



IMPACTOS DA MELHORIA NA EFICIÊNCIA DE AR-CONDICIONADO

Projeto Kigali, Iniciativa Eficiência (MP-18-
00257)

Resumo

O objetivo deste trabalho é avaliar os impactos que disponibilizar aparelhos de ar condicionado mais eficientes no mercado brasileiro poderia trazer para o consumidor e para a sociedade em geral. Para tanto, foram considerados níveis médios de eficiência energética da Coreia e Japão, países líderes na área, nos aparelhos de ar condicionado vendidos em 2015. Este relatório apresenta os resultados em termos de economia de eletricidade e na conta do consumidor residencial e comercial, de emissões evitadas de gases de efeito estufa, de redução da demanda na ponta e usina equivalente evitada

Rodolfo Gomes, Fernando Costa e Gilberto Jannuzzi
rodolfo@iei-brasil.org

Sumário

Apresentação.....	4
Introdução	4
Considerações iniciais.....	5
Problemática	5
Objetivo	10
Estrutura do relatório	10
Metodologia.....	11
Premissas adotadas	11
Segmentação das vendas	13
Segmentação dos aparelhos.....	14
Tempo de uso.....	18
Cálculo das tarifas médias.....	19
Resultados das estimativas.....	20
Cenário inicial	21
Outros cenários.....	28
Análise dos resultados	34
Conclusões	35
Referências Bibliográficas	36
Anexo	37

Lista de Tabelas

Tabela 1: Venda de ar-condicionado em 2015 (1000 unidades).....	13
Tabela 2: Venda de ar-condicionado em 2015 por setor (1000 unidades).....	13
Tabela 3: Venda de ar-condicionado em 2015 por tipo em cada setor (1000 unidades) ..	13
Tabela 4: Distribuição das vendas de ar-condicionado por região em 2015 (1000 unidades).....	14
Tabela 5: Distribuição dos aparelhos pela capacidade nominal (hi-wall, categoria A) - Residencial.....	15
Tabela 6: Distribuição dos aparelhos pela capacidade nominal (hi-wall, categoria B) - Comercial	16
Tabela 7: Ar-condicionado de referência - hi-wall, setor residencial.....	16
Tabela 8: Ar-condicionado de referência - split, setor comercial	17
Tabela 9: Ar-condicionado de referência - janela, setor residencial	17
Tabela 10: Ar-condicionado de referência - janela, setor comercial	18
Tabela 11: Aparelhos de ar condicionado equivalente para o setor residencial e comercial	18
Tabela 12: Coeficientes de desempenho médio para Coreia e Japão (W/W).....	18
Tabela 13: Tempo de uso anual de ar-condicionado.....	19
Tabela 14: Tarifa média com impostos (R\$/MWh)	19
Tabela 15: Tarifa com impostos por região (R\$/MWh) - 2015	20
Tabela 16: Consumo de eletricidade das vendas em 2015 (GWh) por setor	21
Tabela 17: Consumo de eletricidade das vendas em 2015 (GWh) por setor e por tipo de ar-condicionado.....	22
Tabela 18: Consumo total de eletricidade em 2015 (GWh) com COP mais eficiente (Coreia e Japão)	22
Tabela 19: Consumo de eletricidade das vendas em 2015 (GWh) por setor e por tipo de ar-condicionado no Brasil caso os aparelhos tivessem a eficiência média coreana.....	25
Tabela 20: Consumo de eletricidade das vendas em 2015 (GWh) por setor e por tipo de ar-condicionado no Brasil caso os aparelhos tivessem a eficiência média japonesa	25
Tabela 21: Economia de eletricidade em 2015 (GWh) por setor e por região do Brasil caso os aparelhos brasileiros tivessem a eficiência média da Coreia do Sul e do Japão ..	25
Tabela 22: Resultados gerais	27
Tabela 23: Valor presente das economias anuais de eletricidade	28
Tabela 24: Diferentes cenários de participação das vendas de ar-condicionado em 2015	29
Tabela 25: COP e capacidade térmica nominal médios para diferentes cenários.....	29
Tabela 26: Resultados para diferentes cenários de participação nas vendas de 2015	33
Tabela 27: Valor presente (R\$/aparelho) das economias anuais de eletricidade para os diferentes cenários.....	33

Lista de Figuras

Figura 1: Participação dos equipamentos no consumo residencial de eletricidade.....	5
Figura 2: Evolução da venda de ar-condicionado no Brasil	6
Figura 3: Padrões mínimos de eficiência energética para ar-condicionado em alguns países	8
Figura 4: Evolução da tarifa com impostos (R\$/MWh)	20
Figura 5: Consumo de eletricidade para diferentes cenários de coeficiente de desempenho médio.....	23
Figura 6: Setor residencial - consumo de eletricidade para diferentes cenários de COP médio.....	24
Figura 7: Setor comercial - consumo de eletricidade para diferentes cenários de COP médio.....	24
Figura 8: Economia de eletricidade para diferentes cenários em 2015.....	30
Figura 9: Redução da demanda na ponta para diferentes cenários	30
Figura 10: Redução anual na conta do consumidor residencial	31
Figura 11: Redução anual na conta do consumidor comercial	31
Figura 12: Redução das emissões de gases de efeito estufa	32
Figura 13: Foto ilustrativa de um ar-condicionado de janela	37
Figura 14: Exemplos de ares-condicionados do tipo split: (a) hi-wall, (b) cassete e (c) piso -teto.....	38

Apresentação

Este projeto foi encomendado pelo Instituto Clima e Sociedade (iCS) dentro do âmbito do [Projeto Kigali](#) relativo à Emenda de Kigali firmada em 2016. Esta Emenda incluiu os gases refrigerantes HFCs (hidrofluorcarbonetos), utilizados em ares-condicionados e geladeiras, por exemplo, entre os gases do Protocolo de Montreal de combate à redução da camada de ozônio. Apesar dos HFCs terem sido utilizados como substitutos dos gases existentes que destruíam a camada de ozônio, eles possuem, por outro lado, elevado potencial de aquecimento do clima da Terra e precisam ser reduzidos.

A IEI Brasil agradece o aporte financeiro do iCS para a realização desse trabalho.

Introdução

No final de 2017, o país passou por uma consulta pública para atualizar, após atraso de dois anos, os níveis mínimos de eficiência energética de ar-condicionado. As contribuições feitas à consulta por instituições do terceiro setor mostraram que, embora os novos níveis propostos sejam maiores, ainda estão bastante abaixo de países com maior preocupação em garantir aparelhos mais eficientes aos seus consumidores e em cumprir com suas estratégias de competitividade industrial.

O objetivo deste trabalho é avaliar os impactos que disponibilizar ares-condicionados mais eficientes no mercado brasileiro poderiam trazer para o consumidor e para a sociedade em geral.

Os resultados mostram que o consumidor residencial seria capaz de comprar um novo ar-condicionado apenas com a economia que ele teria na conta de eletricidade durante dez anos caso os aparelhos vendidos em 2015 tivessem eficiências nos níveis médios de países como a Coreia do Sul e o Japão. Já para o setor comercial, a economia obtida em 10 anos permitiria que ele pudesse comprar outros quatro (eficiência “coreana”) ou cinco (“japonesa”) aparelhos¹.

Do ponto de vista da sociedade, a economia de eletricidade que seria obtida por ano evitaria um gasto entre R\$ 136 e 184 milhões com a construção de novas usinas. Esses valores são próximos ao que foi gasto com as bandeiras tarifárias coletadas das contas de eletricidade dos consumidores para pagar pelo uso das usinas acionadas mais caras em dezembro de 2017² (~ R\$ 142 milhões). Isso significa que essa economia pode reduzir essa conta, onerando menos o consumidor. Além disso, a eletricidade economizada evitaria a construção de até quatro termelétricas³ (~330 MW).

¹ Para as capacidades nominais médias de ar-condicionado split calculadas para o setor residencial e comercial (10.000 Btu/h e 30.000 Btu/h, respectivamente), os preços médios encontrados em site de busca de eletrodoméstico entre lojas foi de R\$ 1,2 mil e R\$ 3,2 mil.

² Segundo o a Aneel ([Despacho n° 242, de 30 de janeiro de 2018](#)), o valor de repasse para as distribuidoras referente ao mês de dezembro de 2017 é de R\$ 142.409.108,16.

³ A partir do Banco de Dados de Geração da Aneel (atualizado em 01/02/2018), a média da potência outorgada das 165 usinas a gás natural em operação no país é de cerca de 83 MW. A economia de eletricidade obtida evitaria uma usina equivalente entre 234 e 329

Os resultados obtidos partiram de dados de venda para 2015 e de premissas que refletem a carência de informações sobre o setor, como participação no mercado de vendas por categoria de eficiência energética (etiqueta A, B, C e D), tipo de aparelho, hábitos de consumo e distribuição regional, por exemplo. A que pese essa carência, encaramos esse trabalho como um exercício para estimular o debate público sobre a importância de garantir o funcionamento adequado dos mecanismos existentes de eficiência energética, tais como os padrões mínimos e a etiquetagem de equipamentos.

Considerações iniciais

Problemática

O uso de aparelhos de condicionamento de ar nas residências, no comércio e em setores públicos cresceu consideravelmente nas últimas décadas no Brasil. Este fato ocorreu, principalmente, devido a temperaturas mais elevadas e ao aumento da renda, embora a participação desse equipamento nos lares brasileiros ainda seja pequena.

De acordo com a EPE/MME (2017), a participação de ar-condicionado no consumo de eletricidade nos lares brasileiros tem aumentado, passando de 6,7% em 2005 para 16,9% em 2016 (Figura 1). É o equipamento que teve o maior aumento relativo dentro das residências brasileiras: sua posse por residência tem aumentado 10% ao ano (de 0,1 para 0,4 entre 2005 e 2016).

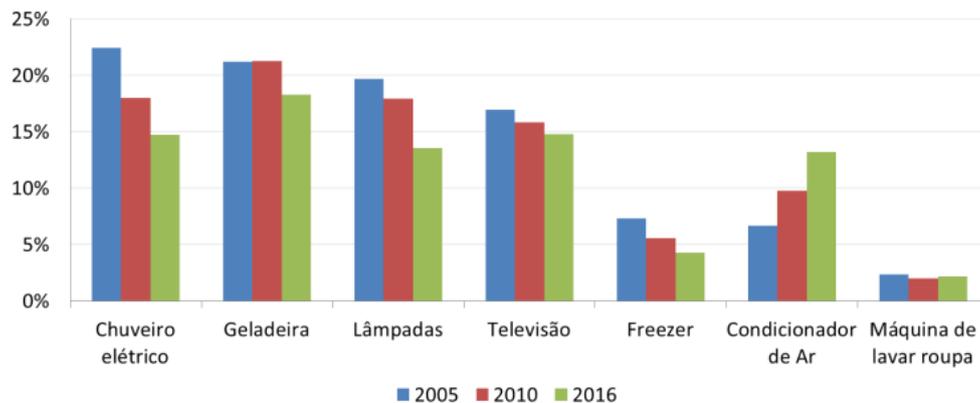


Figura 1: Participação dos equipamentos no consumo residencial de eletricidade

Fonte: EPE/MME (2017)

A Figura 2 apresenta a evolução das vendas anuais de aparelhos de ar condicionado no Brasil. Em 2015 foram vendidos mais de 4,1 milhões, majoritariamente do tipo split correspondendo a cerca de 90% das vendas. É importante notar que os aparelhos de janela vêm reduzindo a sua participação tanto absoluta (de 604 mil para 555 mil) quanto relativa (de 19% a 10%) entre 2011 e 2015.

