

## EFICIENCIA ENERGÉTICA: ANÁLISE DA VIABILIDADE PARA IMPLEMENTAÇÃO DE MOTORES DE ALTO RENDIMENTO

JUNIOR, Osni Silva<sup>1</sup>

JACOMINI, Sandro<sup>2</sup>

COSTA, Thiago Fernandes da<sup>3</sup>

DEBASTIANI, Gilson<sup>4</sup>

### RESUMO

Em tempos de elevado preço da energia elétrica, sem dúvidas o maior esforço para se diminuir custos de produção em uma indústria vem sendo o investimento em eficiência energética de seus equipamentos. Sendo constatada que a maior parte da energia elétrica consumida se destina a equipamentos de força motriz (motores elétricos), esses apresentando uma idade média de uso já elevada, aliada a uma tecnologia já ultrapassada, podendo apresentar recondiçõamentos, situação que resulta num péssimo desempenho econômico, torna-se difícil pensar em eficiência energética em uma indústria sem falar, de troca de motores. Neste artigo apresentamos dados e normas brasileiras aliadas a esse tema, além de realizar uma análise de viabilidade, de retorno de investimento em função do tempo, para substituição de um motor antigo, com o rendimento baixo, por um novo de alto rendimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** desempenho econômico, motores elétricos, rendimento, viabilidade.

### 1. INTRODUÇÃO

A eficiência energética é um dos assuntos mais discutidos atualmente dentro da área de energias, tanto pelo fato de se haver uma maior conscientização sobre o seu uso de maneira mais correta no Brasil, quanto pelo aumento da tarifa de energia elétrica empregada atualmente que, devido à crise energética vivida em 2015 que se prolongou até 2016, causou um alto peso aos contribuintes.

---

<sup>1</sup> Estudante de engenharia Elétrica no Centro Universitário Assis Gurgacz. E-mail: osnijr96@gmail.com;

<sup>2</sup> Estudante de engenharia Elétrica no Centro Universitário Assis Gurgacz. E-mail: sandrojacomini@gmail.com;

<sup>3</sup> Estudante de engenharia Elétrica no Centro Universitário Assis Gurgacz. E-mail: tfc1490@gmail.com;

<sup>4</sup> Físico, professor mestre em Energia na Agricultura pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: gilson@fag.edu.br



Eficiência energética pode ser definida como uma atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia. Por definição, a eficiência energética é a relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. Com o passar do tempo ela passou de ser considerada de natureza econômica, para ser considerada como uma ferramenta socioeconômica e ambiental, devendo-se apresentar uma melhor conservação dos nossos recursos naturais e um menor desperdício na sua utilização. Para tentar estimular o uso eficiente da eletricidade, foram criados vários métodos que se dividem em: instrução da população, investimentos em equipamentos e instalações sustentáveis. Além destas, algumas outras práticas de incentivo também foram concebidas pelo governo, das quais podemos citar:

- Lei Nº 9.991, de 24 de julho de 2000 - Lei federal na qual as concessionárias de energia ficam obrigadas a aplicar, anualmente, um montante de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico e em programas de eficiência energética.
- Resolução Normativa nº. 414, de 9 de setembro de 2010 - ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) regulamentou o uso mínimo de fator de potência de 0,92 no grupo A e B. Quando isto não é obedecido, existe um excesso de energia reativa na instalação que é cobrado na conta como energia reativa excedente com o mesmo valor da energia ativa.
- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) - é um programa do governo, criado em 1985 com a finalidade de promover o uso consciente da energia elétrica e combater o seu desperdício, atuando em vários setores do país. Dentro desta iniciativa foi criado o selo PROCEL, realizado com o intuito de promover os produtos com menor consumo de energia, fazendo com que as empresas desenvolvam produtos com menor consumo, como forma de atrair mais clientes.
- Programa de Apoio a Projetos de Eficiência Energética (PROESCO) - Criado no ano de 2006 pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), possui o projeto de financiar projetos de eficiência energética que comprovadamente

contribuam para a economia de energia, promovem a substituição de combustível de origem fóssil por fontes renováveis, estudos de projetos e sistemas de informação ou monitoramento.

