (ANEELa, 2012). Apresentando algumas vantagens, além da economia no consumo de energia é possível obter um maior fator de potência, temperaturas de operação mais baixas devido a redução das perdas, vida útil maior devido ao menor stress térmico, rendimento maior e mais constante mesmo com cargas abaixo da nominal, entre outros (Bortoni, 2006).

Cerca de dois milhões e quinhentos mil motores de indução trifásicos foram vendidos no mercado brasileiro no ano de 1992 a 2012. Onde é relatado a distribuição percentual da venda destes motores por faixa de potência. Sendo que quase 90% dos motores vendidos estão na faixa de potência entre 0 e 10 CV, onde 33% possuem potência no máximo de até 1CV e 56% com potências de 1,5 a 10 CV, seguindo pelos motores com potências de 12,5 até 40 CV com 8%, motores de 50 até 100 CV com 2% e por fins motores com potência de 125 até 300 CV contribuindo com 1% da venda total do mercado (Centrais Elétricas Brasileiras S.A, 2016). A Figura 1 detalha a quantidade de motores vendidos por faixa de potência.

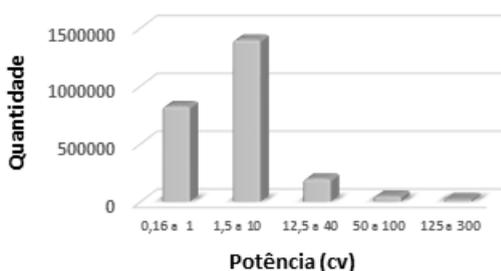


Figura 1 - Venda de motores no Brasil

Diante deste cenário comercial a norma NBR17094-1:2018 torna-se de suma importância, onde a partir da revisão do ano 2000 foram incluídos os valores de rendimentos mínimos para motores de indução trifásicos. Na versão de 2013 a norma expande o universo de motores elétricos normalizados. Nesta revisão de 2013 foram excluídos os motores elétricos da linha padrão, em coerência com a portaria interministerial nº 553 de 2005, e incluídos rendimentos mínimos para a linha da classe IR3 ou premium, pela primeira vez no texto da referida norma (Centrais Elétricas Brasileiras S.A, 2016).

Em 2018 a ABNT apresentou uma nova versão, onde foram incluídos pela primeira vez valores mínimos de rendimento para motores de indução trifásicos com potências menores que 1 CV. As potências desses motores não tinham valores de rendimento normalizados nem método de ensaio estabelecido, cabendo ao fabricante marcar o rendimento na placa de identificação e indicar o método de ensaio. Na Tabela 1, apresentam-se os rendimentos mínimos exigidos para a classe IR3 no Brasil a partir de março de 2018 (ANBT, 2018).

Tabela 1 - Menores valores de rendimento nominal a plena carga, para motores da classe IR3 ou rendimento “Premium”

Potência nominal		Número de polos			
		2	4	6	8
kW	CV	Rendimento nominal			
0,12	0,16	62	66	64	59,5
0,18	0,25	65,6	69,5	67,5	64
0,25	0,33	69,5	73,4	69	68
0,37	0,5	73,4	78,2	75,3	72
0,55	0,75	76,8	79	79,5	74
0,75	1	80,5	83,5	82,5	75,5
1,1	1,5	84	86,5	87,5	78,5
1,5	2	85,5	86,5	88,5	84
2,2	3	86,5	89,5	89,5	85,5
3,7	5	88,5	89,5	89,5	86,5
5,5	7,5	89,5	91,7	91	86,5
7,5	10	90,2	91,7	91	89,5
11	15	91	92,4	91,7	89,5
15	20	91	93	91,7	90,2
18,5	25	91,7	93,6	93	90,2
22	30	91,7	93,6	93	91,7
30	40	92,4	94,1	94,1	91,7

Tabela 1 - Continuação.