MW. dependendo do país comparado (Coreia ou Japão) e do cenário adotado de participação nas vendas de 2015 por faixa de classificação da etiqueta do Inmetro (A, B, C e D).

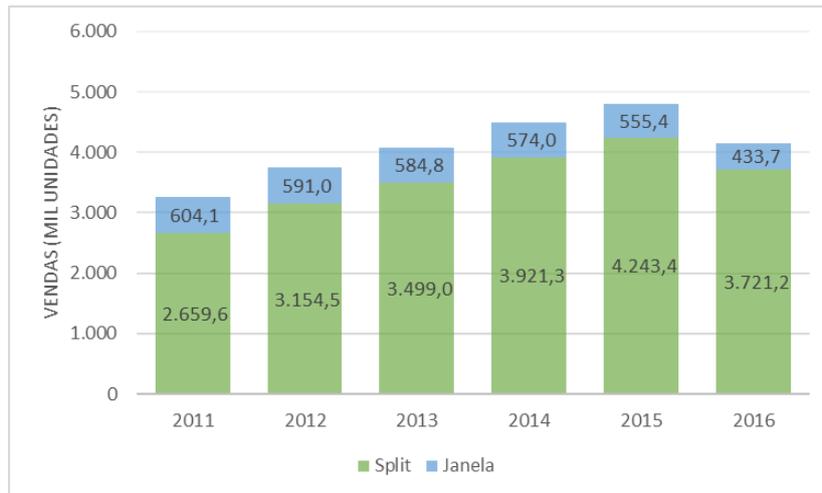


Figura 2: Evolução da venda de ar-condicionado no Brasil

Nota: os dados de 2016 são estimados.

Fonte: Elaboração própria a partir de Euromonitor International (2016)

A despeito do crescimento das vendas e aumento da posse de ar-condicionado, o país perdeu a oportunidade de ter vendido aparelhos mais eficientes porque as instituições responsáveis optaram por tomar medidas equivocadas ao menos em relação a dois mecanismos já existentes: padrões mínimos de eficiência energética (ou máximos de consumo) e etiquetagem.

Os padrões mínimos objetivam impedir a produção e a venda de equipamentos com eficiências inferiores a um determinado limite. É, portanto, um mecanismo que procura garantir um mínimo de eficiência energética ou máximo de consumo nos equipamentos disponibilizados no mercado, sendo que tais limites devem ser periodicamente revisados.

Para o caso de ares-condicionados, a revisão deve ser feita a cada 4 anos e a última se deu em 2011, sendo que deveria ter sido realizada outra em 2015 para que novos níveis entrassem em vigor em 1° de janeiro de 2016. Apenas em dezembro de 2017 foram colocados em consulta pública os novos níveis mínimos de eficiência energética, ainda não aprovados oficialmente.

Embora os níveis mínimos sugeridos pelo Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética (CGIEE), ligado ao Ministério de Minas e Energia (MME), sejam maiores do que os aprovados em 2011 (ver BOX 1), estão ainda bem abaixo dos praticados por outros países (Figura 3). Isso evidencia que há importante espaço para melhorias de eficiência energética e consequentes economias de eletricidade.

BOX 1 - NÍVEIS MÍNIMOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Um mesmo eletrodoméstico vendido em um país possui uma grande variedade de fabricantes. E essa variedade se reflete em diferentes tipos de modelo, acabamento, preço, durabilidade, reputação e segurança que nós consumidores prestamos atenção na hora de escolher e de comprar.

Com o consumo de eletricidade também não é diferente, ou seja, podemos encontrar para venda um mesmo eletrodoméstico fabricado por diversos fabricantes que pode consumir mais ou menos eletricidade para fazer a mesma coisa: ventilar, iluminar, gelar ou refrescar. Logo, possuem diferentes *eficiências energéticas*. Assim, se pode dizer que um equipamento é mais eficiente que um outro similar se ele consome menos energia para manter alimentos a 7°C no caso de uma geladeira, ventilar a mesma quantidade de ar no caso de um ventilador ou ferver a mesma quantidade de água numa panela no caso de um fogão, ou seja, para prover um mesmo *serviço energético*.

Para garantir que não sejam vendidos no país equipamentos muito ineficientes, isto é, que consomem muita eletricidade ou combustível, encarecendo o bolso dos consumidores ao final do mês, existe um mecanismo de política pública que se chama *padrão mínimo de eficiência energética*. Como o próprio nome já diz, o país estabelece uma regra permitindo que apenas equipamentos que possuam uma eficiência energética acima de um limite mínimo estabelecido possam ser comercializados em território nacional. Abaixo desse limite a comercialização do equipamento é proibida.

O Brasil passou a adotar o mecanismo do padrão mínimo de eletricidade em 2001 por meio da Lei n° 10.295, de 17 de outubro. Desde então possuímos padrões mínimos para ar-condicionado, geladeira e congeladores, motores elétricos, lâmpadas fluorescentes compactas, fogões e fornos a gás, aquecedores de água a gás, reatores eletromagnéticos e transformadores de distribuição de eletricidade. Esses padrões devem ser revisados a cada quatro anos.

Para o caso de ar-condicionado, a última revisão deveria ter sido feita em 2015, mas apenas no final de 2017 os padrões foram colocados para consulta pública e ainda não foram aprovados. Para tanto, a portaria interministerial aprovando os novos padrões mínimos precisa ser assinada pelo Ministério de Minas e Energia (MME), pelo Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e pelo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC).

A tabela abaixo apresenta a evolução dos padrões mínimos vigentes para ar-condicionado do tipo split.

Ano de entrada em vigor	Padrão mínimo (W/W)	Portaria Interministerial (PI)
2008	2,39	PI 364/2007
2011	2,60	PI 323/2011 (vigente)
2018	2,8	Minuta de PI
2019	3,02	Minuta de PI

Fonte: elaboração própria

O padrão mínimo atual do Brasil está abaixo do de países como China, Paquistão, Vietnã, Tailândia e Arábia Saudita (Figura 3). Mesmo se aprovando o novo padrão de 3,02 W/W para splits, ainda assim esse quadro não se alterará muito.

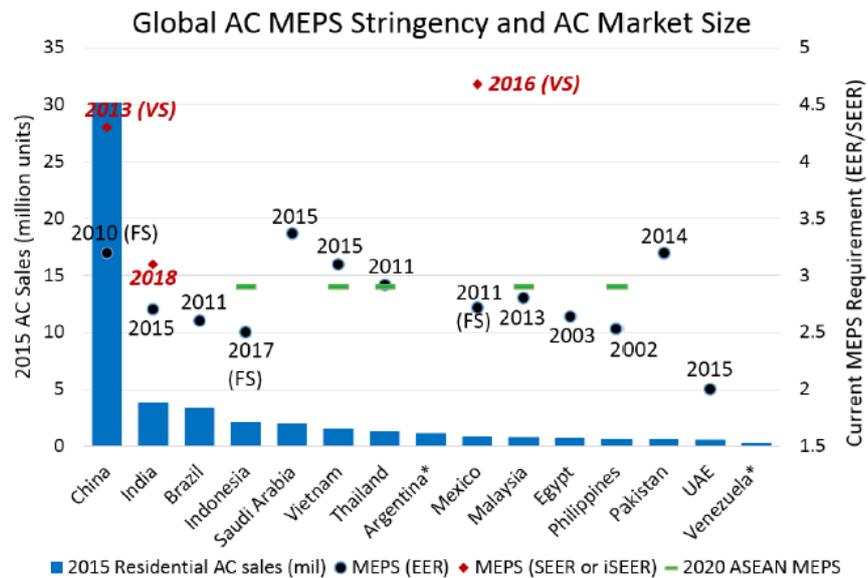


Figura 3: Padrões mínimos de eficiência energética para ar-condicionado em alguns países

Nota: as comparações precisam ser feitas, ainda que com cuidado, entre métodos iguais (EER e ERR), não entre diferentes (EER e SEER). EER: “energy efficiency ratio”; SEER: “seasonal energy efficiency ratio”. No Brasil se adota o EER.

Fonte: Shah et al. (2017)

Além da questão dos padrões mínimos, a etiquetagem (ver BOX 2) é outro mecanismo que ajuda o consumidor a escolher o equipamento com menor consumo de energia ao classificá-los por faixas de eficiência: A, B, C ou D, como é aqui no Brasil, na qual a A representa os mais eficientes em comparação com outros equipamentos similares disponíveis no mercado e D os menos eficientes.

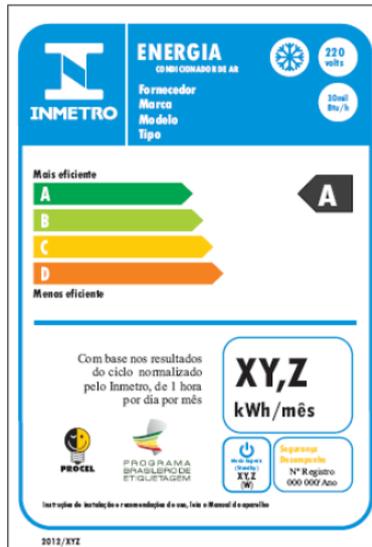
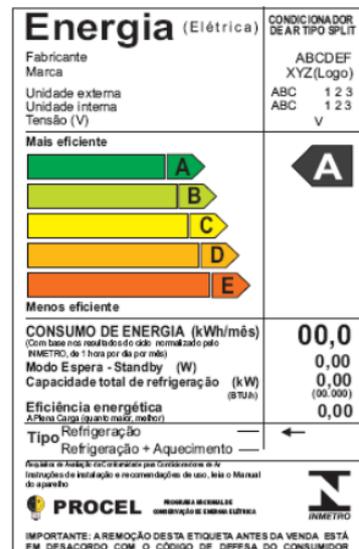
Essa classificação comparativa também tem o objetivo de induzir fabricantes e importadores a oferecer produtos mais eficientes para que se destaquem, ou que ao menos não fiquem para trás, frente aos concorrentes. Essas faixas devem também ser periodicamente revisadas de forma que o mercado esteja sempre buscando oferecer produtos cada vez mais eficientes para o consumidor. Por exemplo, a revisão das faixas pode fazer com que um ar-condicionado classificado como A (mais eficientes) torne-se B, buscando incentivar, assim, o fabricante a melhorar ainda mais seu equipamento para que ele volte a ser A.

No entanto, deixar de revisar essas faixas de forma periódica desacelera a disponibilidade de aparelhos que consomem menos energia para os consumidores e até pode descaracterizar a própria razão de ser do mecanismo de etiquetagem. Para os ar-condicionados, essas faixas são as mesmas desde 2013. Para geladeiras a situação bastante pior: as faixas são as mesmas desde 2006.

As lojas de varejo raramente disponibilizam geladeiras e condicionadores de ar de outras categorias que não seja a A. Embora à primeira vista se possa argumentar que isso é bom porque o mercado estaria oferecendo apenas o que há de mais eficiente, infelizmente é uma análise equivocada. Pois o que está ocorrendo é uma homogeneização dos produtos oferecidos em detrimento da competição de ter um grupo menor de equipamentos que se destacam frente aos outros de forma a “puxar” os demais fabricantes. Quando boa parte

dos equipamentos está na faixa A, é sinal de que a política de etiquetagem perde o seu efeito comparativo.

BOX 2 - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE)



Já é comum para nós consumidores vermos esse tipo de etiqueta ao lado adesivada em eletrodomésticos como geladeira, ar-condicionado, fogões, ventiladores e até em carros. Ela tem um nome próprio: ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia).

