



Eletrobras

Estudo sobre Impacto de Regulamentação de Motor *Premium*

**Relatório Técnico
PFP – 014/2015**

Superintendência de Eficiência Energética - PF

Rio de Janeiro, 30 de outubro de 2015.

SUMÁRIO

Considerações iniciais	3
Sumário executivo	5
Seção 1 - Contextualização	11
Seção 1.1 - Definição do Problema 11	
Seção 2 - Definição das Opções	12
Seção 3 - Análise de Impactos	15
Seção 3.1 - Análise do impacto sobre o mercado de aço 16	
Subseção 3.1.1- Impacto Técnico – qualidade do produto 17	
Subseção 3.1.2 - Impacto sobre o abastecimento de aços silício para fins elétricos 17	
Subseção 3.1.3 - Impacto sobre o preço 20	
Subseção 3.1.4 - Impacto sobre os custos finais do motor 24	
Seção 3.2 - Análise do impacto sobre o consumo de energia 24	
Seção 3.3 - Análise do impacto sobre o mercado de máquinas 26	
Seção 3.4 - Análise do impacto no mercado de motores 28	
Seção 3.5 - Análise do impacto no ponto de vista do consumidor 29	
Subseção 3.5.1 - Ganho Energético 29	
Subseção 3.5.2 - Ganho Econômico 30	
Seção 4 - Comparação dos Impactos das Opções	34
Seção 5 - Conclusão e Recomendações	37
Referências.....	39
Anexos	41
Anexo A – Histórico e considerações sobre a regulamentação para motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo 41	
Anexo B – Aspectos Técnicos 48	
Anexo C - Metodologia para Determinação da Economia de Energia 53	

Considerações iniciais

Este estudo objetiva subsidiar o INMETRO na elaboração do “Estudo de Impacto Regulatório – EIR” para adoção do rendimento da classe IR3 ou de Rendimento *premium* como mínimo a ser exigido para fabricação, importação e comercialização dos motores de indução trifásicos no Brasil, conforme deliberação da 24ª Reunião do CGIEE (Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética) e solicitado à Eletrobras pelo INMETRO por meio do ofício N° 525/Dcondf/Dipac, datado de 03/07/2015. O citado comitê, instituído pelo decreto nº 4.059 de 2001 regulamenta a lei de eficiência energética e tem como atribuição o estabelecimento de níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas, edificações e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país.

Para facilitar a elaboração do EIR, este estudo já se estrutura tomando como base a metodologia de Análise de Impacto Regulatório do INMETRO, descrito no documento interno NIT-Dipac-014. Dentre as etapas estabelecidas no documento, algumas foram suprimidas nesta análise, entre as quais a análise legal do solicitante, tendo em vista que julgamos desnecessário avaliar a competência do CGIEE em instituir níveis mínimos de eficiência energética para motores elétricos, e não foi considerada outra opção na avaliação. A análise de viabilidade da fiscalização também não é necessária, haja vista que a verificação do atendimento aos níveis será feita no âmbito do programa de etiquetagem existente e que já verifica o atendimento aos níveis mínimos atuais de rendimento destes equipamentos.

Na parte principal, o estudo é composto por cinco seções: definição do problema, definição de opções, análise de impacto, comparação das opções, conclusões e recomendações. Estas constituem as etapas básicas de uma análise de impacto regulatório.

A metodologia utilizada neste estudo foi a análise dos documentos existentes sobre o assunto e entrevistas aos agentes de mercados, a saber, fabricantes de motores e aço, laboratórios de pesquisa e associação de classe. Algumas informações complementares, necessárias para a realização do estudo, estão nos anexos. Em alguns tópicos, a leitura prévia dos anexos é importante, como a regulamentação brasileira para eficiência energética de motores elétricos (Anexo A) e o conceito de sistemas motrizes (Anexo B). A metodologia para cálculo da economia de energia é apresentada no Anexo C. Os anexos foram inseridos para tornar a análise objetiva e concisa.

Este estudo foi elaborado pelo Comitê Técnico de Motores Elétricos, que presta suporte ao CGIEE. Este comitê contém a participação da Eletrobras, do Centro de Pesquisas em Energia Elétrica (Eletrobras Cepel) e do próprio INMETRO.

Comissão Técnica:

Alexandre Paes Leme – INMETRO
Braulio Romano Motta- ELETROBRAS
Carlos Aparecido Ferreira _ ELETROBRAS
Fernando Rodrigues da Silva Junior – CEPEL
Gabriel Pereira Rabha - ELETROBRAS
George Alves Soares – ELETROBRAS - Coordenador
Heloísa Cunha Furtado – CEPEL
Moisés Antônio dos Santos - ELETROBRAS
Wagner de Almeida Duboc – CEPEL

Sumário executivo

Seção 1 – Contextualização

O objetivo do estudo é analisar o impacto da proposta de regulamento que estabelecerá novos níveis mínimos de rendimentos nominais para Motores Elétricos Trifásicos de Indução Rotor Gaiola de Esquilo a serem exigidos na fabricação, comercialização e importação, pelo Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética (CGIEE).

Motor elétrico de indução gaiola de esquilo é por definição um motor de indução cujo enrolamento primário, geralmente alojado no estator, é ligado à fonte de alimentação, enquanto que o enrolamento secundário, de gaiola e geralmente alojado no rotor, é percorrido pela corrente induzida.

Os motores elétricos de indução trifásicos são responsáveis pela maior parcela de processamento da energia elétrica. Mesmo sendo máquinas intrinsecamente eficientes, constituem-se como um grande potencial de conservação de energia, ao menos por duas razões principais, a saber, a grande quantidade de motores instalados e a aplicação ineficiente dos mesmos. No primeiro caso uma proposta de níveis mínimos de eficiência energética para esses motores, por meio da retirada dos menos eficientes do mercado torna-se eficaz e, no segundo caso, uma política de conscientização do uso correto dos mesmos no tocante ao seu carregamento, também poderá produzir bons resultados. Cabe destacar que o motor elétrico é um dos elementos de um sistema motriz, conforme apresentado no Anexo B.

Definição das opções

Em reuniões realizadas com o Comitê Técnico de Motores do CGIEE e com a Comissão Técnica de Motores do INMETRO, foi acordado que as opções de rendimentos mínimos de motores elétricos trifásicos rotor gaiola de esquilo seriam aquelas definidas na norma

ABNT NBR 17.094-1:2013 – Máquinas Elétricas Girantes – Motores de Indução – Parte 1: Trifásicos. A opção avaliada será a proposta de rendimentos nominais mínimos iguais aos da classe IR3, também chamada de *premium*, apresentada na Seção 2. A proposta estabelece rendimentos mínimos para motores elétricos conforme potência e número de polos. Essa opção que servirá de linha de base da avaliação será a “ação”, que compreende a tendência futura de evolução desses motores elétricos trifásicos. Esta opção representa uma tendência mundial em termos de rendimentos nominais mínimos e já foi implementada em diversos países.

Análise de Impacto

A análise de impacto foi realizada por meio de uma análise qualitativa, em que foram considerados os principais impactos que poderiam ser avaliados com os dados disponíveis. Os impactos nos mercados de aço, de motores, de máquinas de bens de capital e do setor elétrico foram avaliados. No setor de aço, foi avaliada a capacidade de fornecimento de aço para os fabricantes de motores, sob as óticas da possibilidade de desabastecimento de aço e da quantidade de fornecedores. No mercado de motores foi analisada se esta ação impactaria na participação atual dos fabricantes/importadores nas vendas. No setor de máquinas foi investigado o impacto da capacidade de absorção do mercado com o aumento dos custos das máquinas com a adoção destes motores. No setor elétrico, foi examinada a economia de energia para o país e seus reflexos nas metas de conservação de energia previstas pelo Governo Federal. Por fim, foi analisado o impacto sob o ponto de vista do consumidor, apresentando-se os ganhos energéticos e econômicos, decorrentes da escolha do motor *premium*.

Análise do Impacto sobre o mercado de aços

Para atingir os níveis de rendimento da categoria de Motores *premium*, o aço utilizado para confecção do núcleo dos motores é predominantemente silício de grão não orientado (GNO) produzido no Brasil apenas por um fabricante, não havendo concorrência no

mercado interno. Os aços elétricos semiprocessados, produzidos pelas demais usinas siderúrgicas atendem os níveis de perdas exigidos para esta linha de motores para modelos de carcaça menores.

No mercado internacional, grandes usinas situadas na Ásia (China, Taiwan e Coreia), Leste Europeu e Alemanha garantem o abastecimento mundial do aço silício de grão não orientado com excedentes. Com relação ao aço elétrico semiprocessado, não existem problemas de abastecimento interno, sendo produzido por grandes usinas siderúrgicas nacionais (CSN, Tubarão e Usiminas), que garantem o abastecimento e a livre concorrência.

Os aços silício GNO e os aços elétricos semiprocessados produzidos no Brasil são de excelente qualidade, atendendo plenamente as exigências técnicas para os motores da Classe IR3 (linha *premium*).

O aço silício, por exigir um processamento maior, tem um custo fabril mais elevado. Além disto, a existência de um único fabricante no mercado interno pode onerar o produto, porém com impacto limitado, devido à pressão dos preços no mercado internacional. Desta forma não se espera problemas de desabastecimento dos aços, nem impacto relevante no quadro de fornecedores.

Análise do Impacto sobre o mercado de máquinas

O mercado de máquinas de bens de capital no Brasil é um importante setor econômico que tem uma receita mensal de aproximadamente R\$ 6,6 bilhões e emprega cerca de 720 mil trabalhadores. Sua principal entidade representativa é a ABIMAQ - Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos, fundada em 1975, com o objetivo de atuar em favor do fortalecimento da Indústria Nacional, mobilizando o setor, estimulando o comércio e a cooperação internacionais e contribuindo para aprimorar seu desempenho. A ABIMAQ representa atualmente cerca de 7.800 empresas dos mais diferentes segmentos fabricantes

de bens de capital mecânicos, cujo desempenho tem impacto direto sobre os demais setores produtivos nacionais. Esta entidade vem defendendo a modernização da indústria brasileira para torná-la mais competitiva. Dentro desta ótica, seus representantes consultados manifestaram apoio a esta medida de aumento do rendimento nominal mínimo dos motores desde que o princípio de isonomia com as máquinas importadas fosse mantido, garantindo a igualdade de competição no mercado.

Análise do Impacto sobre o mercado de motores

Os fabricantes nacionais e internacionais de motores participam do Comitê Técnico do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, coordenado pelo INMETRO e foram consultados sobre esta ação e opinaram sobre seus detalhes técnicos.

O mercado de fabricantes nacionais é bastante concentrado, sendo um fabricante responsável por mais de 75% da produção nacional. Em termos de participação geral, a entrada dos fabricantes que importam seus produtos desconcentra um pouco esta participação. Ressalta-se a dificuldade de obtenção de dados de vendas na medida em que a entidade de classe destes fabricantes não divulga estes dados há alguns anos.

A adoção dos novos patamares de rendimentos nominais não deve alterar este quadro de mercado.

Análise do Impacto sobre o setor elétrico

Dentro dos objetivos da solicitação do CGIEE, esta análise se limitou ao aspecto de impacto em relação à conservação de energia. A metodologia utilizada para avaliar o impacto na economia de energia foi desenvolvida pelo Programa Nacional de Conservação de Energia – PROCEL. Esta metodologia se encontra documentada no Anexo C. O impacto foi analisado em dois anos referências, a saber, 2020 e 2050, este último ano referência do novo plano nacional de energia.

Na Tabela 1, apresenta-se o resumo dos benefícios detalhados na Seção 3.2.

Tabela 1 – Benefícios Energéticos

Ano avaliado	Economia de Energia Elétrica (GWh/ano)	Usinas equivalentes (MW)	Custo evitado (milhões de R\$)
2020	128	31	18
2050	4.762	1.142	662

Este impacto representa cerca de 3% da meta de conservação de energia prevista para 2050 para o setor industrial.

