

NOTA TÉCNICA EPE 030/2018

# Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética

Dezembro de 2018



Empresa de Pesquisa Energética

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA





GOVERNO FEDERAL  
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
MME/SPE

**Ministério de Minas e Energia**  
**Ministro**  
Wellington Moreira Franco

**Secretário Executivo**  
Marcio Felix Carvalho Bezerra

**Secretário de Planejamento e  
Desenvolvimento Energético**  
Eduardo Azevedo Rodrigues

**Secretário de Energia Elétrica**  
Ildo Wilson Grudtner

**Secretário de Petróleo, Gás Natural e  
Combustíveis Renováveis**  
João Vicente de Carvalho Vieira

**Secretário de Geologia, Mineração e  
Transformação Mineral**  
Vicente Humberto Lôbo Cruz



Empresa de Pesquisa Energética

*Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.*

**Presidente**  
Reive Barros dos Santos

**Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais**  
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

**Diretor de Estudos de Energia Elétrica**  
Amilcar Gonçalves Guerreiro

**Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível**  
José Mauro Ferreira Coelho

**Diretor de Gestão Corporativa**  
Álvaro Henrique Matias Pereira

URL: <http://www.epe.gov.br>

**Sede**  
Esplanada dos Ministérios Bloco "U" - Ministério de Minas e Energia - Sala 744 - 7º andar - 70065-900 - Brasília - DF

**Escritório Central**  
Av. Rio Branco, 01 - 11º Andar  
20090-003 - Rio de Janeiro - RJ

**NOTA TÉCNICA EPE  
030/2018**

## **Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética**

**Coordenação Geral**  
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

**Coordenação Executiva**  
Jeferson Borghetti Soares

**Coordenação Técnica**  
Jeferson Borghetti Soares

**Equipe Técnica**  
Ana Cristina Braga Maia  
Alex Yuhji Gomes Yukizaki  
Arnaldo dos Santos Junior  
Thiago A. Pastorelli Rodrigues  
Thiago Toneli Chagas

Nº EPE-DEA-NT-030/2018-r0  
Data: 13 de Dezembro de 2018

## SUMÁRIO EXECUTIVO

### **O consumo de energia elétrica para condicionamento de ar nas residências brasileiras mais que triplicou nos últimos 12 anos**

Após períodos de baixo crescimento econômico no Brasil, que caracterizaram as décadas de 1980 e parte da década de 1990, a estabilidade econômica e a elevação da renda média das famílias criaram condições para suprir parte de uma demanda reprimida por conforto ambiental, expresso pelo aumento do consumo de eletricidade devido ao uso de aparelhos de ar-condicionado no país.

Estima-se que o consumo de energia elétrica devido aos condicionadores de ar no setor residencial tenha mais que triplicado nos últimos 12 anos, atingindo 18,7 TWh em 2017. A posse de equipamentos nas residências aumentou 9,0% ao ano entre 2005 e 2017, influenciado, principalmente, pelo crescimento das vendas de equipamentos novos entre 2010 e 2015.

Apesar do aumento da demanda por climatização artificial observado nos últimos anos, parte do consumo de eletricidade foi evitado devido a ações de eficiência. Estima-se que o ganho acumulado de eficiência energética dos aparelhos de ar condicionado foi 8% entre 2005 e 2017.

### **Os índices mínimos de eficiência energética de condicionadores de ar foram introduzidos no Brasil em 2007 e passaram por duas revisões, em 2011 e 2018**

Políticas de etiquetagem e índices mínimos de eficiência energética, podem eliminar do mercado equipamentos menos eficientes e encorajar os fabricantes a desenvolverem e ofertarem equipamentos mais eficientes, contribuindo com a redução da demanda potencial de eletricidade.

Em 2001, a Lei de Eficiência Energética foi aprovada para reforçar os programas de etiquetagem, permitindo ao governo brasileiro estabelecer índices mínimos de eficiência energética para equipamentos e, conseqüentemente, proibir a comercialização de modelos com baixa eficiência energética. Criado pela mesma lei, o Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética (CGIEE) é responsável por determinar os índices mínimos para cada produto.

Os índices mínimos de aparelhos de ar-condicionado foram introduzidos no Brasil em 2007 e passaram por duas revisões (2011 e 2018). A última revisão, que deve ser implementada até 2020, eleva o patamar de eficiência energética ao permitir apenas a comercialização dos equipamentos atualmente classificados como A e B, estabelecidos pela Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

### **Estabelecimento de índices mínimos de eficiência energética mais rigorosos poderão evitar o consumo de 14,5 TWh em 2035**

Espera-se que a demanda por eletricidade devido ao uso de condicionadores de ar continue aumentando nas próximas décadas, decorrente, principalmente, do crescimento da população, da elevação da renda e da maior preferência dos indivíduos por ambientes climatizados.

Considerando-se apenas as ações de eficiência energética já aprovadas e publicadas pelo governo federal, estima-se que o consumo de eletricidade para condicionamento de ar pelas

famílias poderá passar de 18,7 TWh em 2017 para 48,5 TWh em 2035, crescimento correspondente à 5,4% ao ano no período.

O estabelecimento de índices mínimos de eficiência energética mais rigorosos, por sua vez, poderá contribuir para reduzir o consumo de eletricidade devido a condicionamento de ar atinge 36,8 TWh em 2035. Ou seja, nesse cenário, o consumo evitado poderia atingir 14,5 TWh em 2035, equivalente a uma usina de 3.475 MW.