Sua função é permitir ao consumidor comparar o consumo de energia entre, por exemplo, geladeiras diferentes, mas similares. Como assim “diferente” e “similar” ao mesmo tempo?, o leitor pode se perguntar. A etiqueta, ou ENCE para os mais íntimos, serve para comparar a eficiência energética de uma geladeira de uma porta com outra também de uma porta e com volume interno similar. Não se pode comparar geladeiras com número de portas, ou

Figura 1a: Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para ar-condicionado split. À esquerda, ENCE antiga (para equipamentos comercializados até agosto de 2016) e, à direita, ENCE nova (equipamentos comercializados a partir de setembro de 2016).

Fonte: elaboração própria a partir de Portaria Inmetro n° 007, de 04 de janeiro de 2011 e Portaria Inmetro n° 410, de 16 de agosto de 2013.

volumes, ou forma de degelo (frost free ou manual) diferentes. Assim, o consumidor poderá escolher o produto também pelo seu consumo de energia.

Cada classe, de A a D, corresponde a um intervalo de eficiência energética, como ilustram as tabelas abaixo, para ar-condicionado de janela (Figura 2a) e do tipo split (Figura 2b). Para este último caso, por exemplo, um aparelho que possui um coeficiente de desempenho (COP) de 3,15 W/W cai na classe B, cujo intervalo varia de 3,03 a 3,23 W/W. Note que o limite inferior da classe D (2,60 W/W) é o padrão mínimo de eficiência energética atualmente vigente (vide Box 1). Caso o novo padrão mínimo seja aprovado, esse limite inferior da classe E passará a ser de 3,02 W/W.

Todos os equipamentos e modelos etiquetados pelo Inmetro com suas características de consumo de energia por mês, classe, fabricante, nível de eficiência energética e outras podem ser acessados [aqui](#).

Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W) (*)			
	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4
	<9.000 Btu/h <2.637 W	9.001 a 13.999 2.637 a 4.102	14.000 a 19.999 4.102 a 5.860	> 20.000 ≥ 5.860
A	≥ 2,93	≥ 3,03	≥ 2,88	≥ 2,82
B	≥ 2,84	≥ 2,94	≥ 2,71	≥ 2,65
C	≥ 2,76	≥ 2,86	≥ 2,59	≥ 2,48
D	≥ 2,68	≥ 2,78	≥ 2,45	≥ 2,30

Figura 2a: Intervalo das classes de eficiência energética da ENCE para ar-condicionado de janela atualmente vigente. Fonte: Portaria Inmetro n° 410, de 16 de agosto de 2013.

As faixas atualmente em vigor para ar-condicionado são as mesmas desde 2013. As de refrigeradores e congeladores desde 2006. Para que o mecanismo de etiquetagem seja eficaz, os intervalos de cada classe precisam se tornar periodicamente mais rigorosos para estimular os fabricantes e os importadores a melhorarem cada vez mais a eficiência energética de seus equipamentos caso queiram manter seus produtos entre as classes mais eficientes. Por exemplo, o ar-condicionado do exemplo acima, classificado como B (COP = 3,15 W/W) pode se tornar C se o intervalo atual da classe C, que vai de 2,82 a 3,02 W/W, passar a ser de 2,95 a 3,23 W/W.

Dessa forma, se o fabricante quisesse manter o equipamento na classe B ou impulsioná-lo para a A, teria que melhorar sua eficiência energética. As classes A, B e D também seriam alteradas.

Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W)	
A	3,23	$<CEE$
B	3,02	$<CEE \leq 3,23$
C	2,81	$<CEE \leq 3,02$
D	2,60	$\leq CEE \leq 2,81$

Figura 3a: Intervalo das classes de eficiência energética da ENCE para ar-condicionado split atualmente vigente.

Fonte: Portaria Inmetro n° 410, de 16 de agosto de 2013.

Para receber a etiqueta pelo Inmetro, o equipamento precisa ter passado por uma série de testes de segurança, de eficiência energética e de operação definidos por essa instituição. São os chamados Requisitos de Avaliação de Conformidade (RTAC). Logo, ter uma etiqueta representa mais do que um atestado sobre o consumo de energia. Já a garantia de que todos os equipamentos vendidos no mercado seguem cumprindo esses requisitos depende de se o Inmetro cumpre ou não com a fiscalização.

Objetivo

Tendo em vista este contexto, o objetivo deste estudo foi o de estimar os impactos sobre o consumidor de eletricidade (residencial e comercial) e a sociedade caso os aparelhos de ar condicionado vendidos no Brasil fossem tão eficientes quanto os da Coreia do Sul e do Japão, países considerados, dentre outros, como modelos.

Os impactos que se buscou estimar foram a redução (a) no consumo de eletricidade do consumidor e na demanda retirada no horário de ponta⁴; (b) no valor da conta de eletricidade; (c) nas emissões de gases de efeito estufa; e (d) na necessidade de se construir novas usinas.

Para estimar esses impactos para o país e por região, usou-se como referência os dados de vendas de 2015 por ser este o ano em que se conseguiu maior número de informações. Como não se obteve dados mais desagregados das vendas, foram elaborados cenários com diferentes participações de mercado dessas vendas.

Estrutura do relatório

O relatório está dividido em quatro partes: na primeira é apresentada a metodologia e todo um conjunto de premissas utilizadas em função da carência de dados e informações publicamente disponíveis para viabilizar as estimativas dos impactos do uso de ar-condicionados com eficiências médias “coreanas” e “japonesas” no Brasil. Na segunda parte são apresentados os resultados obtidos, cujas análises são feitas na terceira parte. Por fim, são apresentadas recomendações como conclusões do trabalho.

⁴ O horário de ponta é o período ou os períodos do dia quando há um consumo de eletricidade bastante concentrado em relação aos demais horários. Por exemplo, entre 18h e 21h há um aumento muito grande de consumo de eletricidade no país principalmente por causa do uso dos chuveiros elétricos.

Metodologia

Para que sejam estimados os impactos que o aumento de eficiência energética dos aparelhos de ar condicionado pode trazer para o Brasil, como redução no consumo e na conta de eletricidade do consumidor residencial e comercial, adotou-se a metodologia apresentada nessa seção.

O objetivo é estimar esses impactos caso as eficiências médias dos aparelhos vendidos no Brasil em 2015 fossem as mesmas da Coreia do Sul e do Japão, países considerados referência nesse sentido.

Os impactos que se buscou estimar foram os que seguem:

Redução no consumo de eletricidade do consumidor residencial e comercial e na demanda retirada no horário de ponta; (b) no valor da conta de eletricidade; (c) nas emissões de gases de efeito estufa; e (d) na necessidade de se construir novas usinas.

Premissas adotadas

As principais premissas utilizadas no estudo, devido à carência de informações disponíveis de mercado, permitem segmentar o mercado de vendas de aparelhos de ar-condicionado por classe (residencial e comercial), por porte de equipamento, por categoria de eficiência energética (A, B, C e D da etiqueta do Inmetro), por região do país e por tempo de uso.

Também permitem calcular o número de equipamentos ligados ao mesmo tempo no horário de ponta do sistema elétrico, as emissões de gases de efeito estufa evitadas e o porte de uma usina de geração de eletricidade cuja construção poderia ser evitada ou adiada por não ser necessário gerar a eletricidade que deixou de ser consumida com a economia obtida.

As principais premissas utilizadas no estudo são apresentadas a seguir:

- As estimativas do consumo de energia elétrica de ares-condicionados do tipo janela e split foram avaliadas levando em consideração apenas o setor comercial e residencial por serem os mais representativos de seu uso. Este dado de representatividade foi obtido a partir de pesquisa realizada por Cardoso (2012).
- Usou-se como base o Procel (2007) e Cardoso (2012) que apontam que 20% dos condicionadores de ar janela e split concentram-se no setor comercial e 80% no setor residencial. Por isso, para fins deste estudo, as vendas foram divididas nessa mesma proporção entre os setores.
- Adotaram-se as capacidades típicas dos equipamentos segundo apresentadas em Cardoso (2012):
 - setor residencial variam entre 6.000 e 12.000 Btu/h.
 - setor comercial variam entre 12.000 e 36.000 Btu/h.

- A distribuição das vendas de ar-condicionado por região do país é considerada como sendo a mesma da distribuição do número de domicílios, seguindo a mesma metodologia adotada por Cardoso (2012).
- Considerou-se que os ares-condicionados do tipo split utilizados no setor residencial são apenas do tipo hi-wall. Vide Anexo para uma descrição dos diferentes tipos de ar-condicionado (split e suas subdivisões e de janela).
- Não foram feitas diferenciações entre a tecnologia inverter e convencional para os condicionadores de ar tipo split, tanto no setor comercial como no residencial.
- A vida útil considerada é de 10 anos.
- Não são consideradas as perdas de desempenho ao longo da vida útil.
- Dada a falta de informações sobre o mercado brasileiro, a distribuição das vendas por categoria (A, B, C e D) é considerada a mesma dos equipamentos etiquetados disponíveis nas tabelas do Inmetro.
- Foram considerados apenas aparelhos com voltagem de 220 V por ser a tensão mais comum utilizada para instalação.
- O fator de coincidência na ponta (FCP) considerado é de 0,70 (Procel, 2007 apud Cardoso, 2012).
- Para as estimativas de emissões evitadas de gases de efeito estufa (GEE), considerou-se um fator de emissão do setor elétrico de 0,048 tCO₂/MWh gerado conforme os dados do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCT, 2010 apud Cardoso, 2012, p.105).
- Para as estimativas de emissões evitadas de GEE na ponta, considerou-se fator de emissão de termelétricas a gás natural de 0,224 tCO₂/MWh gerado, conforme os dados oficiais da EPE (EPE, 2017).
- Para estimar a usina equivalente que seria representada a partir da energia economizada obtida, considerou-se um fator de capacidade médio típico de 56% para hidrelétricas e perdas médias na transmissão e na distribuição de 15%.
- Para estimar o custo evitado de expansão da geração devido às economias de eletricidade obtidas, considerou-se o Custo Marginal de Expansão (CME) de R\$ 139/MWh, utilizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) no mais recente Plano Decenal de Energia (PDE 2016-2026).
- Escolheu-se o Japão e a Coreia do Sul como países para a análise comparada porque ambos são considerados benchmarks em boas práticas de eficiência energética.
- As eficiências médias dos equipamentos de ar condicionado do Japão e da Coreia do Sul foram obtidas em Shah et al. (2013).

Segmentação das vendas

Os condicionadores de ar utilizados no presente trabalho foram do tipo split e janela por apresentarem uma maior representatividade no número de vendas. Os condicionadores de ar do tipo split, por sua vez, são divididos em três categorias: hi-wall, cassete e piso-teto. Descrição mais detalhada encontra-se no anexo.

A quantidade vendida de aparelhos condicionadores de ar em 2015 é apresentada na Tabela 1. Vê-se que 88,4% dos aparelhos vendidos foram split e 11,6% janela.

Tabela 1: Venda de ar-condicionado em 2015 (1000 unidades)

	2015	%
Split	4.243,4	88,4
Janela	555,4	11,6
Total	4.798,8	100

Fonte: Euromonitor International (2016)

Seguindo as premissas apresentadas, a Tabela 2 apresenta as vendas divididas por setor: 80% delas para o setor residencial e 20% para o comercial.