Análise do impacto sob o ponto de vista do consumidor

Os benefícios energéticos e econômicos para o consumidor ao usar um motor *premium* foram calculados através de uma metodologia simples e confiável. A economia de energia obtida ao utilizar este tipo de motor em vez do motor de alto rendimento compensa em poucos meses o maior custo dos motores *premium*. Após alcançando o tempo de retorno de investimento, a economia de energia será lucro para os consumidores. Este valor é expressivo considerando que a vida útil média dos motores utilizados nas indústrias brasileiras é de 17 anos.

Comparação dos Impactos da Opção

O quadro abaixo apresenta uma análise qualitativa realizada a partir da análise de impacto sobre os aspectos acima mencionados, que resume a percepção formada pela equipe.

Impacto	Magnitude	Probabilidade	Consistência da Análise
Economia de energia para o país	+3	Muito Alta	Média
Desabastecimento do fornecimento de aço para o motor <i>premium</i> no mercado brasileiro	--2	Muito Baixa	Alta
Alteração no quadro de fornecedores de aço	+1	Baixa	Alta
Alteração no quadro de fabricantes de motores	+1	Baixa	Média
Absorção pelo mercado do aumento dos preços das máquinas	+2	Alta	Alta
Ganhos energéticos e econômicos para o consumidor	+2	Alta	Alta

Conclusão e Recomendações

A percepção formada pelo CT-Motores foi que a implementação dos níveis mínimos de rendimentos nominais iguais ao da Classe IR3 para os motores de indução trifásicos justifica sua recomendação pelo forte impacto na economia de energia, pela sua contribuição ao atendimento as metas previstas pelo Governo Federal, pelos baixos impactos no mercado de aço e motores, bem como a absorção do aumento de custo do mercado de máquinas. Não se espera modificação significativa na concentração de mercado de motores elétricos e de aço, nem desabastecimento no fornecimento de aço. Espera-se ainda que o aumento de preços dos motores nas máquinas será absorvido pelo mercado desde que se garanta a isonomia com as máquinas importadas e dada a agregação de maior valor tecnológico as mesmas. Destaca-se que a utilização de motores *premium* como motores padrões é uma tendência internacional e que a utilização

de tais equipamentos trarão menores custos com a energia elétrica para os usuários finais, apesar do maior custo de aquisição, sendo necessária a sensibilização do mercado para aumentar o nível de conhecimento dos usuários sobre os benefícios destes produtos enquanto a nova Portaria Interministerial não entra em vigor.

Desta forma, concluímos que **a melhor opção é a “ação” apresentada neste relatório, ou seja, regulamentar novos níveis mínimos de rendimento para os motores elétricos trifásicos rotor gaiola de esquilo, como sendo a classe IR3 ou *premium*.**

Seção 1 – Contextualização

Seção 1.1 - Definição do Problema

De acordo com o CT- Motores Elétricos do CGIEEE, coordenado pela Eletrobras, a motivação para a proposta de níveis mínimos de eficiência energética para Motores Elétricos Trifásicos de Indução Rotor Gaiola de Esquilo, é a contribuição ao atendimento das metas de eficiência energética existentes no Plano Nacional de Energia 2030 e sua atualização para 2050, com o aumento da eficiência energética desses motores, a partir da retirada dos menos eficientes do mercado. A maior eficiência energética desses motores implicará de forma direta na redução do consumo de energia elétrica, com consequente redução de gastos com energia e custos de geração de energia elétrica.

A título de exemplo, a Tabela 2 abaixo, apresenta a evolução da eficiência energética de alguns motores de indução trifásicos, neste caso os de II (dois) polos e nas potências de 1 a 100 cv a partir do ano de 2008. Analisando os resultados obtidos é possível observar que as eficiências apresentaram uma leve melhoria. Os modelos de 15 cv, por exemplo, apresentaram um aumento de eficiência de 1,1%.

Tabela 2: rendimento médio por potência no período de 2008 a 2010 e 2015

Ano	1 CV	5 CV	10 CV	12,5 CV	15 CV	20 CV	100 CV
2008	80,9	87,7	89,6	89,7	90,5	91,5	94
2009	80,9	87,7	89,6	89,7	90,5	91,5	94
2010	81,4	-	90	-	91,5	91,9	94,5
2015	81,3	88,3	90,3	90,5	91,5	92,1	94,5

Fonte: Catálogos de Selo Procel e site do Procel

O estabelecimento de rendimentos nominais mínimos para motores de indução trifásicos é uma importante medida de eficiência energética e vem sendo utilizada pelas economias desenvolvidas. A utilização de motores *premium* como motores padrões é uma tendência internacional, conforme pode ser observado na Tabela 3, retirada da referência 9.

Tabela 3: Status dos Motores de Indução Trifásicos no ano de 2013

Efficiency Levels	Efficiency Classes	Testing Standard	Performance Standard
3-phase induction motors (Low Voltage < 1000 V)	IEC 60034-30-1, 2014	IEC 60034-2-1, 2014	Mandatory MEPS ***
	Global classes IE-Code *	incl. stray load losses	National Policy Requirement
Super Premium Efficiency	IE4	Preferred Method **	
Premium Efficiency	IE3	Summation of losses with load test: Additional losses P _{LL} determined from residual loss	Canada (< 150 kW)
			Mexico (< 150 kW)
			USA (< 150 kW)
			South Korea
			Switzerland
			Japan (Toprunner)
			EU 28**** (> 7.5 kW)
			China***** (> 7.5 kW; 2016)
High Efficiency	IE2		Australia*****
			Brazil
			Canada (> 150 kW)
			China
			Mexico (> 150 kW)
			South Korea
			New Zealand
			Turkey
			USA (> 150 kW)
Standard Efficiency	IE1		Costa Rica
			Israel
Below Standard			Taiwan

17/08/2015
Impact Energy Inc.
© EMSA 2015

*) Output power: 0.12 kW - 1000 kW,
50 and 60 Hz, line operated
2-, 4-, 6- and 8-poles

**) for 3-phase machines,
rated output power < 1000 kW
***) Minimum Energy Performance Standard

*) "Italic" means in effect in 2016
****) European Union: IE3 or IE2 + VFD;
2017 above 0.75 kW
*****) Australia adoption of IE Standards
*****) China: 2017 IE3 also < 7.5 kW

Fonte: Referência 9 Atualizada

Seção 2 – Definição das Opções

Em reuniões realizadas com o Comitê Técnico de Motores do CGIEE e com a Comissão Técnica de Motores do INMETRO, foi acordado que as opções de rendimentos mínimos de motores elétricos trifásicos rotor gaiola de esquilo seriam aquelas definidas na norma ABNT NBR 17.094-1:2013 – Máquinas Elétricas Girantes – Motores de Indução – Parte 1: Trifásicos. A opção avaliada será a proposta de rendimentos mínimos, apresentada na Tabela 4 abaixo. A proposta estabelece rendimentos mínimos para motores elétricos conforme potência e número de polos.

Tabela 4 – Menores Valores de Rendimento Nominal a Plena Carga, para Motores da Classe IR3 ou Rendimentos “premium”

Potência nominal		NÚMERO DE POLOS			
kW	cv	2	4	6	8
		Rendimento nominal			
0,75	1,0	77,0	83,5 ^a	82,5	75,5
1,1	1,5	84,0	86,5 ^b	87,5 ^c	78,5
1,5	2,0	85,5	86,5	88,5 ^d	84,0
2,2	3,0	86,5	89,5 ^e	89,5 ^f	85,5
3,0	4,0	88,5	89,5	89,5	86,5
3,7	5,0	88,5	89,5	89,5	86,5
4,4	6,0	88,5	89,5	89,5	86,5
5,5	7,5	89,5	91,7 ^g	91,0	86,5
7,5	10,0	90,2	91,7	91,0	89,5
9,2	12,5	91,0	92,4	91,7	89,5
11,0	15,0	91,0	92,4	91,7	89,5
15,0	20,0	91,0	93,0	91,7	90,2
18,5	25,0	91,7	93,6	93,0	90,2
22,0	30,0	91,7	93,6	93,0	91,7
30,0	40,0	92,4	94,1	94,1	91,7

37,0	50,0	93,0	94,5	94,1	92,4
45,0	60,0	93,6	95,0	94,5	92,4
55,0	75,0	93,6	95,4	94,5	93,6
75,0	100	94,1	95,4	95,0	93,6
90,0	125	95,0	95,4	95,0	94,1
110	150	95,0	95,8	95,8	94,1
130	175	95,4	96,2	95,8	94,5
150	200	95,4	96,2	95,8	94,5
185	250	95,8	96,2	95,8	95,0
220	300	95,8	96,2	95,8	95,0
260	350	95,8	96,2	95,8	95,0
300	400	95,8	96,2	95,8	95,0
330	450	95,8	96,2	95,8	95,0
370	500	95,8	96,2	95,8	95,0
<p>^a Para motores na carcaça 80, o valor mínimo de rendimento é 83,0 %.</p> <p>^b Para motores na carcaça 80, o valor mínimo de rendimento é 84,0 %.</p> <p>^c Para motores na carcaça 90, o valor mínimo de rendimento é 85,5 %.</p> <p>^d Para motores na carcaça 100, o valor mínimo de rendimento é 86,5 %.</p> <p>^e Para motores na carcaça 90, o valor mínimo de rendimento é 87,5 %.</p> <p>^f Para motores na carcaça 100, o valor mínimo de rendimento é 87,0 %.</p> <p>^g Para motores na carcaça 112, o valor mínimo de rendimento é 91,0 %.</p>					

Esta opção da Tabela 4, que servirá de linha de base da avaliação, será a “ação”, que compreende a tendência futura de evolução desses motores elétricos trifásicos. Cabe lembrar que já há regulamentação do INMETRO (Portaria n.º 488, de 08 de dezembro de 2010) para motores elétricos trifásicos rotor gaiola de esquilo, com exigência de ensaios que demonstrem a eficiência energética e o atendimento a outros requisitos, bem como a regulamentação específica no âmbito do CGIEE com o programa de metas pela Portaria Interministerial MME/MCT/MDIC nº 553, de 08 de dezembro de 2005. A avaliação do atendimento aos rendimentos mínimos será feita, inclusive, no âmbito do programa de avaliação da conformidade através do modelo de avaliação da conformidade, Declaração

da Conformidade do Fornecedor.

De forma a compatibilizar o universo de motores norma ABNT NBR 17.094 – 2/2013 com o da portaria 553/2005, o comitê recomenda a extensão das potências nominais dos motores da referida portaria. Esta extensão foi objeto de consulta aos fabricantes e laboratórios participantes do Comitê Técnico – PBE, coordenado pelo INMETRO. Adicionalmente, percebeu-se que o valor de rendimento nominal do motor de 1cv, 2 polos está abaixo da atual regulamentação brasileira.

Assim, propõe-se que as potências nominais dos motores no Estudo de Impacto Regulatório sejam iguais ou superiores a 0,75 kW (1cv) e até 370 kW (500 cv), de acordo com a norma ABNT NBR 17.094-1/2013 e que o valor do rendimento do motor de 1 cv, 2 polos seja de igual ao valor a atual regulamentação, ou seja 80,0. Dessa forma, na minuta de futura portaria interministerial será sugerida extensão e a mencionada alteração do valor do rendimento. Cabendo destacar a necessidade de aumento da capacidade dos laboratórios para realização dos ensaios, especialmente para suportar a elevação de torque sob carga para motores com 6 e 8 polos.

Assim, o universo de motores pretendido na “ação” é superior ao da Portaria interministerial 553.