Potência nominal		Número de polos			
		2	4	6	8
kW	CV	Rendimento nominal			
37	50	93	94,5	94,1	92,4
45	60	93,6	95	94,5	92,4
55	75	93,6	95,4	94,5	93,6
75	100	94,1	95,4	95	93,6
90	125	95	95,4	95	94,1
110	150	95	95,8	95,8	94,1
150	200	95,4	96,2	95,8	94,5
185	250	95,8	96,2	95,8	95
220	300	95,8	96,2	95,8	95
260	350	95,8	96,2	95,8	95
300	400	95,8	96,2	95,8	95
330	450	95,8	96,2	95,8	95
370	500	95,8	96,2	95,8	95

Em 2008, a Comissão Internacional de Eletrotécnica - (IEC) criou uma norma internacional (IEC 60034-30) para eficiência de motores, apresentando classes mínimas de eficiência de IE1 na qual tem-se menores índices de eficiência, até a IE4 que apresentam maiores valores de rendimentos mínimos que devem ser seguidos na fabricação de motores de indução trifásicos. A norma IEC 60034-30: 2008 foi substituída pela IEC 60034-30-1: 2014, que ampliou o escopo da norma, cobrindo motores com uma faixa de potência entre 0,12 kW e 1000 kW (European Commission, 2014).

As Normas Internacionais da IEC classificam os motores de acordo com as suas classes de eficiência energética e possuem um sistema IECCE (Sistema da IEC para os Esquemas de Avaliação da Conformidade para equipamentos e componentes eletrotécnicos) que buscam realizar a avaliação da conformidade da IEC, colocando em operação um programa global de ensaios de motores elétricos. Desta forma é possível verificar se os índices de eficiências prometidos pelos fabricantes são atendidos (IECa, 2018). Na tabela 2 são apresentados os valores mínimos de eficiência da norma IEC classe IE4 (IECb, 2014).

Tabela 2 - Menores valores de rendimento nominal a plena carga, para motores da classe IE4 ou rendimento “Super Premium”

	PN	Velocidade síncrona / Numero de polos			
		RPM			
CV	kW	3600/2	1800/4	1200/6	900/8
0,16	0,12	66	70	68	64
0,25	0,18	70	74	72	68
0,33	0,25	74	77	75,5	72
0,5	0,37	77	81,5	78,5	75,5
0,75	0,55	80	84	82,5	77
1	0,75	82,5	85,5	84	78,5
1,5	1,1	85,5	87,5	88,5	81,5
2	1,5	86,5	88,5	89,5	85,5
3	2,2	88,5	91	90,2	87,5
5	3,7	89,5	91	90,2	88,5
7,5	5,5	90,2	92,4	91,7	88,5
10	7,5	91,7	92,4	92,4	91
15	11	92,4	93,6	93	91
20	15	92,4	94,1	93	91,7
25	18,5	93	94,5	94,1	91,7
30	22	93	94,5	94,1	93
40	30	93,6	95	95	93
50	37	94,1	95,4	95	93,6
60	45	94,5	95,4	95,4	93,6
75	55	94,5	95,8	95,4	94,5
100	75	95	96,2	95,8	94,5
125	90	95,4	96,2	95,8	95
150	110	95,4	96,2	96,2	95
200	150	95,8	96,5	96,2	95,4
250	185	96,2	96,5	96,2	95,4
300	220	96,2	96,8	96,5	95,4
350	250 até 1000	96,2	96,8	96,5	95,8

Após apresentado os máximos valores mínimos de rendimento nacional e internacional é possível realizar uma comparação na qual pode-se observar que para motores de 0,25 kW, 6 polos, o rendimento da norma IEC apresenta uma diferença significativa de 6,5% quando comparado ao rendimento da NBR, essas diferenças de rendimento se

estendem para todas as potências para os motores de 2 a 8 polos na qual a IEC sempre apresenta maiores valores.