Tabela 2: Venda de ar-condicionado em 2015 por setor (1000 unidades)

	Total	%
Residencial	3.839,0	80
Comercial	959,8	20
Total	4.798,8	100

Fonte: Elaboração própria

Considerando que a distribuição das vendas dentro de cada setor (Tabela 2) por tipo de ar-condicionado (split e janela) seguiu a mesma proporção das vendas (Tabela 1), tem-se o número de aparelhos vendidos por tipo e setor como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Venda de ar-condicionado em 2015 por tipo em cada setor (1000 unidades)

	Split	Janela	Total
Residencial	3.394,7	444,3	3.839,0
Comercial	848,7	111,1	959,8
Total (%)	4.243,4 (88,4%)	555,4 (11,6%)	4.798,8 (100%)

Fonte: Elaboração própria

Seguindo as premissas apresentadas anteriormente, a Tabela 4 apresenta a distribuição das vendas por região do Brasil assumindo-se que sua distribuição por região ocorreu na mesma proporção da distribuição de residências.

Tabela 4: Distribuição das vendas de ar-condicionado por região em 2015 (1000 unidades)

Região	Distribuição dos domicílios %	Split		Janela	
		Residencial	Comercial	Residencial	Comercial
Norte	10%	339,5	84,9	44,4	11,1
Nordeste	16%	543,2	135,8	71,1	17,8
Centro-Oeste	6%	203,7	50,9	26,7	6,7
Sudeste	51%	1731,3	432,8	226,6	56,7
Sul	17%	577,1	144,3	75,5	18,9
Total	100%	3394,7	848,7	444,3	111,1

Fonte: elaboração própria

A avaliação do consumo desses equipamentos foi desenvolvida para o setor comercial e residencial. Estes dois setores representam uma parcela significativa no consumo destes equipamentos.

Para o setor residencial, foram considerados somente os condicionadores de ar tipo Split e Janela com capacidades de 6.000 BTUs a 12.000 BTUs. Estes equipamentos por terem menor capacidade térmica são mais adequados para ambientes com baixas cargas térmicas. Os condicionadores de ar tipo Split vêm apresentando larga aceitação no mercado residencial em função de seu relativo baixo custo, ruído e praticidade ao passo que os condicionadores de ar tipo Janela em vêm apresentando reduções no número de vendas.

Segmentação dos aparelhos

Aqui é apresentada a segmentação dos aparelhos por categoria (A, B, C e D) e capacidades nominais (Btu/h ou Wt). Essa segmentação é feita para que se chegue a um equipamento de referência sobre o qual é feita a estimativa de consumo e de demanda no horário de ponta.

A partir das tabelas mais recentes dos aparelhos de ar condicionado etiquetados disponibilizadas pelo Inmetro e seguindo a premissa adotada de que o setor residencial utiliza aparelhos com capacidade até 12000 Btu/h e o comercial entre 12000 e 36000 Btu/h, são construídas tabelas como as que segue por setor (residencial ou comercial), tipo (janela, hi-wall, piso-teto, cassete) e categoria (A, B, C ou D).

Para cada uma dessas tabelas foi calculada a média ponderada do coeficiente de desempenho (COP)⁵ e da potência nominal. A ponderação utilizada foi a quantidade de

⁵ O coeficiente de desempenho, ou COP (do inglês “coefficient of performance”), é o quanto o aparelho de ar-condicionado produz de frio (chamado de efeito frigorífico) dividido pelo consumo de eletricidade utilizado para produzir esse frio. Sendo assim, quanto mais alto for esse resultado, mais eficiente é o equipamento, pois ele é capaz de produzir mais frio para um mesmo consumo de eletricidade. O COP não possui uma grandeza física (como kWh, BTU/h, W) por ser uma divisão entre grandezas iguais, ou seja, é adimensional. Assim, ele pode ser apresentado como um valor apenas, como 3,10, por exemplo, ou como aparece nas tabelas do Inmetro do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE): 3,10 W/W (watt/watt). É importante

aparelhos etiquetados pelo INMETRO. Essas médias são consolidadas em uma tabela para cada categoria (A, B, C e D), resultando na Tabela 7 para o caso do setor residencial e ar-condicionado hi-wall. Note que a primeira linha (categoria A) desta tabela corresponde à última linha da Tabela 5, ou seja, é o aparelho hi-wall da categoria A utilizado nesse trabalho como a referência para o setor residencial. A participação de mercado é a participação do número de aparelhos por categoria em relação ao total etiquetado. O detalhamento do cálculo de cada tabela consta no anexo.

Tabela 5: Distribuição dos aparelhos pela capacidade nominal (hi-wall, categoria A) - Residencial

Capacidade nominal (Btu/h)	Quantidade de equipamentos etiquetados pelo INMETRO	COP	Potência nominal de refrigeração (W)
7000	20	3,25	2051
7500	12	3,27	2198
8500	3	3,54	2491
9000	196	3,33	2637
11500	2	3,24	3370
12000	190	3,31	3516
COP MEDIO	423	3,32	2994

Fonte: elaboração própria

A Tabela 5 e Tabela 6 referem-se às informações para: (1) setor residencial, ar-condicionado tipo split hi-wall, categoria A; (2) setor comercial, ar-condicionado tipo split hi-wall, categoria B.

destacar que o watt (W) é uma grandeza de potência, não de energia (Wh = watt-hora), o que é comum confundir.

Tabela 6: Distribuição dos aparelhos pela capacidade nominal (hi-wall, categoria B) - Comercial

Capacidade nominal (Btu/h)	Quantidade de equipamentos etiquetados pelo INMETRO	COP	Potência nominal de refrigeração (W)
18000	40	3,12	5274
21000	1	3,03	6153
22000	15	3,11	6446
23000	2	3,12	6740
24000	21	3,11	7032
26000	1	3,04	7618
27000	1	3,05	7911
28000	5	3,09	8204
29000	1	3,07	8497
30000	5	3,08	8790
COP MEDIO	92	3,11	6347

Fonte: elaboração própria

Tabela 7: Ar-condicionado de referência - hi-wall, setor residencial

Categoria	Quantidade de equipamentos etiquetados pelo INMETRO	COP	Potência nominal de refrigeração média (W)	Participação de mercado
A	423	3,32	2994	61%
B	105	3,13	2837	15%
C	133	2,87	2976	19%
D	27	2,72	2648	4%
Média ponderada	688	3,18	2953	100%

Fonte: elaboração própria

As demais tabelas são reproduzidas abaixo. Cabe salientar que para os equipamentos do setor comercial, o aparelho de referência tipo split é a média ponderada dos três subtipos: hi-wall, cassete e piso-teto.

Tabela 8: Ar-condicionado de referência - split, setor comercial

Categoria	Hi-wall			
	Quantidade de equipamentos etiquetados pelo INMETRO	COP	Potência nominal de refrigeração média (W)	Participação de mercado
A	265	3,30	6088	50%
B	92	3,11	6347	17%
C	135	2,87	6431	25%
D	40	2,70	7274	8%
Média ponderada	532	3,11	6309	100%
Cassete				
A	16	3,40	8039	16%
B	17	3,10	8066	17%
C	52	2,86	8272	52%
D	15	2,67	8165	15%
Média ponderada	100	2,96	8183	100%
Piso-teto				
A	24	3,30	8692	16%
B	26	3,09	8903	17%
C	61	2,87	8756	41%
D	39	2,68	8767	26%
Média ponderada	150	2,93	8774	100%
Equivalente	753	3,05	6978	

Fonte: elaboração própria

Tabela 9: Ar-condicionado de referência - janela, setor residencial

Categoria	Quantidade de equipamentos etiquetados pelo INMETRO	COP	Potência nominal de refrigeração média (W)	Participação de mercado
A	40	3,03	2565	58%
B	22	2,96	2591	32%
C	3	2,83	3028	4%
D	4	2,77	2857	6%
Média ponderada	69	2,98	2610	100%

Fonte: elaboração própria

Tabela 10: Ar-condicionado de referência - janela, setor comercial

Categoria	Quantidade de equipamentos etiquetados pelo INMETRO	COP	Potência nominal de refrigeração média (W)	Participação de mercado
A	18	2,89	6055	64%
B	7	2,76	7074	25%
C	1	2,49	6153	4%
D	2	2,46	5494	7%
Média ponderada	28	2,81	6273	100%

Fonte: elaboração própria

A Tabela 11 consolida os equipamentos de referência encontrados seguindo a metodologia proposta. Estes valores serão usados para comparar com os coeficientes de desempenho (COP) médios do Japão e da Coreia do Sul, usados como referência, conforme explicitado nas Premissas (Tabela 12).

Tabela 11: Aparelhos de ar condicionado equivalente para o setor residencial e comercial

	Residencial (6000 a 12000 BTU/h)		Comercial (12001 a 36000 BTU/h)	
	Split	Janela	Split	Janela
Capacidade nominal de refrigeração (W)	2953	2610	8774	6273
COP (W/W)	3,18	2,98	2,93	2,81

Fonte: elaboração própria

Tabela 12: Coeficientes de desempenho médio para Coreia e Japão (W/W)

País	Mínimo	Máximo	COP médio
Coreia	3,05	5,73	3,78
Japão	2,37	6,67	4,1

Fonte: elaboração própria a partir de Shah et al. (2013)

Tempo de uso

A Tabela 13 apresenta o número de horas utilizado por região durante o ano seguindo a premissa utilizada em Cardoso (2012).

Tabela 13: Tempo de uso anual de ar-condicionado

Região	Tempo de uso anual (horas)
Norte	1699
Nordeste	1699
Centro-Oeste	695
Sudeste	695
Sul	695
Brasil	956

Fonte: elaboração própria a partir de Cardoso (2012)

Cálculo das tarifas médias

Com base nos dados do Relatório de Consumo e Receita da Aneel, a Tabela 14 apresenta a evolução das tarifas médias com impostos para cada setor, também podendo ser visualizada na Figura 4. As tarifas utilizadas para o cálculo das economias anuais na conta de eletricidade do consumidor estão apresentadas na Tabela 15 e referem-se às do ano de 2015.

Tabela 14: Tarifa média com impostos (R\$/MWh)

Setor	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Residencial	416,45	437,81	462,5	392,32	419,31	599,89	639,39	634,40
Comercial, Serviços e outras	397,73	411,58	427,87	372,76	403,77	587,18	631,66	631,07

Fonte: elaboração própria a partir do [Relatório de Consumo e Receita da Aneel](#)

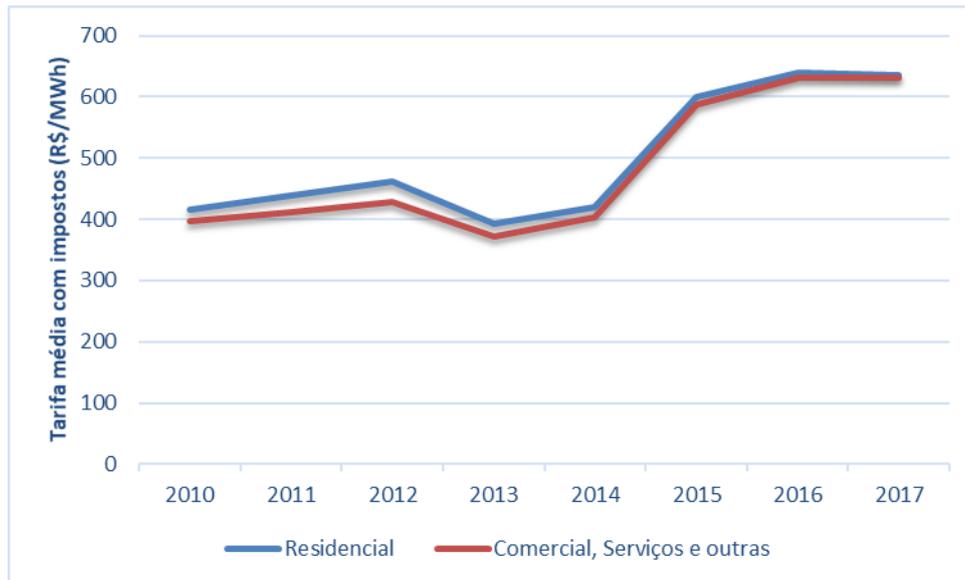


Figura 4: Evolução da tarifa com impostos (R\$/MWh)

Fonte: elaboração própria a partir do [Relatório de Consumo e Receita da Aneel](#)

Tabela 15: Tarifa com impostos por região (R\$/MWh) - 2015

Região	Residencial	Comercial
Norte	543,78	554,05
Nordeste	523,12	551,43
Centro-Oeste	628,97	616,06
Sudeste	619,17	578,64
Sul	645,45	642,52
Brasil	599,89	587,18

Fonte: elaboração própria a partir do [Relatório de Consumo e Receita da Aneel](#)

Resultados das estimativas

Apresentam-se aqui os resultados obtidos a partir da simulação da redução:

- No consumo de eletricidade e na demanda retirada na ponta;
- Na conta de eletricidade do consumidor;
- Nas emissões de gases de efeito estufa;
- Na construção de uma nova usina.