- Demanda contratada - Qualquer contrato realizado com a concessionária de energia deve ser respeitado, a indústria tem por obrigação somente contratar aquilo que for consumir sendo sancionadas punições ao ultrapassar ou caso reduza drasticamente o uso de energia inicialmente contratada, a mesma paga a demanda normalmente. Um grande problema para as fábricas, já que seus equipamentos necessitam haver um padrão para manter a sua carga sempre no valor da demanda contratada.

## 1.1 INDÚSTRIA BRASILEIRA

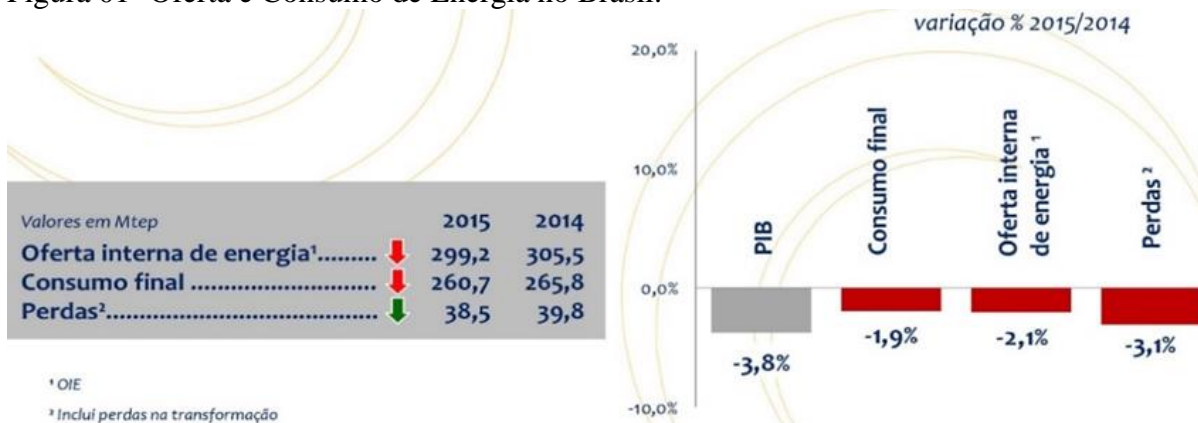
O consumo de energia é um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de uma sociedade. Ele expressa as atividades dos setores industrial, comercial e de serviços, quanto a capacidade da população para adquirir bens e serviços. Sendo o setor industrial o meio mais estratégico politicamente para se realizar uma vigilância rigorosa, sendo que um país se mantém estável economicamente e supri as necessidades da população prioritariamente pelo setor industrial.

E, conforme pode-se verificar na Figura 01, o PIB e o consumo de energia possuem uma relação entre si, quando um país está crescendo uma maior demanda de energia é necessária para suprir este crescimento. Porém investir em novas fontes de energia para aumentar a produção, implicam em um maior gasto com investimentos, além do aumento no impacto ambiental que este irá causar dependendo de sua especificação.

Já a eficiência energética é mais barata de ser empregada, segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia 2019 o custo marginal de expansão é de R\$ 113,00/MWh, enquanto o custo de energia conservada é de apenas R\$ 83,52 /MWh segundo PEE Indústria Celesc 2012/2013, outro dizer semelhante é de MOANA (2016), “A energia elétrica impacta diretamente no preço final dos mais diversos produtos e serviços. Sem contar que investir em eficiência energética é mais barato que investir em produção de qualquer fonte de energia”, discurso realizado pelo presidente da Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO) no 13º Congresso Brasileiro de Eficiência Energética (COBEE) (2016). Atualmente o setor que mais se utilizasse da

energia elétrica no Brasil é o setor industrial. Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN, 2016) no Brasil o setor industrial utilizou até o momento 42,3% (Gráfico 01) da energia elétrica disponibilizada.

Figura 01- Oferta e Consumo de Energia no Brasil.