Dados relatam que setor industrial é líder no ranking dos maiores consumidores de energia elétrica no Brasil com a aplicação de 192.616 GWh em 2007(ANEELb, 2008). E com o passar dos anos o consumo de energia vem crescendo de forma surpreendente e tende a exigir investimentos pesados na expansão da oferta de energia elétrica, ainda assim poderá não ser o suficiente para atender a demanda em 2030 (Bronzatti, 2008).

Desta forma se os órgãos competentes como INMETRO, PROCEL e ABNT avaliassem as referências internacionais e aplicassem os mesmos valores de rendimentos mínimos que a IEC 60034-30-1:2014 adota, a norma brasileira apresentaria uma grande redução do consumo de energia com o passar dos anos. Na figura 2 é apresentado a comparação entre os valores mínimos de rendimento das normas mencionadas para motores de 2 a 8 polos, na qual a análise foi realizada aplicando a comparação entre as potências compatíveis dentre as duas normas.

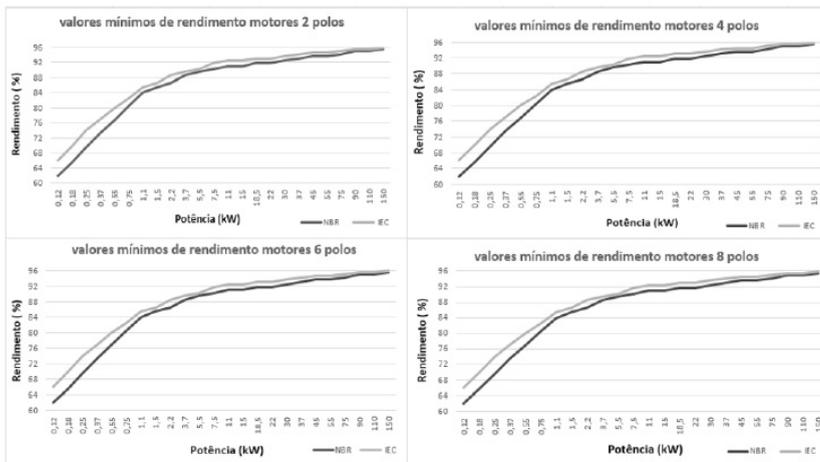


Figura 2- Comparação de valores mínimos de rendimento

É notório que os motores de menores potências regidos pela NBR apresentam valores de rendimentos bem inferiores do que a IEC, sendo que os motores de 1 a 10 CV são os mais vendidos no mercado, desta forma apresentando impactos negativos quando se trata de eficiência energética.

Com o objetivo de avaliar a economia de energia usando motores de alta eficiência as seguintes formulações matemáticas foram utilizadas, obtendo a economia anual de energia (EAE), que é dada pela substituição de um motor eficiente IR3 ou premium por um motor IE4 de alta eficiência energética. Esta avaliação pode ser estimada usando as seguintes equações (ABDELAZIZ, 2010):

$$CEA = \frac{P_S \cdot Q_M \cdot H_O}{\eta} \quad (1)$$

$$EAE = CEA_{NBR} - CEA_{IEC} \quad (2)$$

Onde:

EAE = Economia anual de energia;

CEA = Consumo de energia anual;

P_S = Potência de saída (kW);

Q_M = Quantidade de motores;

H_O = Horas de operação durante o ano;

η = Rendimento.

Para a sequência desta pesquisa utilizaram-se dados coletados pela ANEEL onde o valor do MWh em horários fora ponta para o setor industrial modalidade verde e azul, subgrupo A1 a A4 é de R\$ 258,65 reais (ANEEL, 2018), considerando o aumento da tarifa conforme o IPCA (Índice de Preços ao Consumidor Amplo) de 2,5%, é aplicada a Equação 3 para determinar o valor futuro da energia durante um período de 10 anos assim podendo obter com maiores detalhes o impacto econômico causado (IBGE, 2018 – PROCEL, 2009).

$$VF = VP \cdot (1 + i)^{n_1} \quad (3)$$

Onde:

VF = Valor futuro;

VP = Valor presente;

I = taxa de juros;

n₁ = Período.