### **Ações para reforçar a implementação de índices mínimos de eficiência energética ainda são necessárias**

Além do estabelecimento de um processo de revisão contínua dos índices mínimos de eficiência energética, por meio de uma agenda regulatória que traga previsibilidade aos fabricantes e consumidores, outros elementos também devem estar presentes para a efetividade desse mecanismo.

Apesar dos avanços regulatórios, observa-se que há barreiras a serem superadas para que o mecanismo de padrões de eficiência tenha resultados mais amplos no Brasil. Dentre as questões, destacam-se: (i) a necessidade de maior conhecimento do mercado (ii) o monitoramento de resultados, incluindo infraestrutura e indicadores de desempenho apropriados; e (iii) avaliação de resultados e impactos do mecanismo para posteriores aprimoramentos. No caso específico dos condicionadores de ar, podemos destacar a necessidade de ações nas seguintes dimensões: (i) base de dados; (ii) comunicação e educação; (iv) avaliação de conformidade; (v) base laboratorial; e (vi) edificações eficientes.

## EXECUTIVE SUMMARY

### **Electricity consumption for residential air conditioners has more than tripled in the last 12 years in Brazil**

After periods of low economic growth in Brazil, which characterized the 1980s and part of the 1990s, economic stability and the rise in average family income created the conditions to supply part of a suppressed demand for environmental comfort, as expressed by the increase of electricity consumption due to the use of air conditioners in the country.

The estimated electricity consumption for air conditioners in the residential sector has more than tripled in the last 12 years, reaching 18.7 TWh in 2017. The household air conditioner ownership increased by 9.0% per year between 2005 and 2017, influenced mainly by the growth of sales of new appliances between 2010 and 2015.

Despite the increased demand for artificial cooling in recent years, energy efficiency actions applied to air conditioners saved electricity. The estimated cumulative energy efficiency gains of air conditioners were 8% between 2005 and 2017.

### **Minimum energy performance standards for air conditioners were introduced in Brazil in 2007 and underwent two revisions in 2011 and 2018**

Labeling policies and minimum energy performance standards (MEPS) can eliminate less efficient air conditioners from the market and encourage manufacturers to develop and offer energy efficient appliances, contributing to the reduction of potential electricity demand.

In 2001, the Energy Efficiency Law was approved to strengthen the labeling programs, allowing the Brazilian government to establish MEPS and, consequently, to prohibit the commercialization of models with low energy efficiency standards. Created by the same law, the Energy Efficiency Indicators Steering Committee (CGIEE) is the institution responsible for determining MEPS for each appliance or equipment.

Brazil introduced MEPS for air conditioners in 2007 and underwent two revisions (2011 and 2018). The latest revision, to be implemented by June 2020, raises the level of energy efficiency by allowing only the commercialization of appliances currently classified as A and B, established by the National Energy Conservation Label (ENCE).

### **More ambitious minimum energy performance standards can contribute to save 14.5 TWh of the electricity in 2035**

We expect that the electricity consumption for residential air conditioners continue increasing in the coming decades, mainly due to population growth, higher income and greater preference of individuals for cooling spaces.

When considering only current energy efficiency actions already approved and published by the Brazilian government (BAU scenario), electricity demand for residential air conditioners may increase from 18.7 TWh in 2017 to 48.5 TWh in 2035, corresponding to 5.4% per year in the period.

As implementation of more ambitious MEPS are considered in next years, the electricity consumption for air conditioners can be reduced to 36.8 TWh in 2035. In this scenario, avoided consumption compared to BAU scenario could reach 14.5 TWh in 2035, equivalent to a power plant of 3,475 MW.

### **Actions to strengthen the implementation of minimum energy performance standards are still needed**

In addition to establishing a process of continuous revision of MEPS, through a regulatory agenda that brings predictability to manufacturers and consumers, other elements must also be present for the effectiveness of this mechanism.

Despite the regulatory advances, it is observed that there are barriers to be overcome in order to increase the efficiency standards mechanism in Brazil. Among the issues, the following should be highlighted: (i) the need for greater market knowledge; (ii) monitoring results, including appropriate infrastructure and performance indicators; and (iii) evaluation of results and impacts of the mechanism for further improvements. In the specific case of air conditioners, we can highlight the need for actions in the following dimensions: (i) database; (ii) communication and education; (iii) conformity assessment; (iv) laboratory basis; and (v) efficient buildings.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	6
<b>2. O USO DO AR CONDICIONADO NO BRASIL</b> .....	8
2.1 Relevância no consumo energético.....	8
2.2 Impacto na demanda de ponta do setor elétrico brasileiro.....	12
<b>3. INSTRUMENTOS DE PROMOÇÃO À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO USO DE AR CONDICIONADO NO BRASIL</b> .....	15
3.1 Etiquetagem.....	17
3.2 Índices mínimos de eficiência energética.....	18
<b>4 PERSPECTIVAS DE CRESCIMENTO DO USO DE ENERGIA PARA CONDICIONAMENTO DE AR NO BRASIL</b> .....	21
4.1 Metodologia.....	21
4.1.1 Abordagem metodológica.....	21
4.1.2 Cenários.....	23
4.2 Cenário Base.....	23
4.3 Cenário Alternativo.....	26
<b>5 ELEMENTOS PARA PROMOÇÃO DE UM PLANO DE AÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO USO DE AR CONDICIONADO NO BRASIL</b>	31
5.1 Reforço da base de dados.....	32
5.2 Plano de comunicação e educação.....	33
5.3 Avaliação da conformidade.....	34
5.4 Base laboratorial.....	34
5.5 Edificações Eficientes.....	35
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	36
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	39