Os resultados são apresentados em duas partes: a primeira considerando que a participação nas vendas de ar-condicionado obedece a distribuição de aparelhos das tabelas do Inmetro, aqui chamado de cenário inicial; e a segunda com cenários alternativos nos quais essa distribuição é alterada para identificar seu efeito sobre os resultados, haja vista que a

participação de mercado por faixa de capacidade, por categoria de etiquetagem e por setor não é conhecida, ao menos sob domínio público.

Cenário inicial

Este cenário baseia-se no coeficiente de desempenho médio (COP) obtido a partir das distribuições da Tabela 7 à Tabela 10.

O consumo energético anual obtido para cada região foi obtido pela Equação 1. A soma do consumo de eletricidade de todas as regiões resulta no consumo nacional no ano dos equipamentos vendidos em 2015.

$$CT = \left(\frac{C}{COP} \right) \times H \times N \quad (1)$$

Onde:

CT: Consumo de energia elétrica (GWh);

C: Capacidade térmica nominal do equipamento médio (W);

COP: coeficiente de desempenho médio (W/W);

t: Número de horas de uso no ano (h);

N: Quantidade de equipamentos;

A Tabela 16 mostra os consumos regionais totais (split e janela) obtidos para o setor comercial e residencial fazendo-se uso de seus respectivos coeficientes de desempenho médio, quantidades de equipamentos vendidos e horas anuais de utilização. A Tabela 17 apresenta o consumo por setor e por tipo de ar-condicionado.

Tabela 16: Consumo de eletricidade das vendas em 2015 (GWh) por setor

Região	Residencial	Comercial	Total
Norte	602	373	975
Nordeste	963	597	1560
Centro-Oeste	148	92	239
Sudeste	1256	779	2034
Sul	419	260	678
Brasil	3387	2100	5487

Fonte: elaboração própria

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN 2015), o consumo de energia elétrica para o setor comercial (91.444 GWh) e residencial (131.032 GWh) em 2015 correspondeu a 222,5 TWh. O consumo aqui calculado devido ao uso dos equipamentos de condicionamento de ar vendidos para o referido ano foi de 5,5 TWh, que correspondeu a 2,5% do total consumido pelo setor comercial e residencial.

No setor residencial, essa participação foi de 2,6% do seu consumo. De acordo com a EPE/MME (2017), a participação de ar-condicionado no setor foi de 16,9%. Logo, como comentado anteriormente, por este estudo levar em consideração somente os

equipamentos *vendidos* para o ano base de 2015, desprezando, assim, os equipamentos em *estoque*, a saber, os equipamentos já presentes nas residências e no setor comercial, percebe-se que o consumo devido aos equipamentos que entraram no mercado no ano de 2015 corresponde a uma parcela do consumo, o que era o que se esperava encontrar.

Tabela 17: Consumo de eletricidade das vendas em 2015 (GWh) por setor e por tipo de ar-condicionado

Região	Residencial		Comercial	
	Split	Janela	Split	Janela
Norte	536	66	331	42
Nordeste	857	106	530	67
Centro-Oeste	132	16	81	10
Sudeste	1118	138	691	88
Sul	373	46	230	29
Brasil	3016	372	1863	237

Fonte: elaboração própria

Um estudo comparativo foi realizado partindo das mesmas hipóteses adotadas para o Brasil, cuja única modificação foi averiguar qual seria o consumo de eletricidade se os coeficientes de desempenho médios praticados no Brasil fossem os mesmos que os da Coreia (3,78) e do Japão (4,1) (Tabela 12). Os resultados consolidados são apresentados na Tabela 18 e na Figura 5. Já os resultados por setor (residencial e comercial) são apresentados, respectivamente, na Figura 6 e Figura 7. Por fim, por setor e por tipo de ar-condicionado (split e janela) na Tabela 19 e Tabela 20.

Tabela 18: Consumo total de eletricidade em 2015 (GWh) com COP mais eficiente (Coreia e Japão)

Região	Brasil	Coreia	Japão
Norte	975	802	739
Nordeste	1560	1283	1183
Centro-Oeste	239	197	181
Sudeste	2034	1673	1542
Sul	678	558	514
Brasil	5487	4512	4160

Fonte: elaboração própria

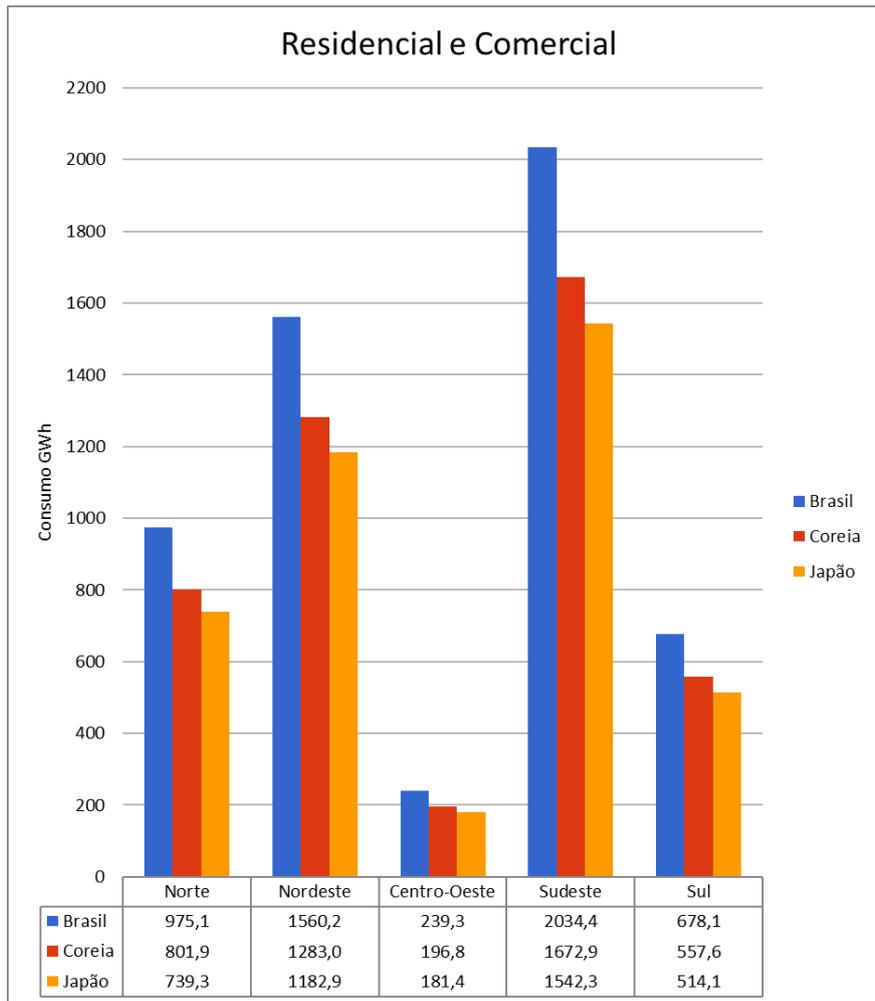


Figura 5: Consumo de eletricidade para diferentes cenários de coeficiente de desempenho médio

Fonte: elaboração própria

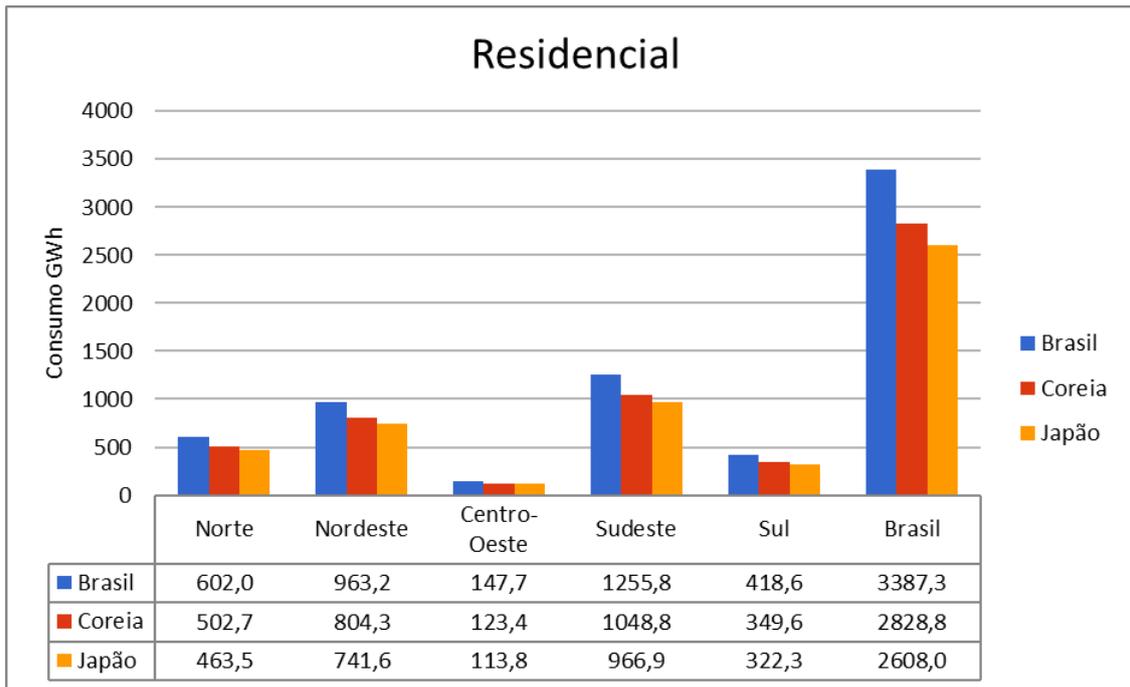


Figura 6: Setor residencial - consumo de eletricidade para diferentes cenários de COP médio