Por fim, conforme Equação 4 torna-se necessário calcular a economia de energia a cada ano onde é possível ver de forma detalhada as potências que causam um maior impacto em eficiência energética na economia nacional.

$$EE_{ano\ presente} = (EAE \times VF) + EE_{ano\ anterior} \quad (4)$$

Onde:

EE = Economia de energia;

EAE = economia anual de energia;

VF = valor futuro da tarifa.

3. ESTUDO DE CASO

Neste trabalho consideram-se que as perdas dos motores IR3 e IE4 aumentam com o passar dos anos e os rendimentos apresentam valores reduzidos de 0,5 % ao ano para motores da classe IR3 e 0,3 % ao ano para a classe IE4.

Neste estudo considera-se que os motores possuem um regime de trabalho no chão de fábrica atuando a plena carga, com temperaturas ambientes máximas de até 40°C, operam com frequência de 60 Hz, regime S1, fator de serviço 1,15, classe de isolamento F e H e as empresas operam em dois turnos sendo eles de 23h às 8h e 8h às 17h, 6480h por ano, e a análise foi realizada para um período de 10 anos levando em consideração o tempo de vida útil dos motores conforme referência (AGOSTINHO, 2017).

Este trabalho tem intuito de analisar o setor industrial pois representa o maior impacto referente a consumo de energia nacional, prevendo que em 2030 é estimado um consumo de energia elétrica entre 950 e 1.250 TWh/ano, sabendo que o consumo em 2006 era em torno de 405 TWh, se o fornecimento dessa energia depender apenas de usinas hidrelétrica, mesmo com um acréscimo de 80% nas instalações de novas usinas que equivaleria a 120 mil MW instalados, ainda sim poderia não ser o suficiente para atender a demanda em 2030 (ANEELb, 2008 – Bronzatti, 2008). Sabe-se que novas fontes de energia estão se apresentando como solução para um possível déficit energético, mas nesta análise as considerações estão baseadas no cenário descrito.

Considerando-se que grande parte dos motores vendidos estão instalados nas indústrias, obtendo valores de vendas iguais por faixas de potências conforme demonstrado na Tabela 3, considera-se na

simulação que os valores mínimos de rendimento da NBR se igualem com o da IEC e que entraram em vigor a partir de 2018.

Tabela 3 - Quantidade motores instalados nas indústrias

Quantidade de motores nas indústrias					
Potência (CV)	0,16 a 1	1,5 a 10	15 a 40	50 a 100	125 a 300
Quantidade	68.750	116.667	16.667	4.167	2.083

Inicialmente calcula-se o consumo de energia anual para os motores IR3 e IE4 com estes operando 6480 horas por ano conforme o modelo de 0,25 kW, 6 polos, dado como exemplo, assim demonstrando os cálculos para as demais potências.

$$CEA_{NBR} = \frac{250 \times 68750 \times 6480}{0,69 \times 0,95} = 169.908 \text{ MWh}$$

$$CEA_{IEC} = \frac{250 \times 68750 \times 6480}{0,755 \times 0,97} = 152.079 \text{ MWh}$$

Obtidos os valores do consumo de energia anual das normas IEC e NBR é calculado a economia anual de energia e o valor futuro da tarifa para um período de 10 anos, desta forma se torna possível obter o valor da economia de energia em reais sendo que o valor da economia do ano anterior é de R\$ 41.891.280,00.

$$EAE = 169.908 - 152.079 = 17.829 \text{ MW h/a no}$$

$$VF = 258,65 \times (1 + 0,025)^{10} = \text{R\$ } 331,09/\text{a no}$$

$$EE_{10 \text{ anos}} = (17.829 \times 331,09) + 41.891.280,00 = \text{R\$ } 47.794.283,61$$