## I. INTRODUÇÃO

No mundo, o uso de energia para climatização em edifícios cresce mais rápido que qualquer outro uso final, mais que triplicando entre 1990 e 2016. O conforto ambiental, normalmente gerado por meio de ventiladores elétricos ou aparelhos de ar condicionado, está contribuindo cada vez mais com o aumento demanda global de energia (IEA, 2018). No Brasil, apenas no setor residencial, estima-se que a posse de ar condicionado pelas famílias tenha mais que duplicado entre 2005 e 2017. Apesar do grande impulso das vendas na última década, a penetração desse tipo de equipamento ainda é relativamente baixa nas residências brasileiras. Enquanto que, atualmente, países como China e Estados Unidos possuem aproximadamente 1 e 2 aparelhos, respectivamente, por residência, no Brasil temos apenas 0,4 aparelhos. Cumpre destacar também que boa parte do território brasileiro se encontra em zonas tropicais do planeta, ao contrário de China e EUA. Dessa forma, a baixa penetração deste tipo de aparelho no Brasil, associado ao potencial crescimento de renda da população brasileira no longo prazo e as condições ambientais presentes no país, sugerem a existência de uma demanda potencial por condicionamento de ar no Brasil que deverá ser atendida no futuro.

A crescente demanda por ar condicionado é impulsionada, entre outros fatores, pelo crescimento econômico, populacional e urbanização nas regiões mais quentes do mundo. Tais regiões, em geral, localizadas no hemisfério sul do planeta e constituídas por países em desenvolvimento, estão mais suscetíveis aos efeitos das mudanças climáticas, o que torna o resfriamento ambiental uma questão de saúde. Na África, grande parte da Índia e a maior parte da América do Sul, incluindo o Brasil, sofrerão eventos de temperatura extremas mais frequentes associados a mudanças climáticas nas próximas décadas (MMA, 2016; SCHIERMEIER, 2018). Dessa forma, espera-se que a demanda por condicionadores de ar e a energia necessária para atendê-la continuarão crescendo no Brasil.

A demanda crescente por climatização artificial pode inserir grande impacto sobre o sistema elétrico do país. O aumento das cargas de condicionadores de ar pode elevar não apenas as necessidades gerais de energia, mas também a necessidade de geração e distribuição para atender a demanda nos horários de pico, adicionado maior impacto sobre o sistema energético nacional. Além disso, o aumento da demanda por ar condicionado pode estar intimamente relacionado com o aumento da poluição, incluindo emissões de gases do efeito estufa. Nos países onde a demanda adicional por climatização é atendida principalmente por usinas térmicas, o resultado pode ser o aumento significativo das emissões de carbono que contribuem para o aquecimento global.

Atualmente, existe uma grande oportunidade de reduzir o crescimento da demanda de energia devido ao uso de condicionadores de ar por meio de políticas de eficiência energética. Muitas ações podem ser tomadas, mas aquela que apresenta a capacidade de reduzir rapidamente a demanda potencial por energia são os índices mínimos de eficiência energética. Além dos índices mínimos, mecanismos adicionais, como etiquetagem, podem permitir que o acesso crescente a resfriamento ambiental não acarrete enormes custos econômicos, sociais e

ambientais (IEA, 2014). Atender à demanda por resfriamento com soluções de eficiência energética cria uma interseção entre três metas acordadas internacionalmente pelo Brasil: o Acordo de Paris, por meio da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil; os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável que apresenta metas estabelecidas sobre pobreza, saúde, educação, energia sustentável e segurança alimentar, entre outros, que devem ser atingidas até 2030; e a Emenda de Kigali do Protocolo de Montreal, que prevê reduções na produção gases refrigerantes responsáveis pelo aquecimento global.

Assim, o objetivo do estudo apresentado nesta nota técnica é discutir as perspectivas do uso aparelhos de ar condicionado no Brasil e seus impactos, em especial, no setor residencial. Com base em cenários até 2035, horizonte compatível com o ciclo de revisão da NDC, que incluirão diferentes trajetórias de ganhos de eficiência energética, serão discutidas as potenciais ações necessárias para promover a eficiência energética em condicionadores de ar no Brasil. O estudo buscará contribuir com as diversas iniciativas nacionais e internacionais para ampliar a discussão sobre os impactos do uso de ar condicionado. Cabe destacar que as projeções contidas nesta Nota Técnica estão baseadas, principalmente, nos dados da Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso (PPH) 2007 (ano base 2005) da Eletrobras/PROCEL, assim, com a disponibilidade de novos dados – incluindo a nova PPH aprovada no âmbito do Plano de Aplicação de Recursos do PROCEL 2017 – permitirá atualizar as análises deste estudo.