Fonte: elaboração própria

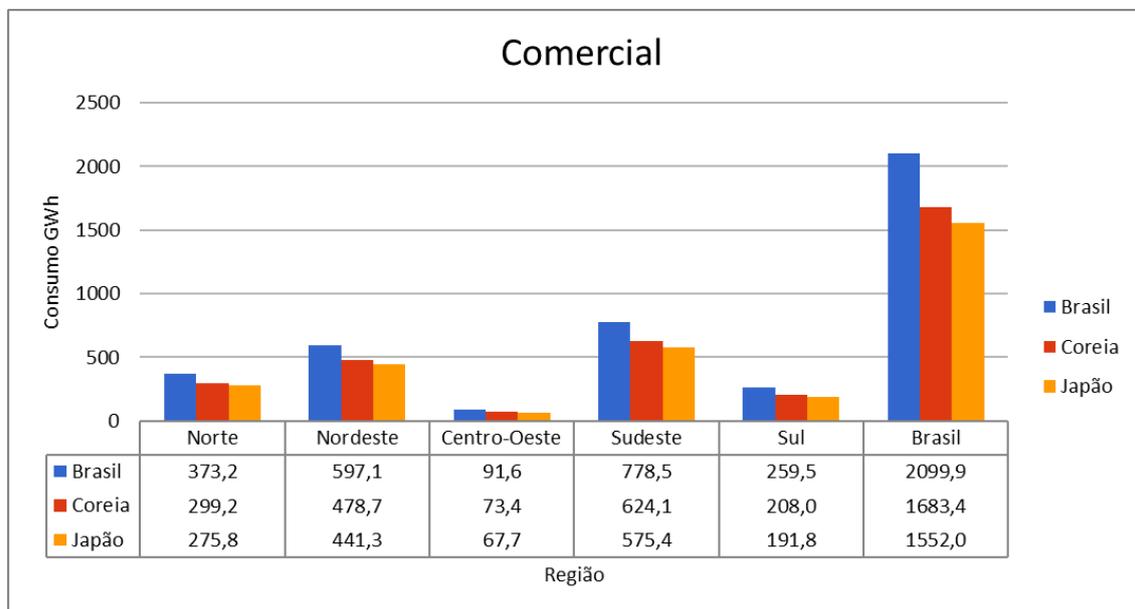


Figura 7: Setor comercial - consumo de eletricidade para diferentes cenários de COP médio

Fonte: elaboração própria

Tabela 19: Consumo de eletricidade das vendas em 2015 (GWh) por setor e por tipo de ar-condicionado no Brasil caso os aparelhos tivessem a eficiência média coreana

Região	Residencial		Comercial	
	Split	Janela	Split	Janela
Norte	451	52	268	31
Nordeste	721	83	429	50
Centro-Oeste	111	13	66	8
Sudeste	940	109	559	65
Sul	313	36	186	22
Brasil	2535	293	1507	176

Fonte: elaboração própria

Tabela 20: Consumo de eletricidade das vendas em 2015 (GWh) por setor e por tipo de ar-condicionado no Brasil caso os aparelhos tivessem a eficiência média japonesa

Região	Residencial		Comercial	
	Split	Janela	Split	Janela
Norte	415	48	247	29
Nordeste	665	77	395	46
Centro-Oeste	102	12	61	7
Sudeste	867	100	515	60
Sul	289	33	172	20
Brasil	2338	270	1390	162

Fonte: elaboração própria

A partir dos resultados apresentados, tem-se as seguintes economias de eletricidade obtidas caso os coeficientes de desempenho médios praticados no Brasil fossem semelhantes aos da Coreia e Japão (Tabela 21).

Tabela 21: Economia de eletricidade em 2015 (GWh) por setor e por região do Brasil caso os aparelhos brasileiros tivessem a eficiência média da Coreia do Sul e do Japão

Região	Residencial		Comercial		Total	
	Coreia	Japão	Coreia	Japão	Coreia	Japão
Norte	99	138	74	97	173	236
Nordeste	159	222	118	156	277	377
Centro-Oeste	24	34	18	24	43	58
Sudeste	207	289	154	203	361	492
Sul	69	96	51	68	120	164
Brasil	559	779	416	548	975	1327

Fonte: elaboração própria

Os resultados da redução de demanda de ponta, da usina evitada e da redução das emissões de gases de efeito estufa, além das economias de eletricidade, são apresentados na Tabela 22 para o ano de 2015 e para um horizonte de dez anos. A Redução de Demanda de Ponta (RDP) é calculada com base na economia de energia, tempo de utilização dos equipamentos e do fator de coincidência de ponta (considerado, seguindo a premissa apresentada, como sendo 0,70), conforme mostra a Equação 2.

$$RDP = \left(\frac{EE}{t} \right) \times FCP \quad (2)$$

Onde:

RDP: Redução de Demanda na Ponta (MW);

EE: Economia anual de eletricidade (GWh);

t: Número de horas de uso no ano (h);

FCP: Fator de Coincidência de Ponta.

Com o uso de equipamentos mais eficientes, tem-se uma redução da demanda no período de ponta de 714 MW e 972 MW para os casos nos quais os aparelhos vendidos no Brasil em 2015 tivessem as eficiências médias da Coreia do sul e do Japão, respectivamente.

Para o caso de uma usina evitada, sua capacidade instalada equivale à eletricidade economizada considerando também as perdas de transmissão e de distribuição (Equação 4). O fator de capacidade (FC) de uma usina, como um dos fatores que entram no cálculo da usina equivalente, é o percentual de eletricidade que ela gera em relação ao máximo que ela poderia gerar operando durante um ano inteiro. Sua definição é dada pela Equação 3, na qual E_{anual} é a energia elétrica anual gerada pela usina, P_{inst} é a potência instalada e um ano possui um total de 8760 horas.

$$FC = \frac{E_{\text{anual}}}{P_{\text{inst}} \times 8760} \quad (3)$$

$$P_{\text{inst}}[MW] = \frac{EE [GWh] \times 1000}{FC \times 8760} \div (1 - \%perdas) \quad (4)$$

A usina evitada foi obtida considerando-se um fator de capacidade médio típico de 56% para hidrelétricas e 15% de perdas médias na transmissão e distribuição.

Utilizando os coeficientes de desempenho médios da Coreia do Sul e do Japão, as economias que seriam obtidas pelos aparelhos de ar condicionado vendidos em 2015 equivaleriam a uma usina hidrelétrica equivalente a 234 MW e 318 MW, respectivamente.

Um outro resultado é o custo evitado de expansão, ou seja, quanto custaria aumentar o parque gerador para atender o aumento do consumo caso essa economia de eletricidade não se verificasse. Esse custo seria de 136 milhões e 184 milhões caso os COPs médios fossem da Coreia do Sul e do Japão, respectivamente, para um Custo Marginal de Expansão (CME) de R\$ 139/MWh (Plano Decenal de Energia - PDE 2016-2026).

Para estimar as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), foram consideradas duas abordagens: (1) considerando o fator médio de emissão do setor elétrico de 0,048 tCO₂/MWh; e (2) assumindo um fator de emissão de 0,224 tCO₂/MWh ao considerar que a redução da energia na ponta viria majoritariamente de termelétrica a gás natural.

A redução das emissões de GEE pelo setor elétrico devido às economias de eletricidade é de 18% e de 24% se a eficiência média dos ares-condicionados vendidos no Brasil em 2015 fosse a mesma da Coreia do Sul e do Japão, respectivamente.

Tabela 22: Resultados gerais

	2015		Em 10 anos (2015 – 2024)	
	COP médio (Coreia)	COP médio (Japão)	COP médio (Coreia)	COP médio (Japão)
E.E (GWh)	975	1.327	9.750	13.272
FCP	0,70	0,70	0,70	0,70
Horas anuais de uso	956	956	9.560	9.560
RDP (MW)	714	972	714	972
Usina equivalente (MW)	234	318	234	318
Emissões evitadas (tCO ₂) - média	46.800	63.704	467.996	637.038
Emissões evitadas (tCO ₂ /ano) - Gás natural	152.879	208.099	1.528.786	2.080.992
Custo de expansão evitado (R\$ milhões/ano)	136	184	136	184
Economia anual na conta do consumidor residencial (R\$/equipamento)	185	249	1.850	2.489
Economia anual na conta do consumidor comercial (R\$/equipamento)	561	714	5.614	7.142

Fonte: elaboração própria

Com as economias anuais na conta do consumidor, foi feito um exercício de trazer esses montantes para valor presente⁶, ou seja, o quanto no total essas economias anuais representariam em dinheiro hoje. A fórmula de cálculo para o valor presente para fluxos de caixa uniformes é apresentada abaixo. Dessa forma, utilizando-se 10 anos (n=10) como tempo de uso, uma taxa de retorno de 7% ao ano (i=0,07) e economia anual na conta de

⁶ O valor presente é um conceito de cálculo financeiro. O valor do dinheiro tem diferentes valores no tempo, ou seja, mil reais hoje não tem o mesmo valor de mil reais daqui a um ano. Se deixarmos esses mil reais numa poupança, daqui a um ano o valor que encontrará na poupança é um pouco mais que mil reais. Assim, se temos o valor daqui a um ano desse dinheiro, chamamos de valor presente o montante que esse valor seria hoje, ou seja, mil reais (desconta-se esse ganho na poupança). Agora imagine que há diversos valores futuros para vários anos. O total não é a soma de cada um desses valores, pois antes é preciso trazê-los todos para uma mesma base de tempo (ano de hoje, por exemplo) e aí, sim, pode-se soma-los. O mesmo raciocínio pode ser feito com a inflação, pois os mil reais de hoje não são os mesmos daqui a um ano, pois a inflação “comeu” seu poder de compra.

eletricidade (C) de R\$ 185 e R\$ 249, tem-se os seguintes valores que o consumidor teria hoje com as economias de eletricidade (Tabela 23).

$$VP = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad (3)$$

Tabela 23: Valor presente das economias anuais de eletricidade

	Residencial		Comercial	
	Coreia	Japão	Coreia	Japão
Economia anual na conta do consumidor (R\$/equipamento)	185	249	1.850	2.489
Valor presente (R\$)	1.299,24	1.748,27	12.992,38	17.482,71

Fonte: elaboração própria

Outros cenários

A Tabela 24 apresenta os diferentes cenários utilizados de participação das vendas por tipo de equipamento e faixa de classificação da etiquetagem. A ideia é testar cenários com maior ou menor participação de aparelhos mais eficientes (categoria A).

Tabela 24: Diferentes cenários de participação das vendas de ar-condicionado em 2015

			Inicial	C2	C3	C4
Residencial	Split	A	61%	50%	20%	80%
		B	15%	20%	60%	10%
		C	19%	20%	15%	8%
		D	4%	10%	5%	2%
	Janela	A	58%	32%	20%	80%
		B	32%	58%	60%	10%
		C	4%	4%	15%	8%
D		6%	6%	5%	2%	
Comercial	Split Hi-wall					
	68%	A	50%	20%	20%	70%
		B	17%	70%	45%	20%
		C	25%	7%	30%	7%
		D	8%	3%	5%	3%
	Split Cassete					
	13%	A	16%	20%	20%	70%
		B	17%	70%	45%	20%
		C	52%	7%	30%	7%
		D	15%	3%	5%	3%
	Split Piso-teto					
	19%	A	16%	20%	20%	70%
		B	17%	70%	45%	20%
		C	41%	7%	30%	7%
		D	26%	3%	5%	3%
	Janela	A	64%	30%	20%	70%
B		25%	60%	60%	20%	
C		4%	5%	15%	7%	
D		7%	5%	5%	3%	

Fonte: elaboração própria

Por se alterar as participações de mercado, também são alterados os coeficientes de desempenho médios e as capacidades térmicas nominais dos equipamentos como segue (Tabela 25).