4. RESULTADOS

Para as potências de 0,16 a 300 CV citadas na norma NBR 17094-1 são aplicados os cálculos mencionados, nos quais os resultados apontam para uma economia por motores de 2 a 8 polos entre determinadas faixas de potências. Os motores de 1,5 a 10 CV apresentam um maior impacto com uma economia de aproximadamente 5,7 bilhões de reais durante um período de 10 anos, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Economia com a utilização de motores Super Premium em milhões de reais período 10 anos

Economia período 10 anos milhões (R\$)				
Potência (CV)	2 polos	4 polos	6 polos	8 polos
0,16 a 1	216,848	212,094	208,524	240,660
1,5 a 10	1415,000	1261,940	1230,383	1861,285
15 a 40	886,751	744,689	796,671	934,841
50 a 100	402,099	335,413	382,990	421,554
125 a 300	517,736	534,557	561,467	602,807

É também verificada uma redução do consumo de energia em MWh, considerando o mesmo período, sendo a soma total desse consumo, levando em consideração as potências e o número de polos apresentados, totalizam uma redução de 41.584.309 milhões de MWh. Esta redução é uma referência para o potencial de alívio na sobrecarga das usinas geradoras de energia ou custo evitado com o despacho de fontes geradoras de muito valor por MWh como as centrais termelétricas. Os dados são apresentados conforme tabela 5.

Tabela 5 - Economia de energia período de 10 anos

Economia MWh período 10 anos				
Potência (CV)	2 polos	4 polos	6 polos	8 polos
0,16 a 1	654945	640586	629804	726864
1,5 a 10	4273711	3811427	3716114	5621624
15 a 40	2678246	2249178	2406178	2823493
50 a 100	1214457	1013046	1156742	1273216
125 a 300	1563712	1614519	1695793	1820653

Desta forma reiterasse a importância dos diversos segmentos do setor industrial realizarem uma análise econômica visando a substituição dos motores instalados em sua empresa. Neste trabalho apresenta-se o período do retorno simples do investimento que é a razão entre o custo do investimento e economia gerada, considerando um fluxo de caixa de 10 anos. Como exemplo, para os motores super premium da linha W22 da WEG nas potências de 40 a 250 CV foram realizados os cálculos, pois poucos fabricantes de motores produzem o motor da linha super premium IE4 no Brasil. Os valores dos motores estudados estão disponíveis no site da WEG, conforme referência (WEGa, 2018). Entre os motores analisados encontrou-se uma grande variação para o retorno do investimento, mostrando que a maioria das potências analisadas são viáveis a instalação, por outro lado, os motores de maiores potências apresentam períodos de retornos mais longos, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Retorno do investimento

Potência (CV)	Payback (anos)		
	2 polos	4 polos	6 polos
40	4,7	5,2	10,0
50	4,2	4,8	9,2
60	6,6	10,4	8,9
75	5,7	9,1	7,4
100	5,2	5,4	8,9
125	10,1	6,9	7,6
150	9,2	10,1	11,4
200	9,7	11,0	10,7
250	11,6	10,6	14,2

Como a crescente demanda por energia elétrica necessita de grandes investimentos em geração de energia para sustentar o desenvolvimento global, hoje a melhor estratégia para manter o fornecimento de energia adequado a curto prazo é evitar o desperdício e aumentar a eficiência energética (WEGb, 2017). A aplicação de maiores valores mínimos de rendimento demonstrados neste trabalho apresenta uma redução significativa da demanda por faixa de potência durante todo o período de 10 anos avaliado. É possível observar através dos dados da tabela 7, que para a faixa de potência entre 0,16 a 10 CV continuam apresentando um maior impacto devido a essa faixa de potência ser mais comercializada no Brasil e, os valores mínimos de eficiência da NBR

apresentarem valores inferiores ao da IEC, apresentando uma redução na demanda de 464.146 kW. A aplicação dos rendimentos mínimos em referência aos praticados internacionalmente comprova-se ser de grande importância, não só no Brasil, mas sim no mundo pois a demanda tende a crescer cada vez mais. É relatado que em 2014, 45,8 milhões de motores de baixa tensão foram vendidos globalmente. Foi estimado que o volume aumentaria para 51,6 milhões em 2019, representando uma taxa de crescimento anual de 2,5% (REINE, 2015).