De maneira a abordar essa discussão de forma objetiva, este documento estrutura-se nos seguintes tópicos, além dessa introdução. No Capítulo 2 é contextualizado o uso do ar condicionado em edificações no Brasil, em que é apresentada a sua relevância no consumo energético e os seus possíveis impactos sobre a demanda de ponta. No Capítulo 3 são apresentados os principais instrumentos para a promover à eficiência energética de condicionadores de ar no país, com especial destaque à etiquetagem e aos índices mínimos de eficiência energética. Os cenários de crescimento da demanda por condicionamento de ar são discutidos no Capítulo 4, bem como a metodologia utilizada e os principais resultados. Com base em estudos desenvolvidos com o apoio do iCS (Instituto Clima e Sociedade) e da GIZ (*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH*), no âmbito da Cooperação Técnica entre o Brasil e Alemanha, o Capítulo 5 apresenta elementos para a promoção de um plano de ação de eficiência energética de condicionadores de ar no Brasil. Finalmente, no Capítulo 6 são discutidas as principais considerações desta nota técnica.

## 2. O USO DO AR CONDICIONADO NO BRASIL

### 2.1 Relevância no consumo energético

O setor de edificações, composto por residências, comércio e edifícios públicos, representou cerca de metade do consumo total de energia elétrica no Brasil em 2017, como indicado na Figura 1. Desse montante, os setores público e comercial consumiram juntos a quarta parte do consumo final de eletricidade no país, com destaque para os segmentos de comércio varejista, varejo de comida e supermercados (FOCO OPINIÃO, 2015)<sup>1</sup>. Por outro lado, apenas a classe residencial apresentou expressiva proporção, sendo responsável por aproximadamente metade do consumo do setor de edificação, ou seja, 26% do consumo total de eletricidade no país.

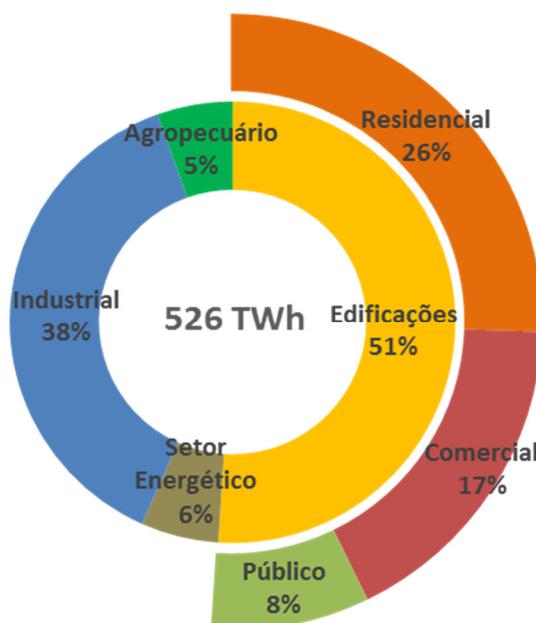


Figura 1: Decomposição do consumo final de eletricidade em 2017 – Fonte: EPE (2018a)

Do ponto de vista dos serviços energéticos, de acordo com os relatórios de Balanço de Energia Útil de 1984, 1994 e 2004, a participação de energia elétrica destinada<sup>2</sup>, nos setores residencial e comercial, para fins de refrigeração aumentou na matriz de serviços energéticos destes setores de 30% para 32% e de 15% para 33%, respectivamente. De fato, nos dias atuais, intui-se maior

<sup>1</sup> Resultados referentes ao Projeto Caracterização do Uso de Energia no Setor de Serviços, nível nacional, conforme contrato nº CT-EPE-012-2014, firmado entre a EPE e a Foco Opinião e Mercado, com recursos provenientes do Acordo de Empréstimo nº 8.095-BR, formalizado entre a República Federativa do Brasil e o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD). Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/projeto-de-assistencia-tecnica-dos-setores-de-energia-e-mineral-projeto-meta>.

<sup>2</sup> Os coeficientes de destinação representam a participação de destino de cada serviço energético para uma dada fonte de energia.

destinação da energia para o serviço de climatização artificial segundo evolução de seus respectivos condicionantes setoriais.

Após os períodos de baixo crescimento econômico que caracterizaram as décadas de 1980 e parte da década de 1990, a estabilidade econômica e a elevação da renda média das famílias, observada nas últimas décadas, criaram condições para suprir parte de uma demanda reprimida por conforto ambiental, expresso pelo aumento do consumo de eletricidade devido ao uso de aparelhos de ar-condicionado. Além disso, a estratificação do consumo residencial, em 2017, segundo o Anuário de Energia Elétrica, demonstra que o montante consumido neste ano adveio 46% de residências cujo consumo mensal foi de até 200 kWh, indicando que ainda há significativo espaço para crescimento da demanda por refrigeração no setor.

Nos setores comercial e público, por sua vez, dentre outras causas para esse aumento de participação do condicionamento ambiental no consumo energético, está a norma regulamentadora (NR-17), cuja abordagem acerca dos aspectos de segurança relacionados à ergonomia abrange as condições ambientais de trabalho<sup>3</sup>. Além disso, a literatura sugere, para o comércio varejista, que existe uma relação de causa entre volume de vendas e o conforto térmico interior aos estabelecimentos (STARR-MCCLUER, 2000; BAHNG, KINCADE, 2012).

Em virtude de o setor residencial ser o segmento mais representativo dentre as edificações no que tange ao consumo final de eletricidade, este estudo concentrar-se-á nas perspectivas do uso final do energético para climatização artificial neste setor. Além da magnitude desse consumo total, também a fragilidade de bases de dados para as demais edificações (comercial e pública) tornam essa avaliação mais difícil, porém, devendo compor uma agenda para futuros trabalhos sobre o impacto de opções tecnológicas futuras sobre o consumo de energia das edificações brasileiras como um todo.