O histórico da regulamentação dos motores elétricos até a Portaria interministerial 553 é apresentada no Anexo A

Seção 3 – Análise de Impactos

A análise de impactos foi realizada por meio de uma análise qualitativa, em que foram considerados os principais impactos que poderiam ser avaliados com os dados disponíveis. Os impactos nos mercado de aço, de motores, de máquinas de bens de

capital e do setor elétrico foram avaliados. No setor de aço, foi avaliada a capacidade de fornecimento de aço para os fabricantes de motores, sob as óticas da possibilidade de desabastecimento de aço e da quantidade de fornecedores. No mercado de motores foi analisada se esta ação impactaria na participação atual dos fabricantes/importados nas vendas. No setor de máquinas foi investigado o impacto do aumento dos custos das máquinas com a adoção destes motores. No setor elétrico, foi examinada a economia de energia para o país e seus reflexos nas metas de conservação de energia previstas pelo Governo Federal. Por fim, foi analisado o impacto sob o ponto de vista do consumidor, apresentando-se os ganhos energéticos e econômicos, decorrentes da escolha do motor *premium*.

Seção 3.1 – Análise do impacto sobre o mercado de aço

Para atingir os níveis de rendimentos requeridos dos motores da Classe IR3 (linha *premium*), o uso do aço silício para confecção do núcleo dos motores tende a aumentar. Os aços elétricos semiprocessados produzidos pelas demais siderúrgicas (CST, CSN e Usiminas) atendem os níveis de perdas demandados para os modelos de menores carcaças desta linha de motores. O aço silício é produzido no Brasil apenas por um único fabricante, não havendo concorrência no mercado interno. Esta seção tem como objetivo avaliar o impacto da concentração do mercado fornecedor do aço na qualidade do produto, no abastecimento, no preço do aço e no custo final do motor.

A metodologia adotada para obter as informações aqui apresentadas foi a entrevista em separado com todos os fabricantes de motores, cujos produtos estejam incluídos no presente impacto regulatório, e todos os fabricantes de aços elétricos nacionais. Estas entrevistas tiveram como objetivo verificar os aços adequados aos níveis de perdas exigidos pela linha *premium* disponíveis no mercado nacional e suas características técnicas, adequação dos níveis de produção e de demanda de cada um destes produtos, bem como seus preços e tendências de variação o longo dos anos. As informações foram confrontadas entre si e com alguns dados oficiais disponíveis.

Subseção 3.1.1 – Impacto Técnico – qualidade do produto

Os fabricantes de motores são unânimes em atestar a excelente qualidade dos aços silício GNO produzidos no Brasil, atendendo plenamente as exigências técnicas de perdas e permeabilidade magnética. Os aços silício nacionais são considerados superiores aos aços asiáticos e equivalentes aos aços europeus de mesma classe.

Com relação aos revestimentos, o único fabricante nacional de aço silício tem condições de produzir os revestimentos CO, C4, C5 e C6, conforme mostra a Tabela 5, porém os preços crescem à medida que se exigem revestimentos mais elaborados. Os fabricantes

Revestimento		Características
Fabricante Nacional	ASTM	

de motores compram no Brasil o aço com revestimento C4, que atende perfeitamente as exigências para os motores da Classe IR3 (linha *premium*). A Ásia, por questões de escala, produz todo o seu aço com revestimento C6, pois como a produção é muito grande não vale a pena produzir diversos tipos revestimentos.

Tabela 5 – Tipos de revestimentos para o aço silício GNO

C-0	C-0	Aço sem revestimento, mas pode conter na superfície uma fina camada de estável de óxidos. A resistividade elétrica na superfície não é garantida.
C-4	C-4	Revestimento inorgânico formado por um tratamento de fosfatização na superfície do aço. Este tipo de revestimento é usado em aplicações que requerem moderados níveis de isolamento elétrica na superfície. Resiste ao recozimento para reforma de motores e alívio de tensões. Melhora a estampabilidade quando comparado ao material sem revestimento.
C-6	C-5	Revestimento híbrido inorgânico/orgânico aplicado à superfície do aço. É utilizado em aplicações que requerem isolamento elétrica e boa estampabilidade. Esse revestimento resiste aos tratamentos térmicos de reforma de motores e alívio de tensões.

Subseção 3.1.2 - Impacto sobre o abastecimento de aços silício para fins elétricos

O fabricante nacional produz 140.000 toneladas de aço silício de grão não orientado (GNO) através de sua laminação direta, mas tem a capacidade de produzir mais 100.000 t/ano, através da laminação indireta. Assim, em condições de demanda extrema, a capacidade nominal máxima de produção no Brasil para aços GNO é de 240.000 t/ano. Entretanto, na prática a capacidade média de produção do GNO é de 190.000 t/ano, dado este declarado pelo próprio fabricante e confirmado pela DECOM (Departamento de Defesa Comercial) ligada ao Ministério do Desenvolvimento Comercial e Industrial.

A produção de aço silício GNO em 2014 no Brasil foi de 116.970 toneladas. Conforme mostra a Tabela 6, a produção vem reduzindo ao longo dos anos em função da redução da demanda. Os dados da Tabela 6 se referem ao consumo do aço GNO para todas as aplicações como motores, hidrogeradores, compressores e etc. Prevê-se para 2015 uma produção de 108.000 toneladas, bem aquém de sua capacidade máxima de produção. A Tabela 6 mostra que a demanda total de GNO em todo o Brasil em 2014 foi menor que a capacidade de produção nacional, que está com 55% da sua capacidade instalada total ociosa.

Por temer pelo efeito do monopólio do aço silício no Brasil, os fabricantes de motores buscam no mercado internacional a diversificação de seus fornecedores. Em condições normais de

abastecimento a política dos grandes fabricantes de motores é adquirir de 30 a 45% de seu consumo de aço silício no mercado internacional. Os pequenos fabricantes, entretanto, não têm volume de compra que compense a importação. Neste caso, uma solução é comprar em revendedores pagando um preço mais caro.

Tabela 6 - Demanda do aço silício GNO no Brasil

Ano	GNO no Brasil (t/ano)		
	Demanda Total	Venda do Fabricante Nacional	Importação
2010	214.000	144.000	70.000
2011	221.000	158.000	63.000
2012	227.000	137.060	89.940
2013	208.871	128.695	80.176
2014	187.248	116.970	70.378

Investimentos para expansão da produção em usinas siderúrgicas requerem um prazo médio de 5 anos para apresentar resultados e não há no momento nenhum projeto direcionado à expansão dos aços GNO no Brasil. Isto por que a capacidade de produção nacional é maior que o consumo total de GNO em todo o setor industrial nacional. Além disto, apenas 62% desta demanda é adquirida no Brasil pelos fabricantes nacionais de motores, sendo o restante importado. Portanto, não há justificativa para uma expansão da planta.

No presente, para os motores menores, cobertos pela Portaria Interministerial 553 (motores de alto rendimento), utilizam-se os aços elétricos semiprocessados, fornecidos pela CST, Usiminas e CSN. Foram consumidos 20.000 toneladas destes aços em 2014. Parte deste consumo migrará para o aço silício GNO quando se tornar mandatório os rendimentos da Classe IR3 (linha *premium*). Os fabricantes de motores consumiram 100.000 toneladas de aço silício em 2014 (60.000 toneladas foram compradas no Brasil e 40.000 toneladas importadas).

A produção da única siderúrgica nacional produtora do aço silício GNO é limitada a 240.000 t/ano sem perspectiva de expansão. Já os fabricantes de motores trabalham com metas de expansão de 3% ao ano, o que levaria mais de 10 anos para esgotar a capacidade produtiva do fabricante nacional do aço silício. Entretanto, a taxa de crescimento pouco importa, pois o fabricante nacional do aço silício compete em um mercado internacional com uma capacidade de produção de aço silício GNO instalada de 13 milhões de toneladas por ano. No mercado mundial, há abundância de aço silício GNO, sendo exportado não só por China, Taiwan e Coreia do Sul, mas também Índia, Leste Europeu e Alemanha. Portanto, o risco de desabastecimento é muito baixo.

Com relação ao aço elétrico semiprocessado, não existem problemas de abastecimento interno, sendo produzido por as grandes usinas siderúrgicas nacionais (CSN, Tubarão e Usiminas), que garantem o abastecimento e a livre concorrência.

Subseção 3.1.3 – Impacto sobre o preço

Por temer o efeito do monopólio do aço silício no Brasil, os fabricantes de motores buscam no mercado internacional a diversificação de seus fornecedores. Em condições normais de abastecimento, a política dos grandes fabricantes de motores é adquirir de 30 a 45% de seu consumo de aço silício no mercado internacional. Os pequenos fabricantes, entretanto, não têm volume de compra que compense a importação.

Em 2012, o fabricante nacional de aço silício entrou com um pleito de ação *antidumping* contra os países asiáticos relativo aos aços silício GNO. O veredicto final foi publicado em 17 de julho de 2013, com ganho de causa para siderurgia produtora do aço silício, que venceu a ação *antidumping* contra China, Coreia do Sul e Taiwan. Na ação *antidumping* não basta provar que o concorrente pratica o dumping; é preciso provar também que a empresa, que está pleiteando, está tendo prejuízo e que o prejuízo é causado pela prática de *dumping* e não por problemas técnicos ou administrativos.

Em consequência da ação *antidumping*, segundo os fabricantes de motores, o preço dos aços GNO subiu para os consumidores no Brasil, fazendo com que os motores nacionais se tornassem muito caros e incapazes de competir no mercado internacional. Para sanar este problema, os grandes fabricantes de motores do Brasil optaram por mover uma ação junto a Secretaria de Acompanhamento Econômico do Ministério da Fazenda (SEAE), com objetivo de comprovar que é de interesse nacional o cancelamento do direito *antidumping*. A base da argumentação é a redução da produção de motores elétricos em território nacional, que resulta não só em perdas financeiras, mas em drástica redução de postos de trabalho.

O SEAE encaminhou o parecer para o Grupo Técnico de Análise de Interesse Pública (GTIP) em julho de 2014. Entretanto, a sentença manteve as tarifas *antidumping*, gerando apenas uma cota de aços do *drawback* para cada empresa. A cota para importação estabelecia pelo governo sem imposto *antidumping* é para todos os consumidores de aço GNO do país, incluindo compressores aerogeradores e outras aplicações. A cota total aprovada para todos os fabricantes brasileiros foi de 45.000 toneladas de aços, assim distribuídos:

- Para os pequenos fabricantes, importadores independentes e processadores: 5.000 toneladas.
- Para grande fabricante de motor: 12.000 toneladas. O fabricante recorreu e aumentaram a cota para 16.500 toneladas.
- Para grande fabricante de compressor: 28.000 toneladas

Em 2014, um único fabricante de motor importou 40.000 toneladas de aço silício GNO. Preparou-se uma nova argumentação para agosto de 2015, quando venceu a sentença atual. Novamente reivindicou-se que todo o aço importado dentro da cota do *drawback* não esteja sujeita ao direito *antidumping*. A cota atual de 45.000 toneladas, referente ao ano de 2015, foi totalmente consumida até abril deste mesmo ano.

Os aços são importados da China, Coréia e Taiwan, que produzem 63% do GNO do mundo. A meta dos fabricantes de motores era importar de 35 a 45% de seu consumo de aço, mas o direito *antidumping* impediu que esta meta fosse atingida. Esta proporção se refere ao consumo total de aços (aço carbono, semiprocessado e aço silício), mas a mesma proporção não se mantém por tipo de aços: os fabricantes compram todo o seu consumo de aço 1006 e aço elétrico semiprocessado no Brasil, importando grande parte do aço silício dos países asiáticos. A alegação para esta estratégia é que os preços do fabricante nacional do aço silício não são competitivos.

A própria siderúrgica brasileira que produz o aço silício admite sua dificuldade em competir em preço com os países asiáticos em função do volume de produção (escala). Enquanto este fabricante produz 190.000 t/ano de aço GNO, uma única empresa chinesa produz 1.500.000 t/ano. A laminação a quente dos lingotes da empresa nacional demora 10 minutos, enquanto nas siderúrgicas chinesas o mesmo volume é produzido em 1 minuto. A fábrica situada no Brasil é antiga e seus custos fabris não são comparáveis ao produto asiático.