Tabela 25: COP e capacidade térmica nominal médios para diferentes cenários

			Inicial	C2	C3	C4
Residencial	Split	COP médio	3,18	3,13	3,11	3,25
		Capacidade (Btu/h)	2953	2924	2880	2970
	Janela	COP médio	2,98	2,97	2,94	3,00
		Capacidade (Btu/h)	2610	2616	2664	2611
Comercial	Split	COP médio	3,06	3,11	3,09	3,15
		Capacidade (Btu/h)	7022	7022	7021	7000
	Janela	COP médio	2,81	2,77	2,73	2,82
		Capacidade (Btu/h)	6273	6643	6653	6249

Fonte: elaboração própria

Os resultados dos quatro cenários são apresentados na tabela e nas figuras seguintes. Verifica-se que as variações dos resultados são pequenas entre os diferentes cenários:

oscilam entre 3% e 7% da média. Também são apresentados os valores presentes das economias de eletricidade na conta dos consumidores para cada cenário.

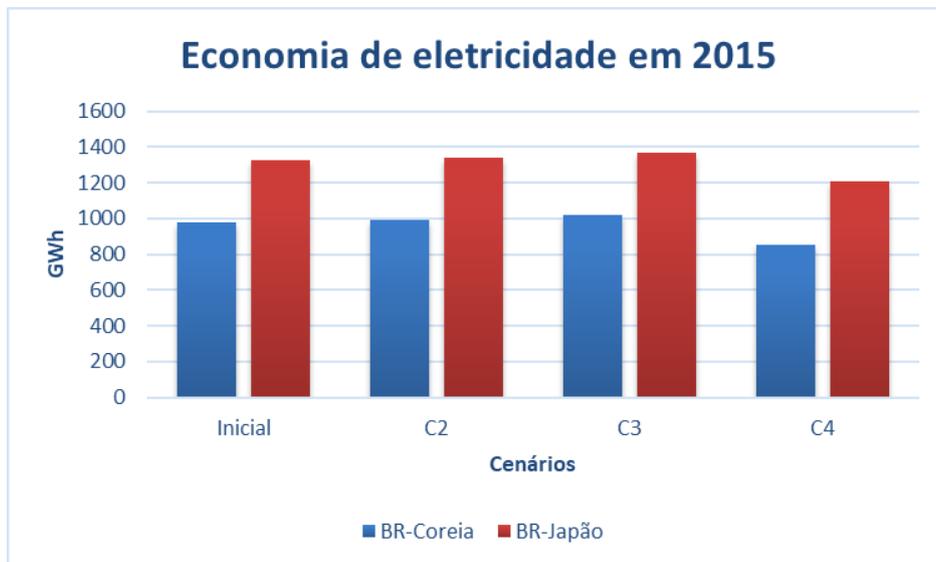


Figura 8: Economia de eletricidade para diferentes cenários em 2015

Fonte: elaboração própria

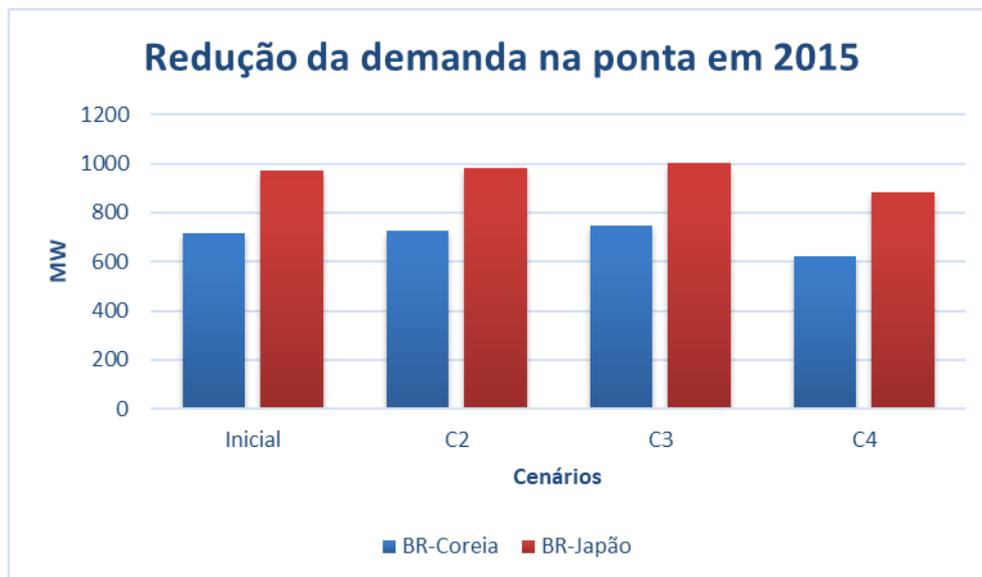


Figura 9: Redução da demanda na ponta para diferentes cenários

Fonte: elaboração própria

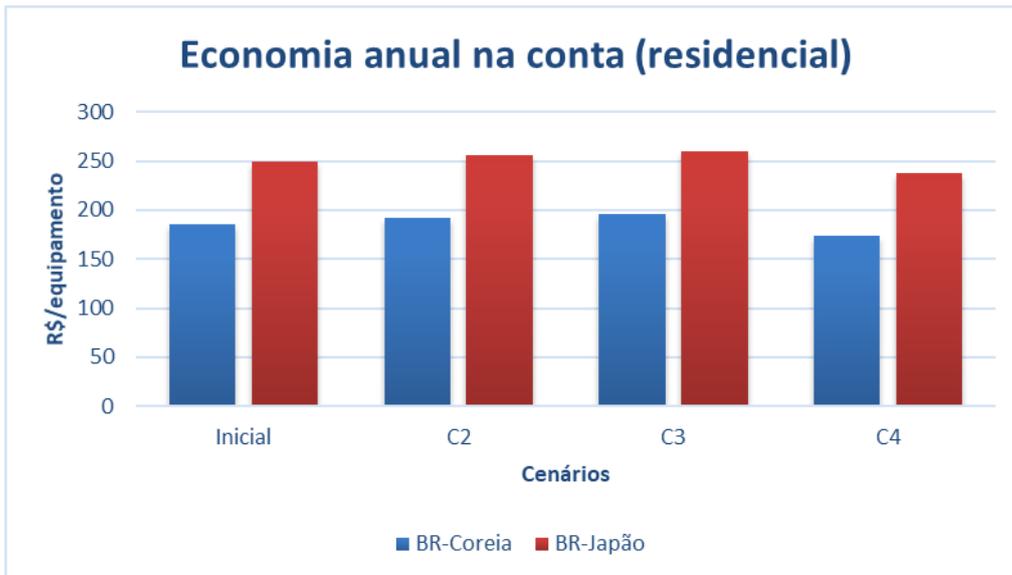


Figura 10: Redução anual na conta do consumidor residencial

Fonte: elaboração própria

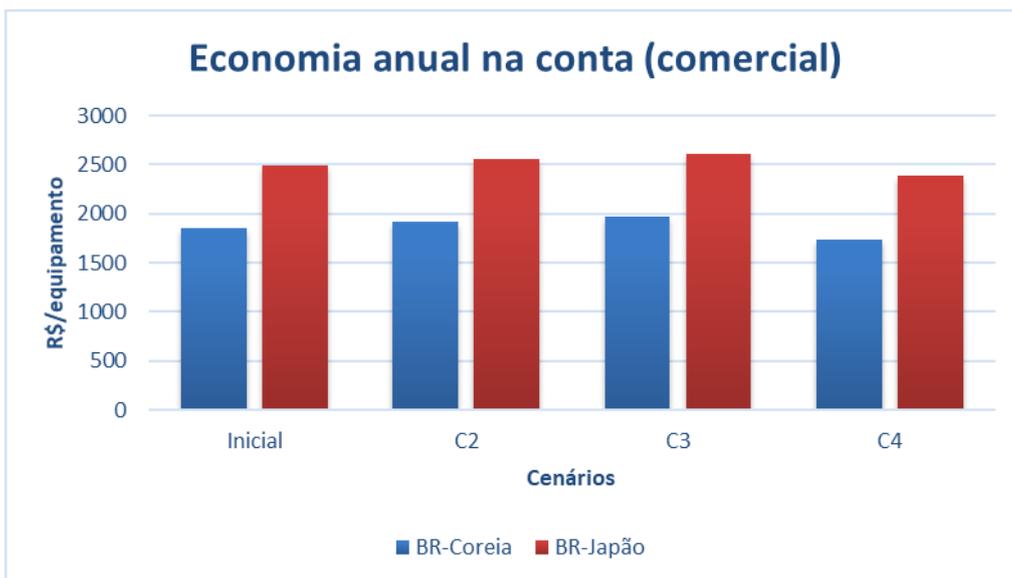


Figura 11: Redução anual na conta do consumidor comercial

Fonte: elaboração própria

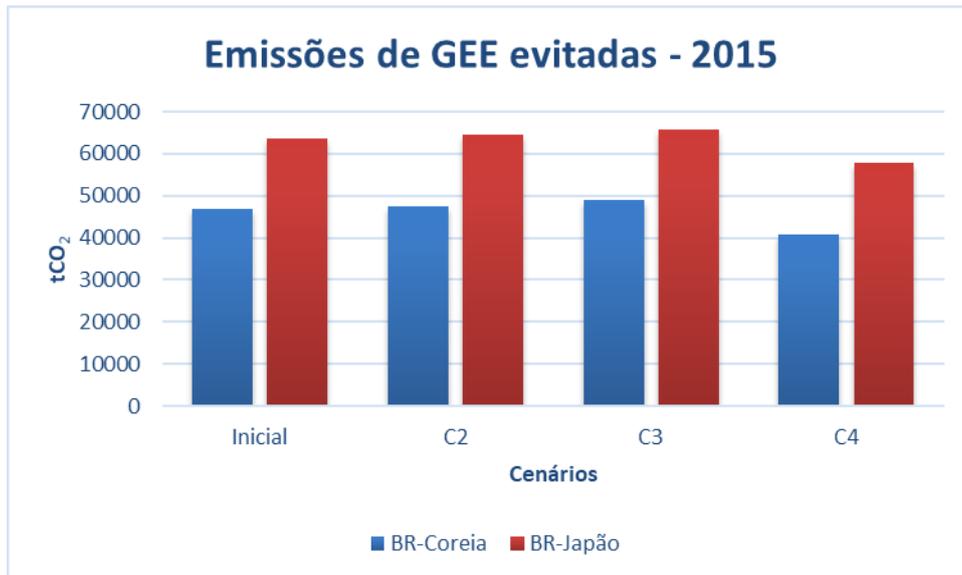


Figura 12: Redução das emissões de gases de efeito estufa

Fonte: elaboração própria

Tabela 26: Resultados para diferentes cenários de participação nas vendas de 2015

	Economia (GWh)		RDP (MW)		Usina equivalente (MW)		Emissões evitadas (tCO2) - média		Emissões evitadas (tCO2) - Term GN		Custo de expansão evitado (R\$ milhões)		Economia anual na conta do consumidor residencial (R\$/aparelho)		Economia anual na conta do consumidor comercial (R\$/aparelho)	
	BR-Coreia	BR-Japão	BR-Coreia	BR-Japão	BR-Coreia	BR-Japão	BR-Coreia	BR-Japão	BR-Coreia	BR-Japão	BR-Coreia	BR-Japão	BR-Coreia	BR-Japão	BR-Coreia	BR-Japão
Inicial	975	1327	714	972	234	318	46800	63704	152879	208099	136	184	185	249	1850	2489
C2	991	1342	725	983	238	322	47559	64413	155361	210416	138	187	192	256	1923	2560
C3	1021	1370	748	1003	245	329	49028	65759	160158	214811	142	190	197	260	1966	2603
C4	852	1205	624	882	204	289	40910	57849	133639	188973	118	168	174	238	1739	2381
CV	6,7%	4,8%	6,7%	4,8%	6,7%	4,8%	6,7%	4,8%	6,7%	4,8%	6,7%	4,8%	4,6%	3,4%	4,6%	3,4%

Nota: CV = coeficiente de variação. O CV é o desvio padrão dividido pela média, ou seja, é o valor relativo que o conjunto de resultados se desvia da sua média.
Fonte: elaboração própria

Tabela 27: Valor presente (R\$/aparelho) das economias anuais de eletricidade para os diferentes cenários

	Residencial		Comercial	
	Coreia	Japão	Coreia	Japão
Inicial	1.299,24	1.748,27	12.992,38	17.482,71
C2	1.350,73	1.797,90	13.507,28	17.978,99
C3	1.380,72	1.828,19	13.807,22	18.281,85
C4	1.221,69	1.672,12	12.216,94	16.721,22

Fonte: elaboração própria

Análise dos resultados

Nesta seção são analisados os resultados apresentados na seção anterior para o cenário inicial.