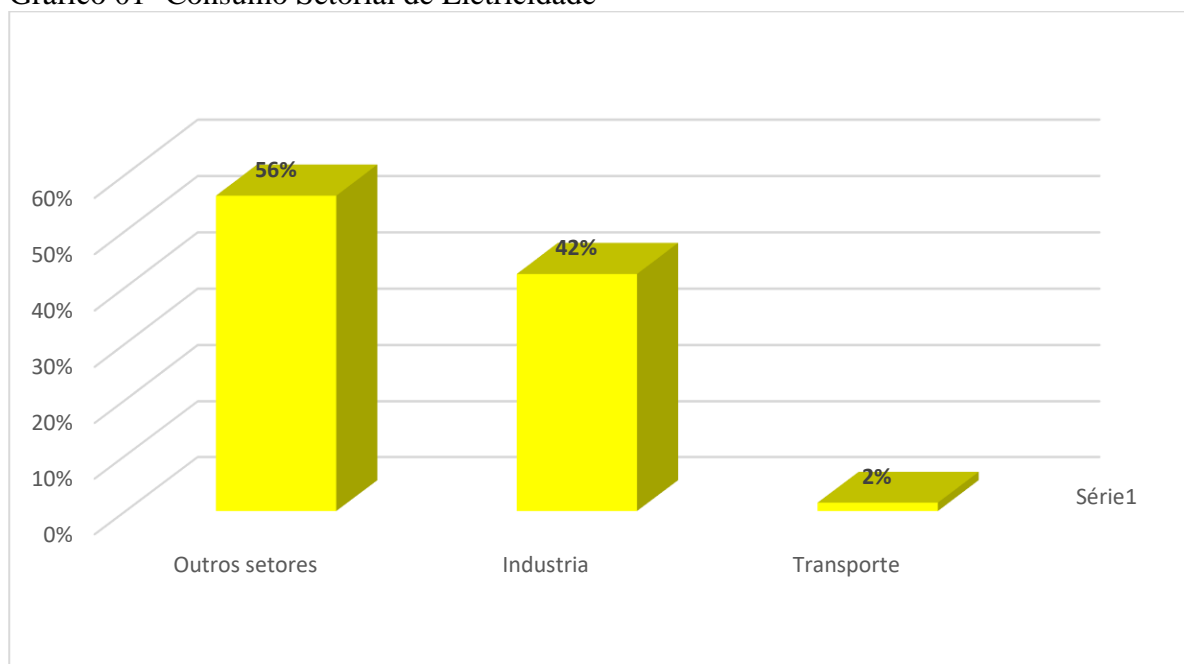


Fonte: Adaptado de Empresa de Pesquisa Energética (2016, p.12).

Em 2015 a indústria consumiu 43,7% de toda energia elétrica nacional e a força motriz em operação usou 68% dessa energia, segundo Plano Nacional Elétrico 2030. Sendo assim, conta-se que aproximadamente 30% de toda a energia elétrica do país é consumida por motores elétricos. E, com o conhecimento dessa expressiva participação, estes motores devem ter uma atenção especial em qualquer programa de conservação de energia elétrica.

Na indústria em geral, o alto emprego dos motores elétricos para as mais diversas tarefas, muitas vezes faz com que eles sejam usados de formas errôneas ou por longos períodos de sua vida útil. Segundo a Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN) (2014), os motores elétricos instalados no país possuem uma idade média de 17 anos, fazendo com que esses possuam uma tecnologia ultrapassada e, normalmente são até reconicionados, situação que afeta ainda mais significativamente nos seus rendimentos. Por vezes o empresário tem a impressão de economia, mas na verdade está só estão aumentando seus custos de produção, com relativo aumento de consumo de energia.

Gráfico 01- Consumo Setorial de Eletricidade



Fonte: Balanço Energético Nacional 2016 (2016, p.191).

Outro fator de desperdício de energia é o superdimensionamento, um motor superdimensionado consome muito mais energia do que um motor com a potência correta, pois trabalha em uma condição muito diferente daquela para a qual foi projetado, o que acaba afetando grosseiramente sua eficiência. Por isto estudos sobre eficiência energética devem ser aplicados na indústria.

Nesse artigo, são apresentados dois estudos de casos que proporcionam uma ideia mais clara e dimensão mais ampla do quão importante é, principalmente para o setor industrial, uma política de eficiência energética dentro do segmento de força motriz.

## 2. METODOLOGIA

Como objeto de análise, partiu-se da instalação de um novo motor em substituição à um antigo em operação, visando mostrar a viabilidade econômica da sua troca, tempo de retorno do investimento, e qual modelo seria o mais indicado para ser aplicado. Neste caso os motores selecionados foram da empresa WEG, pois a mesma apresenta um melhor programa de distribuição de dados em relação as características dos motores e seus preços, apresentando tudo de forma mais didática.