É importante reiterar que todas estas estratégias só são acessíveis aos grandes consumidores de aço silício GNO. Os pequenos fabricantes de motores não têm volume de compra que compense a importação. Neste caso, uma solução é comprar em revendedores pagando um preço mais caro ou comprar diretamente do fabricante nacional do aço silício. O pequeno consumidor paga até 22% a mais pelo mesmo produto em função do menor volume de compra dentro do mesmo fornecedor. Ao recorrer à revenda, este acréscimo varia de 30 a 35% do preço final.

Para o material importado, as despesas com importação (taxas, fretes, etc.) elevam os custos em média em 15% para o regime de *drawback*. Sem o regime de *drawback*, há necessidade de se incluir mais 14% referente ao imposto de importação. Há também necessidade de incluir os valores das taxas de direito *antidumping* como se segue:

China US\$ 175,97/t

Taiwan US\$ 198,34/t

Coreia US\$ 132,50/t

Em dólar, o preço do aço silício vem caindo no mercado nacional. Isto por que o fabricante nacional do aço silício tem reduzido sua margem de lucro a valores muito baixos. A proteção do imposto *antidumping* na prática não tem favorecido o fabricante nacional de aço silício, pois as empresas brasileiras fabricantes de motores estão comprando o aço silício GNO de empresas do leste europeu e da Alemanha como ThyssenKrupp e a unidade de produção da Posco situada na Índia, que não são atingidas pelo direito *antidumping*. Além disto, a Resolução 74 da Câmara de Comércio Exterior publicada em 22 de agosto de 2014 reduz para zero a tarifa *antidumping* para 45.000 toneladas de aços GNO. Portanto, na prática, a siderúrgica que produz o aço silício no Brasil está competindo no mercado internacional com os demais fabricantes sem nenhum tipo de proteção.

Conforme demonstrado, a Secretaria de Acompanhamento Econômico do Ministério da Fazenda (SEAE) e ao Grupo Técnico de Análise de Interesse Pública (GTIP), o fabricante nacional de aço silício vem trabalhando desde 2009 com preços que se traduzem em prejuízo na linha do aço GNO, conforme demonstra a Tabela 7

Tabela 7: Relação Custo total/Preço dos aços GNO produzidos pelo fabricante nacional de aço silício

Período	Relação custo/preço
2007	0,90
2008	0,80
2009	1,11
2010	1,01
2011	1,05
2012	1,04

Segundo os fabricantes de motores, as curvas de custos de produção são descendentes para o minério de ferro, para operações de corte, o aço e demais insumos no mercado internacional, mas no Brasil estes custos têm-se mantido constantes ou ascendentes, mesmo com a variação cambial. Para os custos praticados no Brasil se equipararem com os preços internacionais é preciso que o dólar comercial se mantenha ao valor de 4 reais.

Constatou-se que o custo fabril do aço silício nacional é maior que alguns fabricantes internacionais, resultando na queda sistemática das margens de lucro do fabricante nacional. Em longo prazo, com aumento do consumo do produto há risco de uma alta de preços, que será limitada pela competição no mercado internacional.

Subsessão 3.1.4 – Impacto sobre os custos finais do motor

Todos os fabricantes de motores foram unânimes em informar que, no presente, o custo do núcleo de aço dos motores representa de 30 a 35% do custo final do motor. A troca do material do núcleo do motor para aços com menores perdas elétricas (aço silício GNO) reduz a margem de lucro dos fabricantes de motores, pois o mercado consumidor não absorve eventuais aumentos do produto. Com a substituição do núcleo dos motores por aço silício, este custo representará de 35 a 40% do custo final do motor.

Seção 3.2 – Análise do impacto sobre o consumo de energia

Foi realizada uma estimativa dos ganhos energéticos proporcionados pela adoção dos níveis mínimos de eficiência energética equivalentes aos da Classe IR3, no ano previsto de adoção dos novos rendimentos (2020), além de uma previsão para o ano de 2050, tendo em vista esse ser o ano de referência do Plano Nacional de Energia 2050 - PNE 2050. No caso do PNE 2050, as informações foram obtidas a partir da Nota Técnica DEA 13/14, referente à série “Estudos da Demanda de Energia”, publicada em agosto de 2014 pela EPE.

Para se obter as estimativas foi utilizada como base a metodologia para avaliação dos resultados do Selo Procel em motores de indução elétricos trifásicos desenvolvida pela Universidade Federal de Itajubá (Unifei) por solicitação da Eletrobras (mais detalhes no Anexo C). Assim, estimaram-se resultados apresentados na sequência.

- Economia de energia elétrica ao ano prevista para o ano de entrada em vigor da nova regulamentação (2020):

$$EE2020 = 128 \text{ GWh/ano}$$

- Economia de energia elétrica no ano previsto para 2050:

$$EE2050 = 4.762 \text{ GWh/ano}$$

Nessas estimativas levou em consideração um crescimento médio no consumo anual dos motores de 3,2%, baseando-se na Nota Técnica DEA 13/14, citada anteriormente. Cabe destacar que, apesar de estar sendo proposta uma extensão do universo de motores elétricos, como detalhado na Seção 2, a estimativa realizada considerou o universo atual de potências da Portaria Interministerial 553/2005, ou seja, até 250 cv, considerando a inexistência de dados para potências superiores. Por esta razão, os resultados obtidos são conservadores.

Ainda, segundo essa Nota Técnica, o setor industrial poderá obter ganhos em eficiência energética da ordem de 160 TW/h em 2050. Nesse cenário, a adoção dos índices IR3 colaboraria com 2,98% dessa economia de energia.

A energia economizada em cada um dos anos avaliados equivale à mesma energia gerada por usinas hidrelétricas, as quais estão expressas na Tabela 8. Para essas estimativas, levou-se em consideração um fator de capacidade de 56% para hidrelétricas e perdas no sistema elétrico de 15%.

Tabela 8 – Energia Economizada / Usina Equivalente

Ano avaliado	Usinas equivalentes (MW)
2020	31
2050	1.142

Levando-se em consideração o custo marginal de expansão da geração atual (R\$ 139 mil/GWh), podemos, também, expressar essa economia em termos de custos evitados, conforme apresentado na Tabela 9. Por sua vez, os custos evitados foram obtidos pelo produto do CME (Custo Marginal de Expansão) pela economia de energia nos anos avaliados.

Tabela 9 – Energia Economizada / Custo Evitado

Ano avaliado	Custo evitado (milhões de R\$)
2020	18
2050	662

Seção 3.3 – Análise do impacto sobre o mercado de máquinas

O setor de máquinas e equipamentos de bens de capital é um relevante setor econômico e integra as cadeias de valores que compõem a diversidade da oferta brasileira. O faturamento bruto desta indústria foi de R\$ 71,19 bilhões em 2014, os dados de 2015 mostram faturamento mensal de aproximadamente R\$ 7 bilhões, segundo dados da associação brasileira do setor, a ABIMAQ – Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos, fundada em 1975, com o objetivo de atuar em favor do fortalecimento da Indústria Nacional, mobilizando o setor, estimulando o comércio e a cooperação internacionais e contribuindo para aprimorar seu desempenho.

A ABIMAQ representa atualmente cerca de 7.800 empresas dos mais diferentes segmentos fabricantes de bens de capital mecânico, cujo desempenho tem impacto direto sobre os demais setores produtivos nacionais. Esta entidade vem defendendo a modernização da indústria brasileira para torná-la mais competitiva. Adicionalmente, o setor habilita-se a ocupar espaço no mercado externo, onde enfrenta tanto a competição dos países mais desenvolvidos no campo da qualidade e tradição industrial, como dos países em fase inicial de industrialização, capazes de praticar preços extremamente competitivos, graças ao baixo custo de seus insumos e de mão de obra.

Quando se compara motores de mesma potência, percebe-se a maioria dos projetos dos motores *premium* demandam uma maior utilização de material, seja cobre ou aço, ou mesmo mudar do tipo de aço, levando a um aumento no custo do motor e de seu preço. O reflexo nos custos das máquinas que tem estes motores como componentes dependem de cada máquina e da participação dos mesmos em sua matriz de custo. Este setor não se beneficia da economia de energia, pois a operação se dará no cliente.

Este setor vem sofrendo ao longo dos anos, os reflexos da desindustrialização e competição com as máquinas importadas. A ABIMAQ vem defendendo medidas de modernização e de reindustrialização do país. Desta forma, se tornou importante consultar seus representantes. Em reunião realizada na sede da instituição, a ação foi exposta e suas dúvidas esclarecidas. O entendimento destes representantes foi que esta ação está inserida dentro do universo de modernização da indústria na busca de maior competitividade. Foi externada a preocupação que o aumento de custo também recai nas máquinas importadas, ou seja, a necessidade de aperfeiçoar a fiscalização das máquinas importadas. A ABIMAQ se prontificou a colaborar com uma lista de NCMs significativos para exigir a licença de importação.

A experiência quando da mudança do rendimento de motores de nível IR1 para IR2 mostrou que esta indústria não terá problema com absorção do aumento de seus produtos no

mercado, dado que a fiscalização dará a isonomia com as máquinas importadas e um maior valor tecnológico é agregado às máquinas.

Seção 3.4 – Análise do impacto no mercado de motores

O mercado brasileiro de motores de indução trifásico está entre os dez maiores do mundo com uma produção anual média estimada de 1 milhão de unidades, com picos superiores a 1,5 milhão de unidades. Um dos fabricantes nacionais é um dos maiores do mundo e opera em mais de 30 países.

O mercado é concentrado em termos de participação no mercado, sendo um dos fabricantes responsável por mais de 75% da produção nacional e cerca de 60% das vendas. Estes dados são de difícil confirmação dado que sua entidade de classe, a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE, não divulga estatísticas de vendas de motores há alguns anos. No mercado se encontram representantes de grandes fabricantes mundiais, notadamente os europeus com Siemens, ABB, SEW.

Para atualizar e sistematizar as opiniões do setor, o Comitê Técnico responsável por este estudo enviou um questionário aos quinze fabricantes nacionais e importadores pertencentes ao Comitê Técnico do PBE – INMETRO. As seguintes perguntas constaram do mesmo:

- a) Nome do Fabricante (Nome Fantasia no mercado nacional):
- b) Fabrica os componentes no Brasil?
- c) Importa parte ou todos os componentes?
- d) Comercializa a linha IR3 atualmente no Brasil?
- e) Comercializa a linha IR3 atualmente fora do Brasil?
- f) Uma nova regulamentação para IR3 incentivaria a montagem de fábrica no país?
- g) Gostaria de registrar algum comentário que achar pertinente ao assunto:

Dos quinze participantes do Comitê PBE, oito responderam. Segue a síntese das respostas:

- 03 fabricam no Brasil, 01 fabrica parte no Brasil e 04 só importam seus motores de outra planta de fabricação;
- Todos importam algum componente ou o motor inteiro;
- 05 já comercializam motores da classe chamada *premium* no Brasil, no entanto todos comercializam fora do país com exceção de um;
- Para 05 respondentes, a nova regulamentação não incentivaria a criação de fábrica nacional, enquanto incentivaria para um e para um fabricante nacional incentivaria a expansão;
- Os comentários foram direcionados no sentido de promover o mercado através de instrumentos de incentivo fiscal, como redução de PIS/CONFINS e da alíquota de importação, no sentido de promover a divulgação dos benefícios econômicos e energéticos destes motores junto aos consumidores e propor a diminuição dos custos da certificação no país.

A introdução dos rendimentos dos motores *premium* como rendimentos nominais mínimos tende a atrair novos fabricantes como importadores de seus produtos conforme percebido na pesquisa onde se detectou pouca motivação para montagem de novas fábricas no país. A estrutura concentrada do mercado deve diminuir um pouco, mas não se espera grandes alterações na medida em que o fabricante dominante devido a grande escala e desenvolvimento tecnológico de seus produtos obtém preços competitivos internacionalmente e dispõe de uma excelente rede de assistência técnica nacional que fideliza a clientela.