Os resultados mostram que o consumidor residencial seria capaz de comprar um novo ar-condicionado ao final de 10 anos de uso apenas com a economia que ele teria na conta de eletricidade. Isso caso os aparelhos vendidos em 2015 tivessem eficiências nos níveis médios de países como a Coreia do Sul e o Japão. Já para o setor comercial, a economia obtida em 10 anos permitiria que ele pudesse comprar outros quatro (eficiência “coreana”) ou cinco (“japonesa”) aparelhos.

Esse cálculo foi feito considerando que os preços médios de ar-condicionado split encontrados em site de busca comparativa entre lojas foi de R\$ 1,2 mil para o residencial e de R\$ 3,2 mil para o comercial com capacidades nominais médias calculadas de 10.000 Btu/h e 30.000 Btu/h, respectivamente.

Do ponto de vista da sociedade, a economia de eletricidade que seria obtida por ano evitaria um gasto entre R\$ 136 e 184 milhões com a construção de novas usinas. A título de comparação, esses valores são próximos ao que foi gasto com as bandeiras tarifárias coletadas das contas de eletricidade dos consumidores para pagar pelo uso das usinas acionadas mais caras em dezembro de 2017 (~ R\$ 142 milhões). Isso significa que essa economia pode reduzir essa conta das bandeiras, onerando menos o consumidor. Segundo a Aneel ([Despacho n°242, de 30 de janeiro de 2018](#)), o valor de repasse para as distribuidoras de eletricidade referente ao mês de dezembro de 2017 foi de R\$ 142.409.108,16.

Além disso, considerando que a eletricidade economizada também pode ser pensada como uma usina que deixaria de ser construída ou cuja construção poderia ser adiada (usina evitada), os resultados mostram que o porte dessa usina seria entre 234 MW e 318 MW dependendo do país comparado (Coreia do Sul e Japão, respectivamente). Para efeito de comparação, a média da potência outorgada das 165 usinas a gás natural em operação no país é de cerca de 83 MW (valor obtido a partir do Banco de Dados de Geração da Aneel, atualizado em 01/02/2018). Dessa forma, evitaria-se a construção de cerca de três a quatro termelétricas (~330 MW).

Em termos de emissões de gases de efeito estufa, as vendas de ar-condicionado de 2015 evitariam, por ano, um total de 47 mil e 63 mil toneladas de gases de efeito estufa caso as eficiências médias desses aparelhos fossem as mesmas da Coreia do Sul e do Japão, respectivamente. Para o primeiro caso, equivaleria dizer que a eletricidade economizada em um ano com a venda de ares-condicionados mais eficientes seria o mesmo que tirar de circulação a maior frota municipal do país por uma semana, ou seja, todos os mais de 6 milhões de automóveis da cidade de São Paulo⁷. Segundo o Denatran⁸, a frota brasileira de

⁷ O Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA) publicou estudo em 2017 no qual apresenta as estimativas de emissões de gases de efeito estufa e de poluentes locais que afetam diretamente a saúde da população, como material particulado. Os resultados podem ser acessados em <http://emissoes.energiaeambiente.org.br/graficos> (acesso em 8/2/2018).

⁸ <http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/610-frota-2017> (acesso em 20/04/2018).

automóveis em dezembro de 2017 foi de cerca de 53 milhões, ou seja, são 11% dela circulando apenas na cidade de São Paulo.

Os dados de emissões de gases do efeito estufa (GEE) no setor de transporte na cidade de São Paulo foi estimado em estudo publicado em 2017 pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA). Segundo esse estudo, os automóveis emitiram 7.253 toneladas de GEE por dia⁹.

Considerando o cenário em que as emissões no período de ponta equivalem às de térmicas a gás natural, a economia anual de eletricidade equivaleria a tirar toda frota paulistana de automóveis de circulação por três semanas ou por até quase um mês (29 dias). Respectivamente para o caso de uma eficiência média equivalente à coreana do sul e japonesa.

Conclusões

Embora as tecnologias de fabricação de equipamentos condicionadores de ar tenham basicamente a mesma tecnologia em todo o mundo, as eficiências médias dos aparelhos disponíveis no Brasil estão defasadas quando comparadas com a maioria dos países desenvolvidos, principalmente a Coreia do Sul e o Japão.

Este fato demonstra o potencial de economia energética e de emissões de Gases de Efeito Estufa. O Brasil se beneficiaria tanto sob a perspectiva do consumidor como da sociedade com a elevação de seus padrões mínimos de eficiência energética e com a execução mais adequada do Programa Brasileiro de Etiquetagem. O consumo devido ao uso de equipamentos de condicionamento de ar é expressivo e com tendência de aumentar cada vez mais, o que justifica a temática do problema.

Os resultados obtidos partiram de dados de venda para 2015 e de premissas que refletem a carência de informações sobre o setor, como participação no mercado de vendas por categoria de eficiência energética (etiqueta A, B, C e D), tipo de aparelho, hábitos de consumo e distribuição regional, por exemplo. A que pese essa carência, encaramos esse trabalho como um exercício para estimular o debate público sobre a importância de garantir o funcionamento adequado dos mecanismos existentes de eficiência energética, tais como os padrões mínimos e a etiquetagem de equipamentos.

Por fim, o país deveria se espelhar no processo histórico de países que orientaram suas políticas de eficiência energética, de clima e industrial para desenvolver suas indústrias nacionais de forma a se destacarem mundialmente do ponto de vista tecnológico e competitivo, especialmente frente à transição para uma economia verde. O Brasil precisa se posicionar, o que inclui especialmente o posicionamento do correspondente setor industrial e de serviços, se irá ter algum papel competitivo e tecnológico no cenário internacional ou se continuará como um expectador dessa competição mantendo-se como um mercado consumidor.

⁹ Os resultados podem ser acessados em <http://emissoes.energiaeambiente.org.br/graficos> (acesso em 8/2/2018).

Referências Bibliográficas

ABRAVA - Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. Panorama HVAC-R. Brasil, 2015.

CARDOSO R. B. Estudo dos Impactos Energéticos dos Programas Brasileiros de Etiquetagem Energética: Estudo de Caso em Refrigeradores de Uma Porta, Condicionadores de Ar e Motores Elétricos. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, 2012.

ELETROBRÁS. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso. Ano Base 2005. Avaliação do Mercado de Eficiência Energética do Brasil. Julho, 2007.

ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia. Selo PROCEL de Economia de Energia. 2017.

EPE/MME. Balanço Energético Nacional. Relatório Síntese - Ano Base 2015. Empresa de Pesquisa Energética - EPE. Rio de Janeiro, 2016.

EPE/MME. 2017. “Monitorando O Progresso Da Eficiência Energética No Brasil: Indicadores E Análises Setoriais. Série ‘Estudos de Eficiência Energética’. Nota Técnica DEA 025/17.” Rio de Janeiro. <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-311/DEA%20025-17%20-%20Indicadores%20de%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica.pdf>.

Euromonitor International. 2016. “Air Treatment Products in Brazil.” EUROMONITOR INTERNATIONAL, 2016.

Loreço J. N. P & Ghisi E. Estado da Arte em Eficiência Energética: sistemas de condicionamento de ar. Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações - CB3E. Florianópolis, fevereiro de 2015.

Shah N. Waide P. Cooling the Planet: Opportunities for Deployment of Superefficient Room Air Conditioners. April, 2013.

Shah, NK, N Khanna, N Karali, W Park, Y Qu, and N Zhou. 2017. “Opportunities for Simultaneous Efficiency Improvement and Refrigerant Transition in Air Conditioning,” no. July:110. <https://eta.lbl.gov/sites/default/files/publications/lbnl-2001021.pdf>.

Links acessados

<http://blog.webcontinental.com.br/quais-sao-os-modelos-de-ar-condicionado-split>

Anexo

Os sistemas de condicionamento de ar têm como função a refrigeração de um meio, visando o conforto térmico das pessoas e processos. Há diversos tipos de tecnologia, ou rotas tecnológicas, que podem fazer esse papel utilizando diferentes fontes de energia (térmica, mecânica ou elétrica, por exemplo). Uma dessas rotas é a dominante mundialmente e que estamos familiarizados em nosso dia a dia em escritórios, casas e carros: o ciclo de refrigeração por compressão a vapor. Em outras palavras, os aparelhos de janela e split.

O ar-condicionado, para fazer seu trabalho de refrigerar o ambiente, é composto por quatro componentes básicos: compressor, condensador, dispositivo de expansão e evaporador. Para que um ambiente fique mais frio do que o de fora, e não no mínimo na mesma temperatura como naturalmente era de se esperar, é necessário “forçar” essa situação fornecendo energia. Essa energia, no caso a eletricidade, se encarregará de manter esse desequilíbrio entre a temperatura interna e externa, trazendo o conforto necessário para os usuários.

Os tipos de condicionadores de ar mais usados no Brasil são os do tipo janela (Figura 13) e split (Figura 14). As vantagens inerentes aos de janela são serem mais baratos e de fácil instalação. São compactos por serem uma “caixa” única contendo todos seus componentes nela (compressor, condensador, dispositivo de expansão e evaporador). Como desvantagens podem-se citar o nível de ruído, maior consumo energético e menores capacidades frigoríficas.



Figura 13: Foto ilustrativa de um ar-condicionado de janela

Fonte: ABRAVA (2015)

Os condicionadores de ar tipo split foram originados dos de tipo Janela e são divididos em dois módulos: um que se encontra no ambiente interno (a unidade evaporadora) e o outro no ambiente externo (unidade condensadora). O compressor é o componente que mais consome energia e faz ruído, encontrando-se na unidade condensadora.

Inúmeras vantagens estão associadas ao split: baixo nível de ruído no ambiente, grande variedade dos tipos e modelos com capacidades que podem chegar a 80.000 Btu, controle à distância, não é necessário abrir um vão na parede e apresentam menor consumo energético. As desvantagens são o preço de aquisição, instalação e manutenção: além de mais caros em relação aos de janela, a instalação do aparelho é difícil, devendo ser executada por profissionais qualificados. Não possuem renovação de ar externo, não sendo adequados para casos críticos (salas limpas, laboratórios, centros cirúrgicos e hospitais) sob penalidade de prejuízos à saúde dos usuários destes ambientes.



Figura 14: Exemplos de ares-condicionados do tipo split: (a) hi-wall, (b) cassete e (c) piso-teto

Nota: os módulos acima de cada conjunto são os evaporadores e os abaixo, condensadores.
Fonte: Web Continental