Será analisada a substituição de um motor de 30kW (equivalente a 40cv) de potência, com dois pólos, e frequência de 60Hz, com 17 anos de uso (a média nacional) e com dois recondiçõamentos já realizados, resultando em uma redução significativa de rendimento. Será deduzida uma eficiência de 86,2%, e com custo de energia atribuído de 0,43 R\$/kWh.

Para o cálculo de consumo de energia foi utilizada a fórmula:

$$C = \left\{ \frac{[P]}{\text{rendimento } 100\%} \right\} \times 100$$

Onde:

C- Gasto de energia em relação ao tempo [kW/hora];

P- Potência [W];

Os motores utilizados nos estudos de caso foram os modelos W22 IR2, W22 IR3 Premium e W22 IR4 Super Premium, todos produzidos pela fabricante WEG, e cujas características são apresentadas a seguir:

Tabela 1- Características dos motores utilizados.

	Motor			
	Atual	W22 IR2	W22 IR3 Premium	W22 IR4 Super Premium
Potência	30 kW	30 kW	30 kW	30 kW
Frequência	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz
Número de pólos	2	2	2	2
Rotação nominal	-	3550 RPM	3560 RPM	3550 RPM
Tensão nominal	220/380V	220/380V	220/380V	220/380V
Corrente nominal	-	99,0/57,3 A	98,0/56,7 A	97,2/56,3 A
Fator de Potência (100%)	-	0,86	0,86	0,86
Rendimento (100%)	86,2	92,7	93,4	94,1
Preço estimado	-	R\$ 9.294,44	R\$ 11.838,72	R\$ 13.587,56

Fonte: WEG

O consumo de energia foi determinado em função da potência e do rendimento dos motores. A estimativa de tempo de retorno de investimento foi baseada na economia de energia ao longo do tempo, obtida pela diferença de rendimento entre os possíveis motores a serem aplicados, e o atual instalado.

Associada a economia energética, também é apresentada uma redução de emissão de CO<sub>2</sub>. O cálculo foi obtido usando como referência o valor de 504 kg de CO<sub>2</sub> para cada 1.000 kWh consumido, conforme definido pela International Energy Agency (IEA).

## 2.1 PRIMEIRO ESTUDO DE CASO

Para o primeiro estudo de caso, os dados foram calculados para o tempo de trabalho do motor sendo de 20 horas diárias, durante 350 dias do ano.

### 1) Uso do motor W22 IR2.

Tabela 2- Análise do Retorno do Investimento.

Economia (kWh/ano)	17.082,27
Investimento Total (\$)	R\$ 9.294,44
Economia (\$/ano)	R\$ 7345,38
Redução na emissão de CO <sub>2</sub>	8.609,45 kg/ano
Tempo do Retorno do Investimento (anos)	1.26 ano(s)

Fonte: Autor.

### 2) Uso do motor W22 IR3 Premium.

Tabela 3- Análise do Retorno do Investimento.

Economia (kWh/ano)	18.780,09
Investimento Total (\$)	11.838,72
Economia (\$/ano)	8.075,44
Redução na emissão de CO <sub>2</sub>	9.465,16 kg/ano
Tempo do Retorno do Investimento (anos)	1.46 ano(s)

Fonte: Autor.



3) Uso do motor W22 IR4 Super Premium.

Tabela 4- Análise do Retorno do Investimento.

Economia (kWh/ano)	20.452,65
Investimento Total (\$)	13.578,56
Economia (\$/ano)	8.794,64
Redução na emissão de CO2	10.308,13 kg/ano
Tempo do Retorno do Investimento (anos)	1.54 ano(s)

Fonte: Autor.

## 2.2 SECUNDO ESTUDO DE CASO

Para o segundo estudo de caso, os dados foram calculados para um tempo de trabalho de 12 horas diárias, durante 250 dias do ano.

4) Uso do motor W22 IR2.

Tabela 5- Análise do Retorno do Investimento.

Economia (kWh/ano)	7.320,96
Investimento Total (\$)	R\$ 9.294,44
Economia (\$/ano)	3.148,01
Redução na emissão de CO2	3.689,76 kg/ano
Tempo do Retorno do Investimento (anos)	3,33 ano(s)

Fonte: Autor.