Seção 3.5 – Análise do impacto no ponto de vista do consumidor

Subseção 3.5.1 – Ganho Energético

Se um motor de um consumidor opera H horas por ano, solicitando da rede elétrica uma potência elétrica P_e (em kW), a energia elétrica consumida por ano é:

$$E = H \times Pe$$

A potência elétrica Pe se relaciona com a potência mecânica P (em cv) desenvolvida no eixo através do rendimento e do fator de conversão entre cv e kW (caso a potência do motor seja dada em HP , *horse power*, o fator de conversão deve ser 0,746). Desta maneira, o consumo de energia pode ser calculado por:

$$E = 0,736 \times H \times P \times \frac{1}{\eta}$$

Considerando-se, respectivamente, os rendimentos η_{AR} e η_{PR} para os motores da linha alto rendimento e *premium* e ambos desenvolvendo a mesma potência mecânica, a economia anual EA no consumo de energia elétrica ao se optar pelo motor *premium* será:

$$EA = 0,736 \times H \times P \times \left(\frac{1}{\eta_{AR}} - \frac{1}{\eta_{PR}} \right)$$

A equação acima se aplica à operação com carga constante, com os motores operando com mesma tensão e velocidade. Para carga variável, devem-se calcular os valores da economia obtidos em cada intervalo de carga e somá-los para a obtenção da economia anual.

Subseção 3.5.2 – Ganho Econômico

O cálculo do tempo de retorno do investimento simplificado (*payback* simples) leva em conta a tarifa da energia elétrica T (em R\$/kWh), a economia anual EA obtida e a diferença de preços entre os motores ($PR_{PR} - PR_{AR}$, em R\$). Assim o tempo de retorno do investimento TRI (em anos) pode ser estimado por:

$$TRI = \frac{PR_{PR} - PR_{AR}}{EA \times T}$$

Observa-se que o tempo de retorno do investimento será tanto menor quanto maior for:

- A tarifa de energia;

- O número de horas de operação;
- A diferença entre os rendimentos; e
- A potência da carga.

Destaca-se que após o tempo de retorno do investimento, a economia de energia em cada ano é convertida diretamente em lucro (R\$) que é dado pela multiplicação da economia de energia EA pela tarifa T .

Por exemplo, consideremos dois motores de 50 cv, 4 polos, 220 V, um da linha alto rendimento e outro *premium*. Seus rendimentos nominais valem $\eta_{AR} = 93,6\%$ e $\eta_{PR} = 94,6\%$ (observar que estes valores são superiores aos apresentados nas Tabelas 2 e 3). Se os motores desenvolverem potência nominal, operando com tensão nominal e mesma velocidade durante 6.000 horas por ano, então a economia anual de energia ao se optar pelo uso do motor de *premium* será:

$$EA = 0,736 \times 6000 \times 50 \times \left(\frac{1}{0,936} - \frac{1}{0,946} \right)$$

ou

$$EA = 2.493,6 \text{ kWh/ano.}$$

Admitiremos que os preços dos motores são $PR_{AR} = \text{R\$ } 10.785,06$ e $PR_{PR} = \text{R\$ } 12.726,37$ e que a tarifa de energia elétrica é igual a $T = \text{R\$ } 0,550/\text{kWh}$. Para as condições citadas, o tempo de retorno do investimento para a opção de compra do motor de *premium* será:

$$TRI = \frac{12.726,37 - 10.785,06}{2.493,6 \times 0,550} = 1,42 \text{ anos ou 17 meses.}$$

O lucro anual após o TRI será de R\$ 1.371,50 (2.493,6 x 0,550).

O cálculo do TRI apresentado anteriormente (*payback* simples) considera a tarifa de energia elétrica média, e ainda, constante ao longo desse tempo. Uma boa estimativa da tarifa pode ser obtida dividindo o valor da conta pela energia consumida. Isto de certa

maneira inclui a demanda. Também é importante destacar que o cálculo do TRI apresentado anteriormente (*payback* simples) não leva em conta o valor da moeda no tempo, desconsiderando-se a taxa de juros. Todavia, esta é uma estimativa inicial frequentemente utilizada na tomada de decisão sobre investimentos.

A Tabela 10 é uma fonte de consulta rápida do TRI (*payback* simples) para a compra de um motor *premium* ao invés de outro da linha alto rendimento de 4 polos (o mais vendido, seguido de 2, 6 e 8 polos). Ela é uma aproximação baseada nas hipóteses do período de funcionamento de 4000, 6000 e 8000 horas por ano. A tarifa de energia elétrica considerada é de R\$ 0,550/kWh e a carga do motor é constante e nominal. Os preços dos motores elétricos foram fornecidos por um fabricante de motores elétricos. Na média, os motores *premium* são 25% mais caros que os motores de alto rendimento. Com relação ao número de horas apresentado, cabe destacar que o universo de motores proposto, apresentado na Seção 2, abrange motores de regime contínuo (S1), ou seja, motores que operam maior número de horas ao dia (superior a 4000 h/ano), o que faz com que o tempo de retorno de investimento seja mais atrativo de acordo com a Tabela 10.

Tabela 10 - Tempo de Retorno do Investimento (*Payback* Simples) para Compra do Motor *Premium* ao invés do Motor da Linha Alto Rendimento para Carga Nominal*

P (cv)	TRI (anos) para 4000 h/ano	TRI (anos) para 6000 h/ano	TRI (anos) para 8000 h/ano
1,0	2,76	1,84	1,38
1,5	1,11	0,74	0,55
2,0	2,69	1,79	1,34
3,0	2,03	1,35	1,02

4,0	1,45	0,96	0,72
5,0	2,68	1,79	1,34
6,0	3,32	2,21	1,66
7,5	2,91	1,94	1,46
10,0	3,34	2,22	1,67
12,5	2,16	1,44	1,08
15,0	3,87	2,58	1,93
20,0	3,28	2,19	1,64
25,0	3,08	2,05	1,54
30,0	3,27	2,18	1,64
40,0	2,38	1,59	1,19
50,0	2,12	1,42	1,06
60,0	3,56	2,37	1,78
75,0	3,18	2,12	1,59
100,0	3,12	2,08	1,56
125,0	5,08	3,39	2,54
150,0	5,50	3,67	2,75
175,0	3,84	2,56	1,92
200,0	4,56	3,04	2,28
250,0	5,04	3,36	2,52
300,0	7,01	4,67	3,50
350,0	6,58	4,39	3,29
400,0	6,07	4,05	3,03
450,0	5,92	3,95	2,96
500,0	5,86	3,91	2,93

*Tarifa considerada de R\$ 0,550/kWh

Seção 4 – Comparação dos Impactos das Opções

No Quadro 1, sintetizamos a comparação dos impactos, de acordo com a percepção formada a partir da análise de impacto realizada na seção anterior. O resultado é referente à opção “ação”, ou seja, estabelecer rendimentos nominais mínimos para os motores elétricos como sendo a classe IR3, como discutido, nas Seções 2 e 3.

A segunda coluna descreve a percepção sobre a magnitude do impacto analisado, assumindo valores de 1 a 5, sendo que, quanto maior o valor (em módulo) maior a magnitude do impacto. O sinal negativo ou positivo descreve a valoração do impacto (se ruim ou bom) e não o sentido do impacto (se aumenta ou diminui). A terceira coluna descreve a percepção sobre a probabilidade de ocorrência do impacto (podendo ser “muito baixo”, “baixo”, “médio”, “alto” ou “muito alto”) e a última sobre a consistência da análise, em outras palavras, o quanto percebemos que os resultados que fundamentam a percepção são “confiáveis”. Abaixo justificaremos a avaliação de cada um dos itens do quadro.

Quadro 1 – Resumo da avaliação de impacto

Impacto	Magnitude	Probabilidade	Consistência da Análise
Economia de energia para o país	+3	Muito Alta	Média
Desabastecimento do fornecimento de aço para o motor <i>premium</i> no mercado brasileiro	-2	Muito Baixa	Alta
Alteração no quadro de fornecedores de aço	+1	Baixa	Alta
Alteração no quadro de fabricantes de motores	+1	Baixa	Média

Absorção pelo mercado do aumento dos preços das máquinas	+2	Alta	Alta
Ganhos energéticos e econômicos para o consumidor	+2	Alta	Alta

Fonte: Elaboração própria

Economia de energia para o país: Mostramos, na análise anterior, que a chance de que a evolução dos índices mínimos de rendimentos nominais de IR2 para IR3 promova economia de energia é muito alta, tendo em vista que, a partir de 2020, somente seriam fabricados, comercializados e importados motores com maiores eficiências (IR3). Por esse motivo, caso a nova portaria entre em vigor a partir de 1º de janeiro de 2020, a probabilidade é muito alta. Para se obter as estimativas apresentadas na Seção 3.2, foi utilizada como base a metodologia para avaliação dos resultados do Selo Procel em motores de indução elétricos trifásicos desenvolvida pela Universidade Federal de Itajubá (Unifei) por solicitação da Eletrobras. Ainda assim, avaliamos a consistência da análise como média, neste caso, porque se conhece, mais ou menos, em que cenário isso seria possível e por haver muitas incertezas e fatores (vide Anexo C).

Desabastecimento de aço para o motor *premium* no mercado: Percebe-se pela análise anterior, que a chance de desabastecimento de aço para confecção do motor *premium* é muito baixa. Apesar de um único fabricante produzir os aços silício adequados para atender este tipo de motor no Brasil, a demanda de todo o país ainda é menor que sua capacidade produtiva. Além disto, no mercado mundial existem diversos fabricantes de aços silício em diferentes continentes, havendo excedente do produto no mercado mundial. Com relação ao aço elétrico semiprocessado, que continuará sendo utilizado para projetos de motores de menores carcaças, sua disponibilidade no mercado interno é muito maior que o consumo nacional, sendo fabricado por três grandes usinas siderúrgicas, que concorrem livremente entre si e no mercado internacional.

Verificou-se ainda que a qualidade técnica do produto fabricado no país é equiparável ou

superior aos produtos importados. Finalmente, constatou-se que o custo fabril do aço silício nacional é maior que alguns fabricantes internacionais, resultando na queda sistemática das margens de lucro do fabricante nacional. À longo prazo, com aumento do consumo do produto, há risco de uma alta de preços, que será limitada pela competição no mercado internacional.

Para obterem-se as estimativas apresentadas na Seção 3.1, foram confrontadas informações fornecidas tanto pelos fabricantes de aços como fabricantes de motores elétricos. Avalia-se a consistência da análise como alta, porque se pesquisou o universo total dos envolvidos no processo e as informações fornecidas pelas diferentes partes mostraram-se consistentes entre si.

Alteração no quadro de fornecedores de aço: Na análise de mercado de aço, concluiu-se que o aumento da demanda de aço silício não deve mudar o quadro de fornecedores, ela não levará ao surgimento ou extinção de novo fabricante nacional de aço silício e que os mesmos fabricantes continuarão a fornecer o aço elétrico semiprocessado. A probabilidade de alteração deste quadro é baixa e a qualidade da informação como explicado no parágrafo anterior nos leva a crer que a consistência da análise é alta.

Alteração no quadro de fabricantes de motores: A ação avaliada coloca no mercado produtos de maior valor tecnológico agregado e deve atrair a atenção de mais fabricantes internacionais. Contudo não se espera mudança significativa na concentração do mercado de motores, tendo em vista, o ganho atual de escala de fabricação já conseguido pelo fabricante dominante. Desta forma, a probabilidade de alteração do quadro de participação do mercado pelo fabricante é baixa. Como não há divulgação oficial das informações de venda, consideramos a consistência dos dados da análise como média, embora os anos de experiência da Eletrobras e do INMETRO com este mercado nos confira segurança ao apresentar estas conclusões.