Entre 2005 e 2017, o consumo de energia elétrica do setor residencial passou de 83 TWh para 134 TWh, crescimento de 61% no período. Tal crescimento foi fortemente influenciado pela elevação do uso de aparelhos de ar-condicionado, como mostrado na Figura 2. Estima-se que o consumo de energia elétrica por condicionadores de ar no setor residencial tenha aumentado cerca de 237% nos últimos 12 anos, atingindo 18,7 TWh em 2017.

---

<sup>3</sup> A norma regulamentadora (NR-17 - Ergonomia do Ministério do Trabalho) em seu item 17.5.2.b recomenda um índice de temperatura efetiva entre 20°C e 23°C para os locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes.

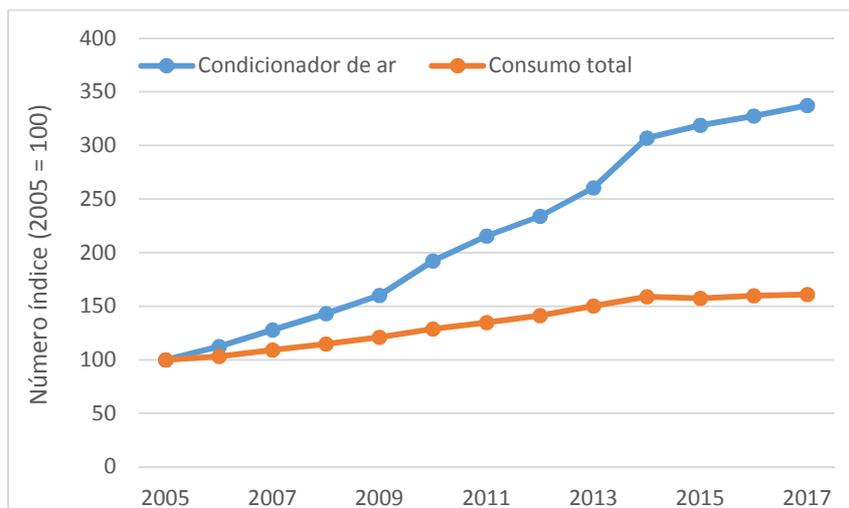


Figura 2: Crescimento do consumo de eletricidade total e para condicionamento de ar no setor residencial (2005 = 100) – Fonte: Elaboração EPE.

A posse de equipamentos nas residências aumentou 9,0% ao ano entre 2005 e 2017<sup>4</sup>, influenciado, principalmente, pelo crescimento das vendas de equipamentos novos entre 2010 e 2015, como indicado na Figura 3. Nesse período, além do aumento da renda e do crédito direto às famílias, a onda de calor que registrou recordes históricos em muitos municípios em 2014 e 2015 impactou a venda de aparelhos. Cabe ressaltar que os eventos atípicos de ondas de calor, podem aumentar permanentemente a demanda por eletricidade, na medida em que os equipamentos adquiridos durante esses eventos passam a ser utilizados regularmente em períodos com a temperatura amena.

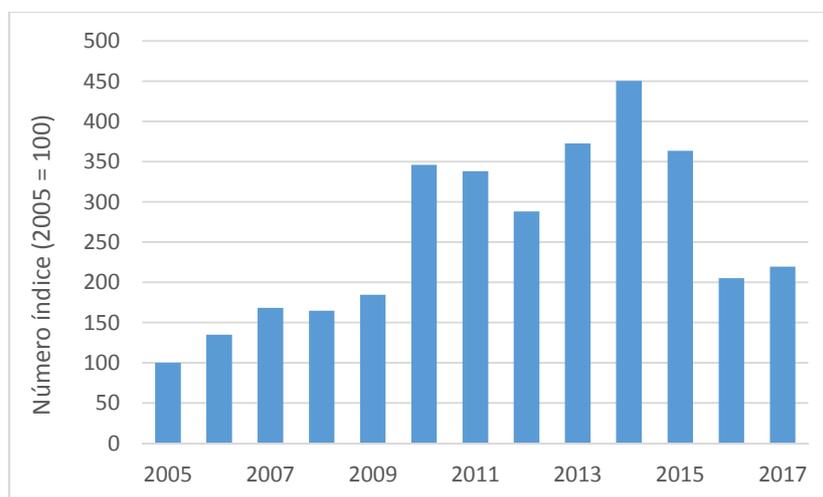


Figura 3: Crescimento estimado da venda de aparelhos de ar-condicionado residenciais – Fonte: Elaboração EPE.

<sup>4</sup> A posse de condicionadores de ar residencial é a razão entre o estoque estimado de equipamentos em uso pelas famílias e a quantidade de domicílios particulares permanentes. O estoque é estimado a partir das informações da Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso (PPH) de 2007 (ano base é 2005), e o crescimento anual das vendas de condicionadores de ar.

Em termos de participação no consumo total de eletricidade no setor residencial, o aumento da quantidade de unidades vendidas permitiu que os condicionadores de ar apresentassem um ganho de participação relevante nos últimos anos. Em 2005, a participação dos aparelhos de ar-condicionado era menor que a participação de *freezer*. Contudo, nos anos seguintes, as mudanças de hábitos de consumo associadas ao uso de *freezer*<sup>5</sup> e a substituição de lâmpadas incandescentes por tecnologias energeticamente mais eficientes<sup>6</sup>, como as lâmpadas fluorescentes e LED (*light-emitting diode*), tornaram os condicionadores de ar o quarto equipamento (ou uso final) que mais consome eletricidade nos domicílios, cuja participação passou de 7% em 2005 para 14% em 2017.