Tabela 7 - Redução da demanda período de 10 anos

Redução da demanda (kW)				
Potência (CV)	2 polos	4 polos	6 polos	8 polos
0,16 a 1	13352	13016	12867	14684
1,5 a 10	101228	92648	91048	125303
15 a 40	63254	55457	58288	65932
50 a 100	30081	26432	28987	31157
125 a 300	42818	43617	45089	47436

Na Figura 3 inclui-se na análise os motores com potências de 350 a 500 CV, apresentando-se uma redução da demanda para o ano de 2028, embora sua comercialização seja bem inferior aos motores de menores potências. Para os motores de 2 polos é obtido uma redução de 322 MW, 308 MW para os motores de 4 polos, 316 MW para os motores de 6 polos e com uma maior redução os motores de 8 polos com uma potência de 368 MW.

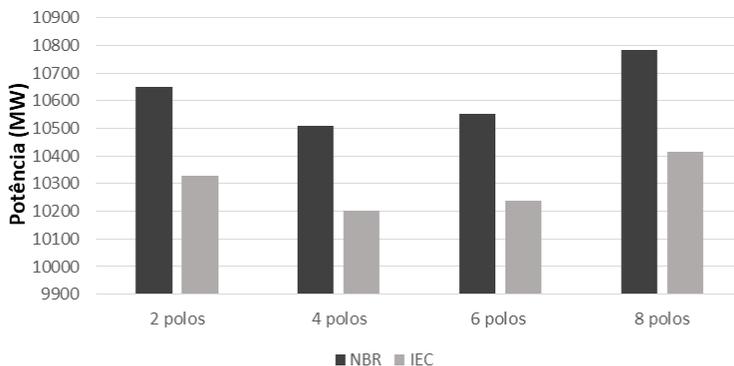


Figura 3 - Redução da demanda ano de 2028

5. CONCLUSÃO

Neste artigo apresentou-se uma análise comparativa entre as normas NBR 17094-1 e a IEC 60034-30-1, brasileira e europeia, e suas respectivas políticas energéticas de motores de indução trifásicos. Com esta análise torna-se possível realizar uma análise técnica econômica para um planejamento do setor industrial determinando o consumo de energia em um período de 10 anos, partindo do princípio que a NBR passaria a adotar os mesmos valores mínimos de eficiência que a IEC adota em sua classe IE4.

Neste cenário visualiza-se no aspecto macroeconômico vantagens ao Brasil no contexto de ações de eficiência energética, visto que a melhor estratégia para manter o fornecimento de energia adequado a curto prazo é evitar o desperdício e aumentar a eficiência.

É maior o impacto na economia e eficiência energética dos motores de menor potência devido a sua maior comercialização e também por possuírem valores de rendimentos mais divergentes que os de maiores potências, sabendo que é comum imaginar que motores com potência inferior a 10 CV são pequenos demais para viabilizar a sua substituição em larga escala e estratégias como sucateamento ou troca quando avariados. Porém, deve-se ter sempre em mente que esses motores contam com uma fatia de 89% dos motores instalados e que a melhoria de eficiência em um motor de pequeno porte pode ser de 4 a 6,5 pontos percentuais, enquanto que o ganho para grandes motores é da ordem de apenas 1 a 2 pontos percentuais aproximadamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELAZIZ, E.A.; Saidur, R.; Mekhilef, S. A review on energy saving strategies in industrial sector, Department of Mechanical Engineering, University of Malaya, 50603 Kuala Lumpur, Malaysia, 2010.