Absorção pelo mercado do aumento dos preços das máquinas: Na maioria dos projetos dos motores para se obter os novos valores de rendimentos nominais, haverá uma previsão de maior utilização de material, seja cobre ou aço, ou mesmo mudar do tipo de aço, certamente este aumento no custo do motor e de seu preço, levará a um aumento, mesmo em menor escala nas máquinas que utilizam motores como um de seus componentes. O setor de máquinas vem sofrendo ao longo dos anos, os reflexos da desindustrialização e competição com as máquinas importadas. A ABIMAQ vem defendendo medidas de modernização e de reindustrialização do país. Desta forma, entende que esta ação está inserida dentro deste universo e que a única preocupação é que o aumento de custo também recaia nas máquinas importadas. Com estas premissas, é alta a probabilidade que o mercado absorva este impacto. A metodologia de entrevista e consulta aos dados nos faz classificar a consistência da análise como média, embora isto já tenha acontecido quando da mudança do nível mínimo de motor padrão (IR1) para alto rendimento (IR2) quando o impacto no preço foi absorvido.

Ganhos energéticos e econômicos para o consumidor: mostrou-se anteriormente que a chance de obtenção de ganhos energéticos e econômicos para o consumidor que utiliza motores *premium* é alta, tendo em vista que tais equipamentos apresentam maiores rendimentos, acarretando em redução de sua fatura de energia elétrica, que compensa em alguns meses ou anos o maior valor do motor. A partir do tempo de retorno de investimento, a economia de energia gera lucro para a empresa. A probabilidade de tais benefícios para os consumidores que optarem pelos motores *premium* é alta. A consistência da análise também é alta, de acordo com o desenvolvimento matemático apresentado na Seção 3.5.

Seção 5 – Conclusão e Recomendações

A percepção formada pelo CT-Motores foi que a implementação dos níveis mínimos de rendimentos nominais iguais ao da Classe IR3 para os motores de indução trifásicos justifica sua recomendação pelo forte impacto na economia de energia, pela sua contribuição ao atendimento as metas previstas pelo Governo Federal, pelos baixos impactos no mercado de

aço e motores, bem como a absorção do aumento de custo do mercado de máquinas. Não se espera modificação significativa na concentração de mercado de motores elétricos e de aço, nem desabastecimento no fornecimento de aço. Espera-se ainda que o aumento de preços dos motores nas máquinas será absorvido pelo mercado desde que se garanta a isonomia com as máquinas importadas e dada a agregação de maior valor tecnológico às mesmas. Destaca-se que a utilização de motores *premium* como motores padrões é uma tendência internacional e que a utilização de tais equipamentos trará menores custos com a energia elétrica para os usuários finais, apesar do maior custo de aquisição, sendo necessária a sensibilização do mercado para aumentar o nível de conhecimento dos usuários sobre os benefícios destes produtos enquanto a nova Portaria Interministerial não entra em vigor.

Desta forma, concluímos a melhor opção é a “ação” apresentada neste relatório, ou seja, regulamentar novos níveis mínimos de rendimento para os motores elétricos trifásicos gaiola de esquilo, como sendo a classe IR3 ou *premium*.

Este estudo tentou contar com a consulta e participação de todas as partes interessadas relevantes. Esta consulta deve ser estendida a outros agentes como os consumidores e / ou suas associações de classes durante o processo de análise de impacto regulatório. A consulta pública é um instrumento muito válido para tal fim.

Referências

- 1- Empresa de Pesquisa Energética. Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: < <http://www.epe.gov.br> >. Acesso em: julho de 2015.
- 2- Ministério de Minas e Energia. Balanço de Energia Útil - BEU. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acesso em: julho de 2015.
- 3- Filippo Filho, G. Motor de Indução. 2. ed. São Paulo: Érica, 2013.
- 4- Locatelli, E. R. Motor Elétrico – Guia Técnico Avançado da Eletrobras. Rio de Janeiro, 2004.
- 5- Associação Brasileira de Manutenção. A Situação da Manutenção no Brasil. Paraná, 2011. Disponível em: < <http://www.abraman.org.br> >. Acesso em: jan. 2015.
- 6- Máquinas elétricas girantes - Motores de Indução – Parte 1: trifásicos. ABNT - NBR 17094, 2013.
- 7- Eletrobras/ICA, Motores Elétricos Premim, Guia Técnico, versão preliminar, Rio de Janeiro, 2015.
- 8- Nit-Dipac-014. ANÁLISE DE IMPACTO REGULATÓRIO. Revisão 02.
- 9- Conrad U. Brunner, Rita Werle. *Market Transformation Program for Electric Motor Systems - Global progress report and outlook*, Rio de Janeiro, EEMODS 2013.
- 10- Procel. Relatório Final do Projeto de Revisão da Metodologia de Avaliação dos Resultados do Selo Procel em Motores Elétricos. Rio de Janeiro, 2009.
- 11- Eletrobras Procel. Relatório de Resultados do Procel 2015: ano base 2014. Rio de Janeiro, 2015.
- 12- EPE. Nota Técnica DEA 13/14 PNE 2050 - Estudos da Demanda de Energia. Rio de Janeiro, 2014.
- 13- EVO. Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance Volume 1 - Versão Traduzida. Disponível em: <http://www.evo-world.org/index.php?option=com_form&form_id=77&Itemid=574>. Acessado em 10/09/2013.

Anexos

Anexo A – Histórico e considerações sobre a regulamentação para motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo

1. INTRODUÇÃO

O estabelecimento das primeiras tabelas de rendimentos mínimos para motores elétricos iniciou-se com o Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, conduzido pelo INMETRO, em 1992. Essas tabelas foram propostas em bases voluntárias em 1998.

Durante o racionamento de energia elétrica de 2001, o Governo aprovou a Lei de Eficiência Energética (Lei nº 10.295/2001) que prevê o estabelecimento pelo Poder Executivo de índices mínimos de eficiência e máximo de consumo para os aparelhos consumidores de energia, bem como para as edificações.

No mesmo ano foi criado o Comitê Gestor para os Indicadores de Eficiência Energética – CGIEE (Decreto nº 4.059/2001), com função de publicar as regulamentações de índices mínimos de eficiência energética para os aparelhos consumidores de energia e os programas de metas, indicando a evolução desses índices.

Em 2002, o CGIEE escolheu os motores elétricos como sendo o primeiro produto a ter regulamentação específica, em função da sólida base de dados advinda do PBE para etiquetagem de rendimento e fator de potência, e do seu consumo significativo: 30% do consumo no país e 49% do consumo industrial¹, conforme apresentado nas Figuras 1A e 2A, respectivamente. Foi considerado o consumo no país de 360 TWh².

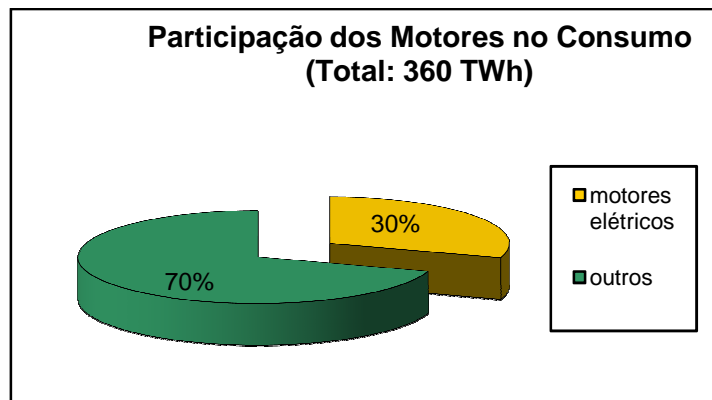


Figura 1A: Porcentagem do consumo de energia elétrica referente aos motores elétricos.

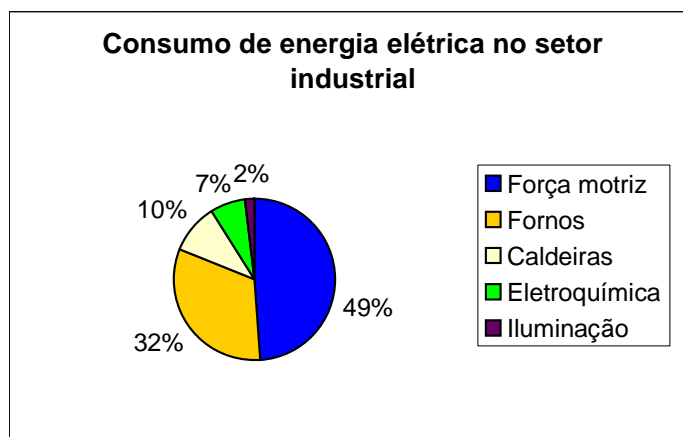


Figura 2A: Consumo de energia elétrica no setor industrial.

O CGIEE criou o Comitê Técnico de Motores, CT-Motores, para elaborar as primeiras versões da regulamentação específica de motores e dos programas de metas, mostrando a evolução dos rendimentos mínimos dos motores de indução trifásicos. O CT-Motores é constituído por representantes das seguintes instituições:

CEPEL – Centro de Pesquisa em Energia Elétrica.

ELETROBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras – instituição coordenadora.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização, e Qualidade Industrial.

MME – Ministério de Minas e Energia.

A regulamentação específica de motores, estabelecida por meio do Decreto nº 4.508/2002, abrangeu os motores de indução trifásicos, rotor tipo gaiola de esquilo, tensão até 600 V, potências de 1 até 250 cv, número de polos 2, 4, 6 e 8. Nessa regulamentação, foram definidas duas tabelas de rendimentos: a linha padrão e a linha alto rendimento. A regulamentação, além dos motores de indução, também abrange as máquinas motrizes de uso final que contenham os motores objetos da regulamentação. A regulamentação abrange cerca de 80% do mercado nacional de motores de indução¹.

2. A PORTARIA DO PROGRAMA DE METAS

Visando ao cumprimento da regulamentação específica de motores, o Comitê Técnico de Motores retomou os trabalhos para a elaboração do Programa de Metas em Julho de 2003, conforme previsto no decreto da regulamentação de motores, após um ano da publicação de regulamentação específica³.

O Programa de Metas está centrado nos níveis mínimos vigentes para motores de alto rendimento. Os níveis estabelecidos constituem tabela única de valores mínimos de eficiência para os motores de indução trifásicos fabricados e comercializados no País e iguais aos valores vigentes para a atual linha de motores de alto rendimento. O programa de metas, assim estruturado, aboliu a fabricação e a comercialização dos atuais motores da linha padrão.

O Comitê Técnico realizou um programa de consultas aos fabricantes nacionais, no qual verificou-se a experiência na fabricação de motores da linha de alto rendimento e exame de viabilidade técnica da proposta

(avaliação das barreiras tecnológicas/dificuldades de execução/atendimento às especificações, reflexos nos custos de fabricação).

Durante a consulta aos fabricantes foram identificadas as necessidades de ações governamentais para viabilizar o programa de metas, tais como: estabilização dos preços e características da chapa de aço para fins elétricos de fabricação nacional; incentivos para a modernização dos laboratórios de ensaio e desenvolvimento; e investimentos na área de recursos humanos, atualização do corpo técnico na aplicação de métodos modernos de projeto e ensaio de máquinas elétricas e modernização de pacotes de programas computacionais (ferramentas CAD e elementos finitos).

A Portaria Interministerial nº 553/MME/MCT/MDIC/2005 do Programa de Metas, cuja minuta foi elaborada no Comitê Técnico de Motores, foi publicada em 08-12-2005. Nessa portaria as linhas “padrão” e “alto rendimento” foram substituídas por uma linha única, equivalente à atual linha de alto rendimento, como mostra a Tabela 1A.