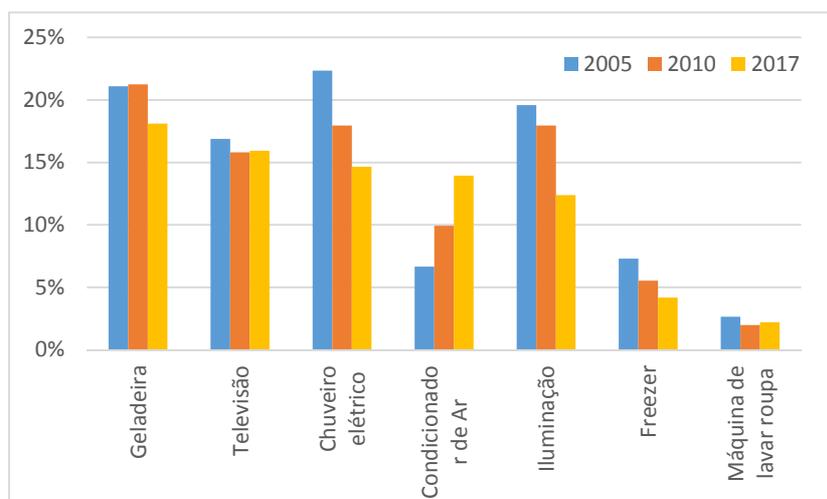


Figura 4: Participação no consumo final de eletricidade por equipamento uso final no setor residencial – Fonte: Elaboração EPE

Apesar do aumento da demanda por climatização artificial observado nos últimos anos, parte do consumo de eletricidade foi evitado devido a ações de eficiência energética aplicadas aos condicionadores de ar. Nesse sentido, a introdução de etiquetas comparativas, iniciada em meados da década de 1980, e o estabelecimento de níveis mínimos de eficiência energética a partir de 2007, introduziu condicionadores de ar mais eficientes em posse das famílias. Assim, como mostrado na Figura 5, estima-se que o ganho acumulado de eficiência energética dos aparelhos de ar-condicionado foi 8% entre 2005 e 2017, enquanto que a eficiência energética do setor residencial como um todo atingiu 13% no mesmo período.

<sup>5</sup> O *freezer* foi um equipamento relacionado ao hábito de estocar alimentos para mitigar os efeitos da inflação. No contexto de maior estabilidade dos preços, esse equipamento passa a ser subutilizado, não ocorrendo substituição de parte do estoque no fim da sua vida útil (EPE, 2017).

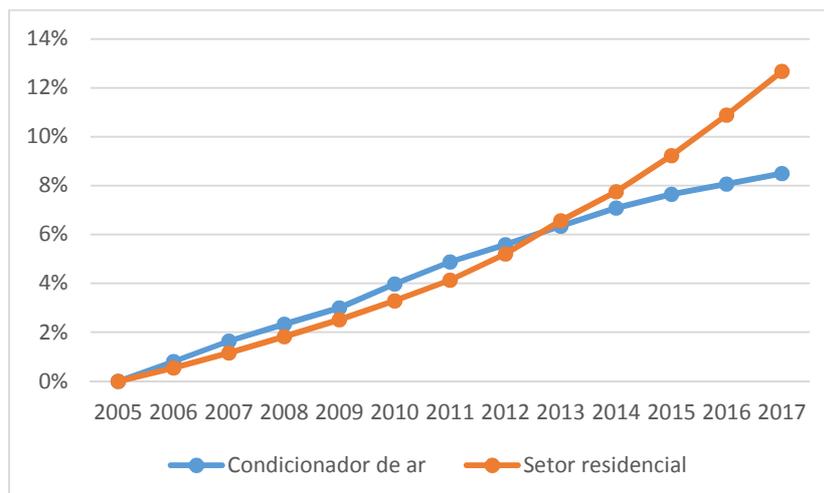


Figura 5: Ganho de eficiência energética estimado no setor residencial – Fonte: Elaboração EPE.

O ganho de eficiência energética dos condicionadores de ar abaixo dos ganhos do setor residencial é justificado, em grande parte, pelo impacto do fim da produção, importação e comercialização de lâmpadas incandescentes mais populares dos domicílios, cujo cronograma de banimento foi estabelecido em 2010 e encerrado em 2017.