ABNT NBR 17094-1 – Máquinas Elétricas girantes – Motores de Indução Parte 1: Trifásicos. Rio de Janeiro, 2018.

ACEEE- American Council for an Energy-Efficient Economy -Chetana Kallakuri, Shruti Vaidyanathan, Meegan Kelly, Rachel Cluett” The 2016 International Energy Efficiency Scorecard” July 2016.

AGOSTINHO, F. R.; Rocca, G.A.D.; Ferreira, F.C.S.; Stefenon, S.F. Estudo sobre a viabilidade financeira naatualização tecnológica de uma planta abril: Utilização de motores elétricos de alta eficiência e iluminação LED, Espacios, 2017.

ANEELa - Agência Nacional de Energia Elétrica – Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações 1ª edição, Elektro, Universidade Federal de Itajubá, Excen Fupai, São Paulo 2012.

ANEELb- Agência Nacional de Energia Elétrica “Atlas de Energia Elétrica do Brasil”, 3ª edição, Brasília, 2008.

BORTONI, E. C.; SANTOS, A. H. M. HADDAD, Jamil. Acionamento com motores de indução trifásicos. Conservação de energia: 2ª Edição Procel/Eletobrás 2006. [pp 36-41].

BRONZATTI, F. L.; IAROZINSKI NETO, A. Matrizes Energéticas no Brasil: cenário 2010-2030, XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2008.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S. A. – Eletrobras - Motor Elétrico Premium 1ª edição, Rio de Janeiro 2016.

EIA - U.S. Energy Information Administration” International Energy Outlook 2017” September, 2017.

EUROPEAN COMMISSION. Guidelines accompanying: Commission Regulations (EC) No 640/2009 of 22 July 2009 implementing Directive 2005/32/EC with regard to ecodesign requirements for electric motors and No 4/2014 of 6 January 2014 amending Regulation (EC) No 640/2009 2014.

ENEL - Concessionaria de Energia Elétrica, “Tarifas, Taxas e Impostos” [online]. Disponível em: <<https://www.eneldistribuicao.com.br/go/TaxasETarifasCorporativo.aspx>>. Acesso em: jun. de 2018.

FREITAS, P. C. F.; SILVA, V. P.; FILHO, A. G. M.; BISPO, D.; DELAIBA, A. C. Comparação dos rendimentos dos motores da linha padrão e de alto rendimento sob o enfoque da eficiência energética, Universidade Federal de Uberlândia, 2008.

HADDAD, J.; VENTURINI, O. Eficiência Energética- Teoria e Prática: 1a Ed. Itajubá: 2007 [pp 87-109].

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Concessionária de Energia Elétrica, “Tarifas, Taxas e Impostos”. [online]. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1737#resultado>>. Acesso em: jun. de 2018.

IEA - International Energy Agency “Key world energy statistics “Secure Sustainable Together, Paris 2017.

IECa. Ações da IEC para a eficiência energética. Disponível em: <http://www.iec.ch/about/brochures/pdf/energy/IEC_Brochure_Energy_Efficiency_A4_Pt_LR.pdf>. Acesso em: 27 mai. de 2018.

IECb . 60034-30-1: 2014”Rotatingelectrical machines - Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE code)”.

PROCEL, Análise Econômica de Investimento Guia Básico, Edição seriada, Rio de Janeiro, 2009.

RAMOS, M. C. E. S. Implementação de motores de alto rendimento em uma indústria de alimentos: Estudo de caso. Dissertação (Instituto de Eletrotécnica e Energia) – Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2005.

REINE, P. Industrial Motors and Drives: Global Market Update. EEMODS’15 Conference”. Helsinki, September 2015.

WEGa Empresa Multinacional Brasileira [online]. Disponível em: <<http://www.weg.net/see+/pages/regua.jsp>>. Acesso em: jun. de 2018.

WEGb Empresa Multinacional Brasileira “Regulamentações Globais de Eficiência para Motores Elétricos de Baixa Tensão”, 2017.