5) Uso do motor W22 IR3 Premium.

Tabela 6- Análise do Retorno do Investimento.

Economia (kWh/ano)	8.048,61
Investimento Total (\$)	11.838,72
Economia (\$/ano)	3.460,90
Redução na emissão de CO <sub>2</sub>	4.056,50 kg/ano
Tempo do Retorno do Investimento (anos)	3,42 ano(s)

Fonte: Autor.

6) Uso do motor W22 IR4 Super Premium.

Tabela 7- Análise do Retorno do Investimento.

Economia (kWh/ano)	8.765,42
Investimento Total (\$)	13.587,56
Economia (\$/ano)	3.769,13
Redução na emissão de CO <sub>2</sub>	4.417,77 kg/ano
Tempo do Retorno do Investimento (anos)	3,60 ano(s)

Fonte: Autor.

### 2.3 ESTUDO DE CASO – empresa Vira Vita Alimentos LTDA

Foi realizado um estudo de caso na empresa Vira Vita Alimentos LTDA (CNPJ: 00.151.034/0001-87) para avaliar a viabilidade de substituição dos atuais motores. O motor proposto possui as mesmas características dos demais, porém este trabalharia 10 horas por dia, em 260 dias por ano. A empresa apresenta um motor WEG Cód. 1708 com potência de 30 kW, rendimento de 91,7, fator de potência 0,68, corrente elétrica de 92,5 /56,5 (A) tensão de 380/660V e 3550 RPM em 60 Hz.

Obs. A tensão diferente não altera o preço de simulação.

Tabela 8- Análise do Retorno do Investimento.

	IR2	IR3	IR4
Economia (kWh/ano)	917,83	1.548,20	2.169,43
Investimento Total (\$)	9.294,44	11.838,72	13.587,56
Economia (\$/ano)	394,56	665,72	932,85
Redução na emissão de CO <sub>2</sub>	462,46	780,29	1.093,39
Tempo do Retorno do Investimento (anos)	23,55	17,78	14,56

Fonte Autor.

### 3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

A condição mais apropriada para escolha de um motor numa indústria deveria ser sempre a relação de economia de energia, com a sua proporcional redução de gases poluentes emitidos. Porém nem sempre isso ocorre, pois, o ato mais decisivo para escolha dos motores é a disponibilidade financeira de seu comprador, já que cada empresa apresenta poderes aquisitivos diferentes.

Com os resultados, foi designada uma relação de o quanto as horas trabalhadas influenciam na compra de um motor. Evidenciando-se benéficamente a utilização do motor W22 IR4 Super Premium como sendo o mais econômico, e o IR3 Premium com a melhor relação custo/benefício, quando usados em trabalhos de longa duração (20 horas, 350 dias do ano). Já os motores W22 IR2 e W22 IR3 Premium podem ser boas opções para empresas de meio turno, onde são os mais indicados tanto pelo tempo de retorno de investimento quanto pela economia, que não é tão significativa no W22 IR4 Super Premium em comparação aos outros (Tabela 9).

Como citado anteriormente na relação custo benefício foi verificado como o motor W22 IR3 Premium é o mais apropriado para ambos os tipos de uso, sendo numa relação Custo\Benefício o mais indicado. Já na questão ambiental o destaque ficaria para o W22 IR4 Super Premium.

Já no estudo de caso da empresa Vira Vita Alimentos LTDA não se recomenda a compra de nenhum motor novo, pois o atual mesmo apresentando uma idade mais antiga ainda apresenta um bom rendimento, baixas perdas e boa conservação, nunca apresentou conserto necessário, sendo este seu principal motivo para se manter com ótimos resultados. Aconselha-se a compra de um novo apenas caso há necessidade de aumentar a potência instalada ou quebra do mesmo.

Tabela 9- Relação de dados obtidos.

Motor	Longa duração (24h)			Pequena duração (12h)		
	Investimento Total (\$)	Economia (kWh/ano)	Payback (anos)	Investimento Total (\$)	Economia (kWh/ano)	Payback (anos)
W22 IR2	10.500,00	17.082,27	1,26	R\$ 9.294,44	7320,96	3,33
W22 IR3	11.838,72	18.780,09	1,46	11.838,72	8.048,61	3,42
W22 IR4	13.587,56	20.452,65	1,54	13.587,56	8.765,42	3,60

Fonte: Autor.