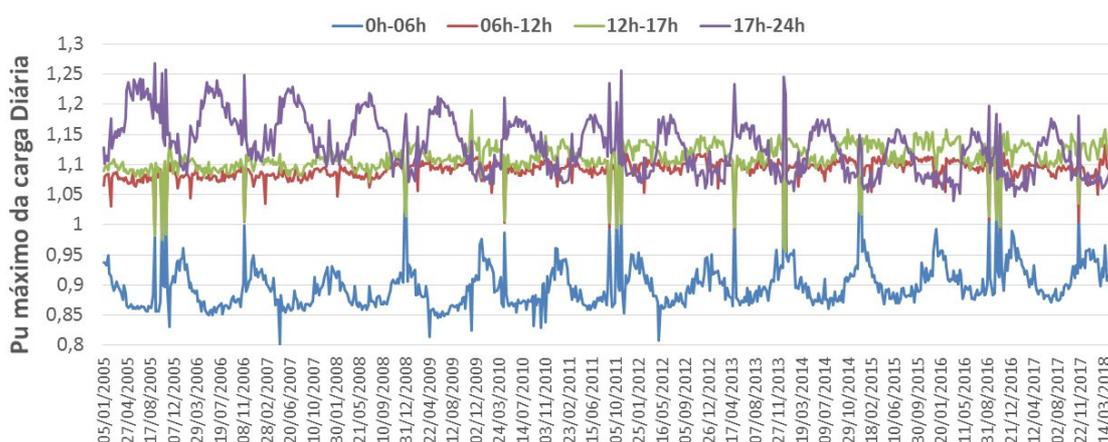
## 2.2 Impacto na demanda de ponta do setor elétrico brasileiro

O fornecimento de energia elétrica para a sociedade incorre em custos de investimentos pagos, em última instância, pelos consumidores finais. Entretanto, o uso da infraestrutura instalada para provimento deste serviço realiza-se de forma concentrada em algumas horas do dia, sinalizando, na curva de carga sistêmica, períodos críticos de fornecimento. Tal curva reflete a composição das diversas classes de consumo, cujos perfis horários guardam características do comportamento do consumidor no que tange ao uso de eletricidade para satisfação das respectivas necessidades.

Entretanto, ao longo do tempo, tanto a curva de carga como o período crítico de fornecimento do sistema, dito horário de ponta, modificaram-se em função de diversos fatores. Dentre as possíveis razões estão as mudanças regulatórias<sup>7</sup> desenhadas com a finalidade de ajustar os sinais de preço ao consumidor final, as mudanças estruturais da composição do consumo de energia elétrica, na medida em que não há homogeneidade no crescimento das classes, além das mudanças nos hábitos de uso dos equipamentos elétricos, como os condicionadores de ar.

<sup>7</sup> Em 1982 o Ministério de Minas e Energia (MME) iniciou um processo de alteração tarifária para o Grupo A (acima de 2,3KV). Tais tarifas, ditas horossazonais, a partir de 1987, possibilitavam ao consumidor do desse grupo a contabilização de sua conta de energia considerando a as horas de utilização do dia (Ponta/Fora da Ponta) e os períodos do ano (Úmido/Seco). Já para a baixa tensão (Grupo B), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), através da Consulta Pública Nº011/2010 e Nota Técnica Nº219/2010, iniciou as discussões sobre uma nova modalidade tarifária (Tarifa Branca), cujos aperfeiçoamentos nos últimos anos cunharam uma tarifação, ainda que monômnia, variável em três postos tarifários (Ponta, Intermediária e Fora da Ponta), por concessão e subgrupo.

O período de ponta do sistema foi definido na década de 80 pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) através da Portaria Nº 165/1984 como sendo o período composto por três horas consecutivas situadas no intervalo compreendido entre 17 e 22 horas de acordo com a concessionária. Por outro lado, observa-se uma tendência de que, ao longo do tempo, nos dias úteis, a carga máxima noturna tem se aproximado cada vez mais da vespertina, e por vezes tenha sido menor, indicando ocorrências da ponta do sistema também no período da tarde. Verifica-se isto através da Figura 6, na qual são exibidos os máximos valores por unidade<sup>8</sup> da carga em cada período de cada quarta-feira desde 2005.



*Figura 6: Períodos de ocorrência do horário de ponta do sistema por horário (pu) – Fonte: Elaboração EPE com base em dados das usinas supervisionadas e programadas pelo ONS. Nota: A fim de simplificar a visualização gráfica, consideraram-se apenas as quartas-feiras.*

Adicionalmente, na Figura 7, verifica-se certa sazonalidade deste comportamento, na qual atualmente inicia-se em setembro, apresenta sua máxima intensidade durante o verão e atenua-se no início de abril. Além disso, verifica-se, para a carga da madrugada, uma maior importância sobre a média diária nos meses supracitados, dada a maior necessidade do serviço de climatização artificial nesta época mais quente do ano.

<sup>8</sup> Valores por unidade correspondem ao valor percentual da carga em cada hora em relação a carga média diária.

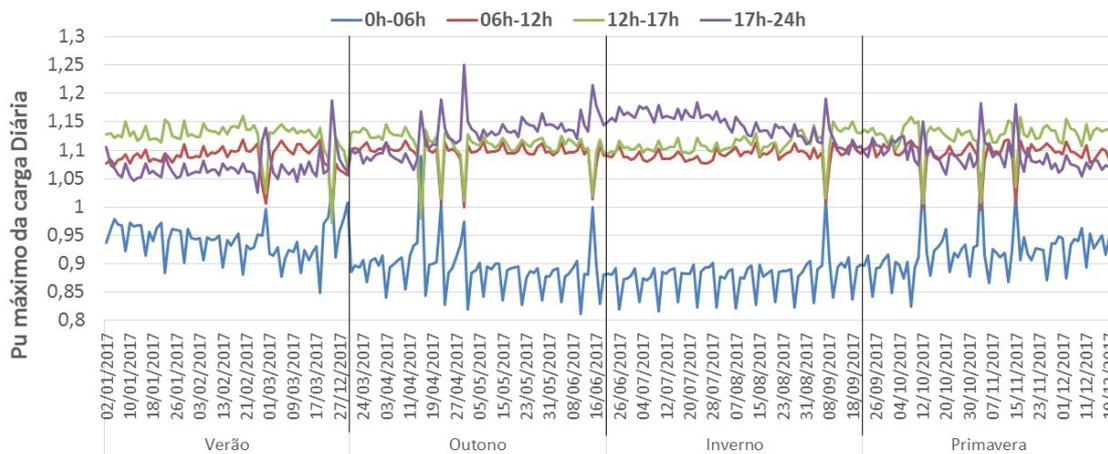


Figura 7: Sazonalidade do horário de ocorrência da ponta do sistema em 2017 (pu) – Fonte: Elaboração EPE com base em dados do ONS. Nota: Exclui sábados e domingos.