Tabela 1A - Rendimentos mínimos para os motores após a publicação do programa de metas

cv	kW	Polos			
		2	4	6	8
1,0	0,75	80,0*	80,5	80,0	70,0
1,5	1,1	82,5	81,5	77,0	77,0
2,0	1,5	83,5	84,0	83,0	82,5
3,0	2,2	85,0	85,0	83,0	84,0
4,0	3,0	85,0	86,0	85,0	84,5
5,0	3,7	87,5	87,5	87,5	85,5
6,0	4,5	88,0	88,5	87,5	85,5
7,5	5,5	88,5	89,5	88,0	85,5
10	7,5	89,5	89,5	88,5	88,5
12,5	9,2	89,5	90,0	88,5	88,5
15	11	90,2	91,0	90,2	88,5
20	15	90,2	91,0	90,2	89,5

25	18,5	91,0	92,4	91,7	89,5
30	22	91,0	92,4	91,7	91,0
40	30	91,7	93,0	93,0	91,0
50	37	92,4	93,0	93,0	91,7
60	45	93,0	93,6	93,6	91,7
75	55	93,0	94,1	93,6	93,0
100	75	93,6	94,5	94,1	93,0
125	90	94,5	94,5	94,1	93,6
150	110	94,5	95,0	95,0	93,6
175	132	94,7	95,0	95,0	
200	150	95,0	95,0	95,0	
250	185	95,4	95,0		

O prazo de fabricação de motores e máquinas motrizes foi previsto para 4 anos a partir da publicação do programa; enquanto os prazos para comercialização de motores e máquinas motrizes foram previstos para 4 anos e 6 meses. Antes da entrada em vigor destes prazos, valeram os índices estabelecidos na regulamentação específica de motores.

O programa de metas reafirmou a estrutura de laboratórios e normas de ensaios definidos pela Regulamentação. O método de ensaio que determinou o rendimento nominal é o Dinamométrico com medição indireta de perdas suplementares e medição direta das perdas no estator, rotor, núcleo, atrito e ventilação usando a NBR 5383-1/2005 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) – Motores de Indução Trifásicos – Testes⁴.

Para garantir o suporte à implementação da portaria do Programa de Metas, o Art. 8º previu a avaliação e acompanhamento das ações governamentais: “O CGIEE é o responsável pelo acompanhamento e avaliação das ações governamentais de suporte à implantação do Programa de Metas através do CT-Motores, e elabora relatórios que subsidiem a verificação da viabilidade de atendimento a esta Portaria e que proponham ações complementares no sentido de compatibilizar o prazo de atendimento ao andamento das ações governamentais”.

Enquanto não entraram em vigor os rendimentos da portaria, continuaram valendo os rendimentos mínimos definidos na regulamentação de motores feita pelo Decreto nº 4.508/2001. A caracterização dos motores no Programa de Metas continuou a mesma da regulamentação.

Desde a publicação das Portarias nº 243/2009 e nº 488/2010, o INMETRO tornou compulsória a regulamentação de motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo, fabricados e comercializados no Brasil, conforme previsto no Decreto Presidencial nº 4.508, de 11 de dezembro de 2002.

Estão abrangidos nessa regulamentação:

I - para operação em rede de distribuição de corrente alternada trifásica de 60 Hz, e tensão nominal até 1000V, individualmente ou em quaisquer combinações de tensões;

II - frequência nominal de 60 Hz ou 50 Hz para operação em 60 Hz;

III - uma única velocidade nominal ou múltiplas velocidades para operação em uma única velocidade nominal;

IV - nas potências nominais de 1 a 250cv ou hp (0,75 a 185kW) nas polaridades de 2 e 4 polos; nas potências de 1 a 200cv ou hp (0,75 a 150kW) na polaridade de 6 polos e nas potências de 1 a 150cv ou hp (0,75 a 110kW) na polaridade de 8 polos.

3. AÇÕES DE SUPORTE AO PROGRAMA DE METAS

Com o objetivo de oferecer suporte à implementação do Programa de

Metas, seguem em andamento diversas ações no sentido de acelerar a mudança do mercado de motores e máquinas de uso final, objetos da regulamentação aos rendimentos mínimos do Programa de Metas. Dentre essas ações destacam-se:

3.1. Procedimentos de Licença de Importação

Os motores e máquinas de uso final objetos da regulamentação, a serem importados para comercialização no País, passarão a efetuar o registro da Licença de Importação – LI junto ao Sistema Integrado de Comércio Exterior – SISCOMEX, para posterior anuência por parte do INMETRO.

Nesse sentido, foram estruturados os procedimentos para análise das LI's e suas respectivas aprovações pelo INMETRO.

Os procedimentos para análise de LI têm como objetivo o cumprimento da regulamentação de motores e do Programa de Metas, impedindo a entrada no País de motores que não atendam os rendimentos mínimos.

A LI é gerada para os motores e máquinas a serem importados e comercializados. Primeiramente, é verificado o enquadramento na regulamentação se os motores e máquinas de uso final obedecem à caracterização do produto e seus rendimentos obedecem aos rendimentos mínimos em vigor. Em seguida é realizada a avaliação da conformidade por meio de verificação das informações dos importadores; exame dos catálogos dos fabricantes e dados de placa; e verificação dos níveis de eficiência (método de ensaio, tolerâncias e laboratório, credenciado ou reconhecido pelo INMETRO, responsável pelo ensaio e certificação). No caso de motores elétricos, estes poderão ser ensaiados em laboratórios autorizados, seguindo a norma de amostragem NBR 5426.

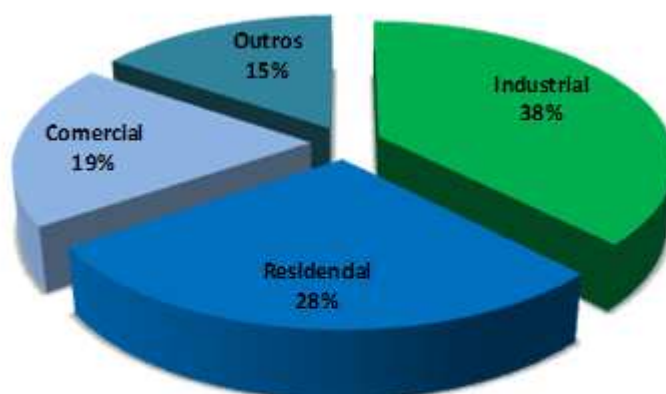
Os motores e máquinas objetos da regulamentação que não atenderem os rendimentos mínimos terão suas LI's indeferidas e estarão proibidos de

serem comercializados no País.

Anexo B – Aspectos Técnicos

A Importância dos Motores Elétricos nos Sistemas Motrizes

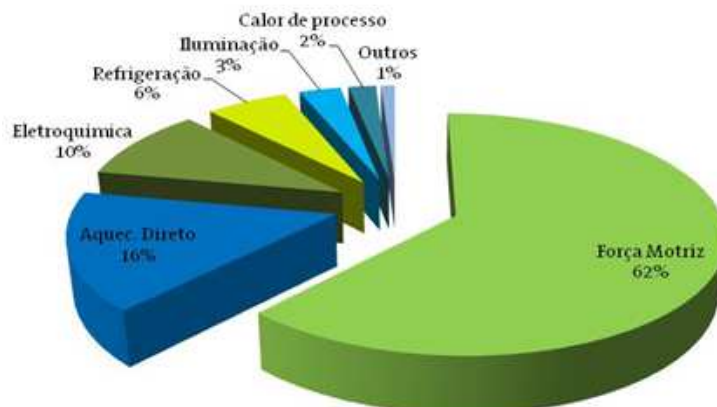
As participações dos diversos setores no consumo de energia elétrica no Brasil em 2014 são apresentadas na Figura 1B. Percebe-se que o setor industrial apresenta maior importância quantitativa com relação à energia elétrica.



Total: 473,4 TWh Fonte: (EPE, 2015)

Figura 1B – Participações Setoriais no consumo de Energia Elétrica Brasileiro de 2014

Por outro lado, a distribuição do consumo de energia elétrica por usos finais de energia elétrica do setor industrial pode ser observado na Figura 2B.



Fonte: (MME, 2005)

Figura 2B - Usos Finais de Energia Elétrica no Setor Industrial

Dentro do setor industrial, onde há o maior consumo de energia elétrica no Brasil (38%), o uso final “Força Motriz” ou (Sistemas Motrizes), corresponde ao maior percentual: 62% ou 68% (incluindo refrigeração). Isto significa que os sistemas motrizes, utilizados pelo setor industrial, são responsáveis por aproximadamente 25% do consumo de energia elétrica do país.

Numa visão mais geral, na Tabela 1B, apresentam-se as participações dos sistemas motrizes nos diversos setores da economia, além do industrial. Como pode ser observado 58 % do consumo de energia elétrica no Brasil se refere aos sistemas motrizes. Cabe apresentar na sequência, uma análise sobre o conceito de sistemas motrizes..

Tabela 1B: Participação de Sistemas Motrizes * no Consumo de Energia Elétrica Brasileiro de acordo com o BEU 2005

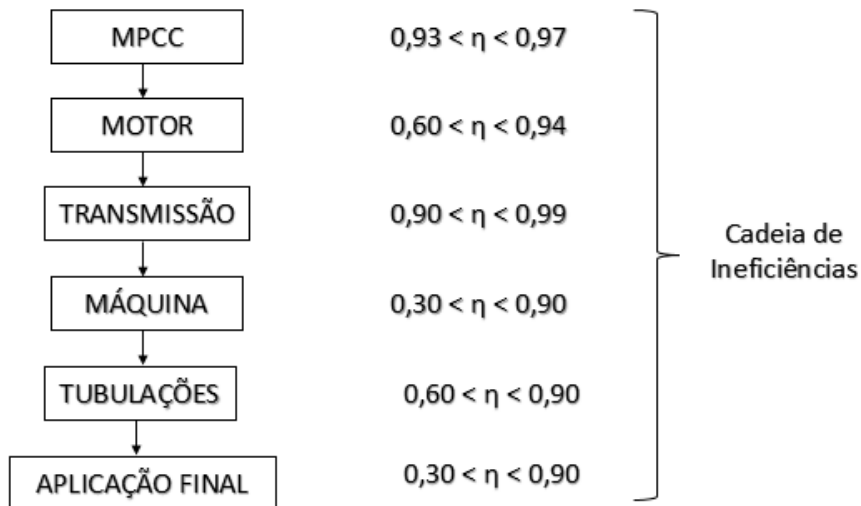
Industrial	68%
Comercial	48%
Residencial	35%
Público	46%

Transporte	100%
Agropecuário	95%
Energético	93%
Brasil	58%

(*) Incluindo refrigeração e ar condicionado

O motor elétrico é um conversor de energia elétrica em energia mecânica com baixas perdas quando opera em condições nominais e é especificado e operado corretamente, passando por manutenções recomendadas (condições frequentemente não observadas na prática). Sendo assim, seu consumo refere-se às suas perdas internas e grande parte da energia elétrica é convertida para acionar a carga mecânica. Logo, em análises de eficiência energética, constata-se a necessidade de avaliar todo o sistema motriz (e não somente o motor elétrico), que abrange a instalação elétrica (dispositivos e aparelhos para MPCC – Medição, Proteção, Comando e Controle), os motores elétricos, a transmissão mecânica, as cargas acionadas (bombas, compressores, ventiladores, etc.), a instalação mecânica e o uso final da energia mecânica. Cada componente do sistema motriz possui suas próprias perdas, como pode ser visto na Figura 3B. Cabe destacar que existem sistemas motrizes elétricos (acionados por motores elétricos) e sistemas motrizes térmicos (acionados por turbinas a vapor e motores de combustão interna).

Os principais sistemas motrizes encontrados nas indústrias são sistemas de bombeamento, sistemas de ventilação /exaustão e sistemas de ar comprimido, normalmente pertencentes às utilidades (de acordo com o jargão industrial) e não aos processos.



**Figura 3B: Rendimentos dos Componentes do Sistema Motriz
(referência 3)**

Destaca-se a importância de se trabalhar com o motor elétrico (mas não somente com ele), considerando que são componentes comuns a todos os sistemas motrizes elétricos (bombeamento, ar comprimido, ventiladores, exaustores, transporte de cargas, processos, etc.), em conjunto com os aparelhos e dispositivos para MPCC e a transmissão mecânica.