### 4. REFERENCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA- ANEEL (ORG.). **ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL**. Brasília. Distrito Federal. 199 p. Disponível em: <<https://goo.gl/OUUnzM>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA- ANEEL (ORG.). Brasil. **CHAMADA Nº. 002/2015 PROJETO PRIORITÁRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: “INCENTIVO À SUBSTITUIÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS: PROMOVENDO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SEGMENTO DE FORÇA MOTRIZ”**. Disponível em: < <https://goo.gl/nT2zcG> >. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA- ANEEL (ORG.). **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 414. Brasil. 2010. 214p**. Disponível em: < <https://goo.gl/WyQpJ2>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA- ANEEL (ORG.). **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 569. Brasil. 2013. 1 p**. Disponível em: < <https://goo.gl/u50Pwj>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA- ANEEL (ORG.). **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 414. Brasil. 2012. 4 p**. Disponível em: < <https://goo.gl/xyWhXK>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA- ABESCO (Org.). **Aneel estuda incentivar troca de motores elétricos na indústria brasileira. Brasil. 2015**. Disponível em: < <https://goo.gl/AGrBuh>>. Acesso em: 10 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA- ABESCO. **Parte I Energia no Brasil e no mundo. Brasil. 12 p**. Disponível em: < <https://goo.gl/c8o9nH> >. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA- COPEL. **MANUAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA. 2005. Paraná. 155 p**. Disponível em: < <https://goo.gl/PssHnB>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

ECO BRASÍLIA (Brasil) (Revista online). **13º Congresso Brasileiro de Eficiência Energética. Disponível em: < <https://goo.gl/VRiqwU>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.**

ELETROBRAS (ORG.). **DEMONSTRAÇÕES FINANCEIRAS E RELATÓRIO DE ADMINISTRAÇÃO. Brasil. 2013. 249 p**. Disponível em: < <https://goo.gl/AtM8FM> >. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

ELETROBRAS (ORG.). **Relatório Anual e de Sustentabilidade 2014. Brasil. 2014. 119 p**. Disponível em: < <https://goo.gl/zbVIop>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

ELETROBRAS (ORG.). **Relatório Anual e de Sustentabilidade 2015. Brasil. 2015. 99 p**. Disponível em: <<https://goo.gl/ikmhvq>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA- EPE (ORG.). **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2016. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2016. 62p**. Disponível em: < <https://goo.gl/o0XwBs>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA- EPE (ORG.). **BALANÇO ENERGÉTICO**

**NACIONAL 2016**. Brasília. Distrito Federal. 2016. 296 p. Disponível em: <

<https://goo.gl/UuY6Pb>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

IPESI DIGITAL (Brasil) (Revista online). **Motores elétricos perdem 3% de eficiência energética a cada reforma**. Disponível em: < <https://goo.gl/GpxddK> >. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

MINISTÉRIO DE MINAS ENERGIA- MME (ORG.). **PLANO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: PREMISSAS E DIRETRIZES BÁSICAS**. Brasil. 2011. 156 p. Disponível em: < <https://goo.gl/YW8eFh>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE- MMA. **A eficiência é o maior, mais barato e mais seguro recurso energético do Brasil**. Brasil. Disponível em: < <https://goo.gl/Rn58BU> >. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA -PROCEL (ORG.). **6 MOTOR ELÉTRICO: GUIA BÁSICO**. Brasil .2009. 194 p. Disponível em: < <https://goo.gl/HAAEOC> >. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

REVISTA PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DA ANEEL. **PROSPECÇÃO NO SETOR ELÉTRICO**. Nº6. 2015. 134 p. Assis. São Paulo. Disponível em: < <https://goo.gl/pQBfnQ>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

WEG (Brasil) (Emp.). **INDÚSTRIA + EFICIENTE**. 2014. Disponível em: < <https://goo.gl/4Tt7TV> >. Acesso em: 10 de outubro 2016.

WEG (Brasil) (Emp.). Seleção **de Motores elétricos**. 2016. Disponível em: < <https://goo.gl/GiPBqZ> >. Acesso em: 10 de outubro de 2016.