Além disso, no setor industrial, é muito comum o uso de motores sobredimensionados, o que faz com que os níveis de eficiência energética sejam muito baixos. Sem contar o fato de que, segundo a Associação Brasileira de Manutenção, a idade média de equipamentos / instalações nas empresas brasileiras é de 16 anos (vide referência 5). Assim, os motores com idade média de 16 anos, mesmo que operem em condições nominais atendendo aos valores de placa, apresentam patamares de eficiência energética menores, comparados aos existentes hoje no mercado.

Adicionalmente, o custo de operação dos motores elétricos (considerando apenas a energia elétrica) é muito superior ao seu custo de aquisição (preço do motor elétrico). Para uma determinada situação analisada, apresentada na referência 7, referente a um motor de alto rendimento, o custo de operação foi de aproximadamente 180 vezes o seu custo de aquisição. Assim, ao decidir que motor elétrico comprar, é necessário efetuar análise considerando o custo de operação do motor elétrico durante sua vida útil e não apenas o custo de aquisição do motor elétrico.

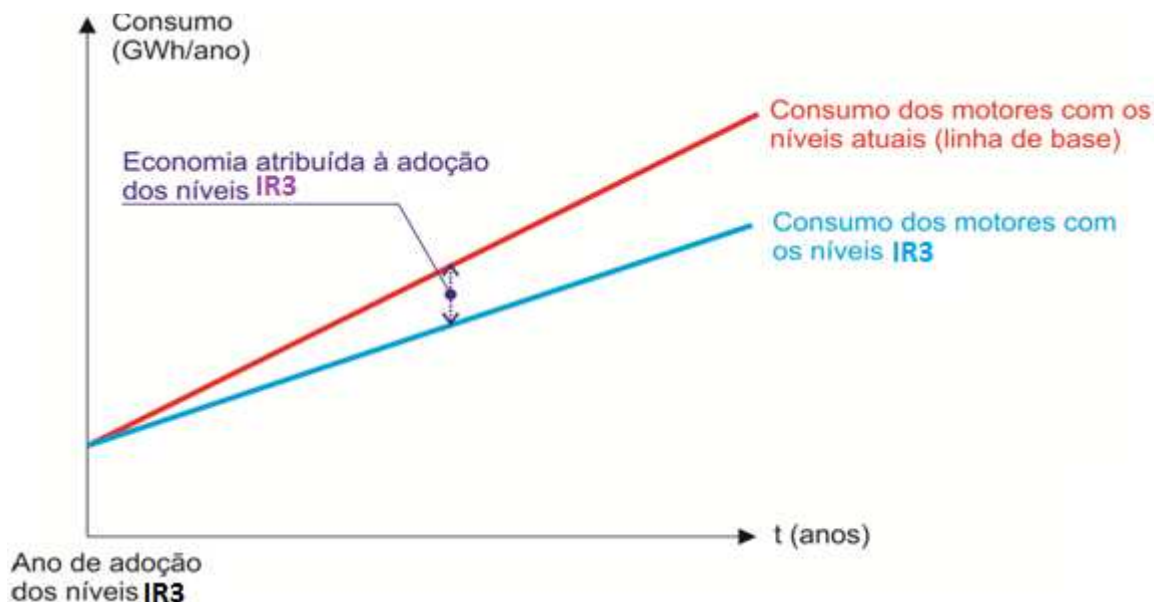
Destaca-se, todavia, que é recomendável que antes de se analisar o motor elétrico e eventual necessidade de substituição deste equipamento, seja analisada a parte mecânica do sistema motriz, ou seja, os elementos à jusante do motor elétrico.

Sistemas motrizes otimizados com motores elétricos de indução *premium*, especificados e operados adequadamente, trarão benefícios imediatos aos usuários e a toda sociedade brasileira, na medida em que para os primeiros, reduzir-se-ão os custos da produção, ressaltando-se que a economia de energia elétrica será convertida diretamente em lucro, com aumento de competitividade. Para o país, haverá uma considerável economia de energia, minimizando os investimentos em nova geração de energia elétrica, com benefícios ambientais. Voltando à Tabela 1A, cabe destacar que motores elétricos utilizados nos diversos setores são de naturezas variadas (corrente contínua, corrente alternada ou universais). Por outro lado, os motores de indução (trifásicos e monofásicos) respondem por mais de 95% do total de motores instalados nos setores industrial, rural, comercial e residencial. Além disso, são responsáveis por aproximadamente 75% do total da potência instalada do universo de todos os motores, de acordo com a referência bibliográfica 3.

Anexo C – Metodologia para Determinação da Economia de Energia

Foi realizada uma estimativa dos ganhos energéticos proporcionados pela adoção dos níveis mínimos de eficiência energética equivalentes aos da Classe IR3, no ano previsto de adoção dos novos rendimentos (2020), além de uma previsão para o ano de 2050, tendo em vista esse ser o ano de referência do Plano Nacional de Energia 2050 - PNE 2050. No caso do PNE 2050, as informações foram obtidas a partir da Nota Técnica DEA 13/14, referente à série “Estudos da Demanda de Energia”, publicada em agosto de 2014 pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Para se obter as estimativas foi utilizada como base a metodologia para avaliação dos resultados do Selo Procel em motores de indução elétricos trifásicos desenvolvida pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL e pela Universidade Federal de Itajubá (Unifei) por solicitação da Eletrobras.

Essa metodologia leva em conta o consumo do parque de equipamentos e a compara com o consumo de um parque fictício, que existiria caso a medida de eficiência energética não houvesse sido tomada, conforme sintetizada na Figura 1C.



Fonte: Eletrobras Procel, 2009 (modificada) IR3

Figura 1C - Evolução das curvas de consumo dos parques de motores elétricos

Para os cálculos dos consumos dos parques linha de base ou com níveis IR3, utilizam-se os consumos equivalentes por faixa de potência e as vendas anuais, lançando se mão, para cálculo dos consumos equivalentes, dos rendimentos médios, da degradação anual das eficiências energéticas e da vida útil esperada para cada faixa, conforme apresentados na metodologia da Eletrobras Procel. Estas premissas estão de acordo com o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance - PIMVP (EVO, 2012), visando dar maior confiabilidade à estimativa.

Também foram utilizados os tempos de utilização, fator de carregamento e de eficiência médios por faixa, também conforme indicados pela Eletrobras Procel. A Tabela 1C apresenta alguns desses dados que foram utilizados na estimativa.

Tabela 1C - Dados utilizados na estimativa de resultados energéticos com a utilização dos níveis IR3

Polos	Faixa	Potência representativa (Pot/cv)	Tempo de utilização (T/h)	Fator de carregamento médio (FC)	Fator de eficiência (FR)
2	1 a 10	5	800	55%	98,2%
	>10 a 40	25	1000	61%	99,2%
	>40 a 100	70	1200	70%	99,8%
	>100 a 250	175	2000	74%	99,9%
4	1 a 10	5	800	55%	98,2%
	>10 a 40	25	1000	61%	99,2%
	>40 a 100	70	1200	70%	99,8%
	>100 a 250	175	2000	74%	99,9%
6	1 a 10	5	800	55%	98,2%
	>10 a 40	25	1000	61%	99,2%
	>40 a 100	70	1200	70%	99,8%
	>100 a 250	175	2000	74%	99,9%
8	1 a 10	5	800	55%	98,2%
	>10 a 40	25	1000	61%	99,2%
	>40 a 100	70	1200	70%	99,8%
	>100 a 250	175	2000	74%	99,9%

Fonte: Eletrobras Procel (2009)

Os rendimentos médios por faixa de potência foram calculados a partir das tabelas do Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE e das Classes IR3 e estão expressos na Tabela 2C.

Tabela 2C - Rendimentos médios atuais (η_a) e IR3 (η_{IE3})

Polos	Faixa	Rendimento médio atual (η_a) ¹	Rendimento médio IE3 (η_{IE3}) ²
2	1 a 10	85,9%	86,5%
	>10 a 40	91,2%	91,5%
	>40 a 100	93,6%	93,6%
	>100 a 250	95,1%	95,3%
4	1 a 10	86,6%	88,7%
	>10 a 40	92,2%	93,2%
	>40 a 100	94,1%	95,1%
	>100 a 250	95,2%	96,0%
6	1 a 10	85,0%	88,7%
	>10 a 40	91,6%	92,5%
	>40 a 100	93,9%	94,5%
	>100 a 250	95,1%	95,6%
8	1 a 10	83,8%	84,3%
	>10 a 40	91,2%	90,5%
	>40 a 100	93,3%	93,0%
	>100 a 250	94,4%	94,4%

Fonte: Elaboração própria com base nos índices IR3 e na tabela do PBE

Além desses dados, foram utilizadas as vidas úteis de 13, 20, 25 e 29 anos, respectivamente para as faixas de 1 a 10 cv, maior que 10 a 40 cv, maior que 40 a 100 cv e maior que 100 a 250 cv, sendo que para todas as faixas o motor perde 2% de seu rendimento durante sua vida útil.

Com essas informações, utilizou se o seguinte equacionamento para os cálculos dos consumos dos parques de equipamentos:

$$CP_k = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n Ce_{ji} \cdot V_{ji} \quad (1)$$

Onde:

- Ce é o consumo equivalente da faixa de potência “j” no ano “i”;

¹ Para os rendimentos dos motores atuais, foram utilizadas as médias das tabelas do PBE.

² Para os rendimentos dos motores IR3, foram utilizadas as médias aprovadas pelo Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações - Cobei.

- V_i é a venda de equipamentos da faixa de potência “ j ” no ano “ i ”;
- “ k ” o índice que indica o parque com motores classe IR3 ou com rendimentos atuais;
- “ j ” o índice que indica a faixa de potência conforme estabelecidas anteriormente; e
- “ i ” o índice que varia do ano de venda do motor até o final de sua vida útil.

Para o cálculo do Ce_{ij} utiliza-se a seguinte expressão:

$$Ce_{ji} = \frac{0,735.Pot_j.T_j.FD_{ji}.FC_j}{\eta_j.FR_j} \quad (2)$$

Sendo:

- Pot a potência representativa da faixa “ j ”;
- T o tempo de utilização da faixa “ j ”;
- FD o fator de degradação da faixa “ j ” e ano “ i ”;
- FC o fator de carregamento da faixa “ j ”;
- η o rendimento da faixa “ j ”; e
- FR o fator de eficiência³.

A partir da aplicação da metodologia descrita, e levando-se em consideração um crescimento médio na venda de motores de 3,2% ao ano, baseando-se na Nota Técnica DEA 13/14, citada anteriormente, além de uma previsão da entrada em vigor da classe IR3 no país para o ano de 2020, chegamos aos resultados da Tabela 3C.

Tabela 3C - Resultados de economia de energia com a adoção dos níveis da classe IR3 para os motores elétricos comercializados no Brasil

Ano	Economia de Energia
-----	---------------------

³ O fator FR foi estimado pela equipe da Unifei e indica a variação no rendimento indicado nas tabelas (PBE e IR3) de acordo com o carregamento a que o motor está submetido.

	(GWh)
2020	128
2050	4.762

Fonte: elaboração própria com base na metodologia e premissas descritas

Segundo essa Nota Técnica, o setor industrial poderá obter ganhos em eficiência energética da ordem de 160 TWh em 2050. Nesse cenário, a adoção dos índices IR3 colaboraria com 2,98% dessa economia de energia.

A energia economizada em 2020 e 2050 equivale à gerada por uma usina hidrelétrica de 31 e 1.142 MW respectivamente, levando-se em consideração um fator de utilização típico de 56% e perdas de 15% no sistema elétrico, segundo Eletrobras Procel (2015).

Levando-se em consideração o custo marginal de expansão da geração atual (R\$ 139 mil/GWh), podemos, também, expressar essa economia em termos de custos evitados, R\$ 18 milhões de reais em 2020 e R\$ 662 milhões de reais em 2050. Por sua vez, os custos evitados foram obtidos pelo produto do CME (Custo Marginal de Expansão) pela economia de energia nos anos avaliados.

Já a economia de energia elétrica acumulada no período de 2020 a 2050 é estimada em 76.103 GWh.