De forma análoga, na Figura 8, ratifica-se o raciocínio de ocorrências de ponta sistêmica no turno da noite no Outono e no Inverno, ao passo que nas demais estações do ano, o período por volta das 14 às 15 horas torna-se crítico, sobretudo em função da carga diária nestas estações mais quentes do ano apresentarem médias mais elevadas.

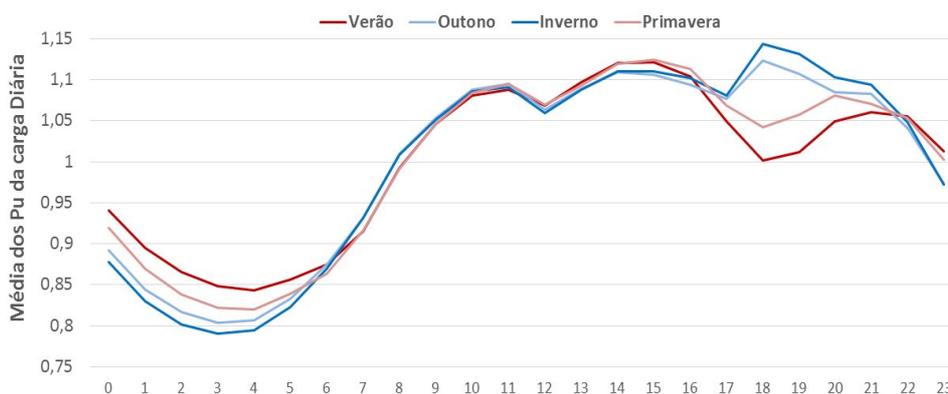


Figura 8: Perfil Típico da Carga do SIN – Fonte: Elaboração EPE com base em dados do ONS. Nota: Exclui sábados e domingos.

É importante ressaltar que a utilização dos equipamentos de condicionamento de ar nas residências ocorre predominantemente nos períodos da noite e madrugada, em contraponto ao uso destes equipamentos nos setores comercial e industrial de ocorrência vespertina. Dessa forma, a utilização destes equipamentos recai diretamente sobre os períodos do dia em que há ocorrência de ponta do sistema, seja na classe residencial, cuja contribuição se dá sobre o horário de ponta regulatória (das 17 às 22 horas), seja nas classes comercial e industrial, cuja participação contribui para a formação da ponta entre 14 e 17 horas.

Nesse sentido, no âmbito residencial, os ganhos de eficiência associados ao ar condicionado não só contribuem do ponto de vista energético-ambiental de conservação da energia, mas também na ótica elétrica, dado o alívio operativo e a postergação de investimentos de infraestrutura para atendimento da demanda de ponta do sistema elétrico.

### 3. INSTRUMENTOS DE PROMOÇÃO À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO USO DE AR CONDICIONADO NO BRASIL

Como indicado no capítulo anterior, políticas de etiquetagem e índices mínimos de eficiência energética, podem eliminar do mercado equipamentos menos eficientes e encorajar os fabricantes a desenvolverem e ofertarem equipamentos mais eficientes, contribuindo com a redução da demanda potencial de energia elétrica. Assim, neste capítulo, é apresentada uma visão geral dos principais mecanismos regulatórios de eficiência energética em atividade no Brasil. Cabe destacar a importância desse tipo de mecanismo que são direcionados à mudança de comportamento no mercado de energia, em geral, de caráter mandatório ou indicativo, requerimentos legais, critérios de desempenho, programas, entre outros. Nesse sentido, a Figura 9 mostra a linha do tempo dos programas e políticas de eficiência energética existentes no Brasil.

Além dessas políticas, também impactam diretamente na eficiência energética associada ao ar condicionado, os seguintes decretos e normas:

- Decreto nº 4.059/2001 – Regulamenta a Lei nº 10.295/2001 que institui o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) e determina que se constitua um Grupo Técnico que adote para avaliação da eficiência energética das edificações;
- NBR 15.220 (2005) - Norma Brasileira de Desempenho Térmico para Edificações. Define características de edificações Brasileiras com relação ao desempenho térmico e zona bioclimática (ABNT, 2005);
- IN MPOG/SLTI nº 2/2014 que dispõe sobre a obrigatoriedade do uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nas edificações públicas federais; e
- NBR 15.575 (2013) - Norma de Desempenho de edificações, para edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Define os requerimentos mandatórios de desempenho em edificações residenciais Brasileiras (ABNT, 2013).

Dentro do espectro de políticas de promoção da eficiência energética de condicionadores de ar implantados no Brasil, podemos destacar a etiquetagem e os índices mínimos, que serão tratados a seguir.

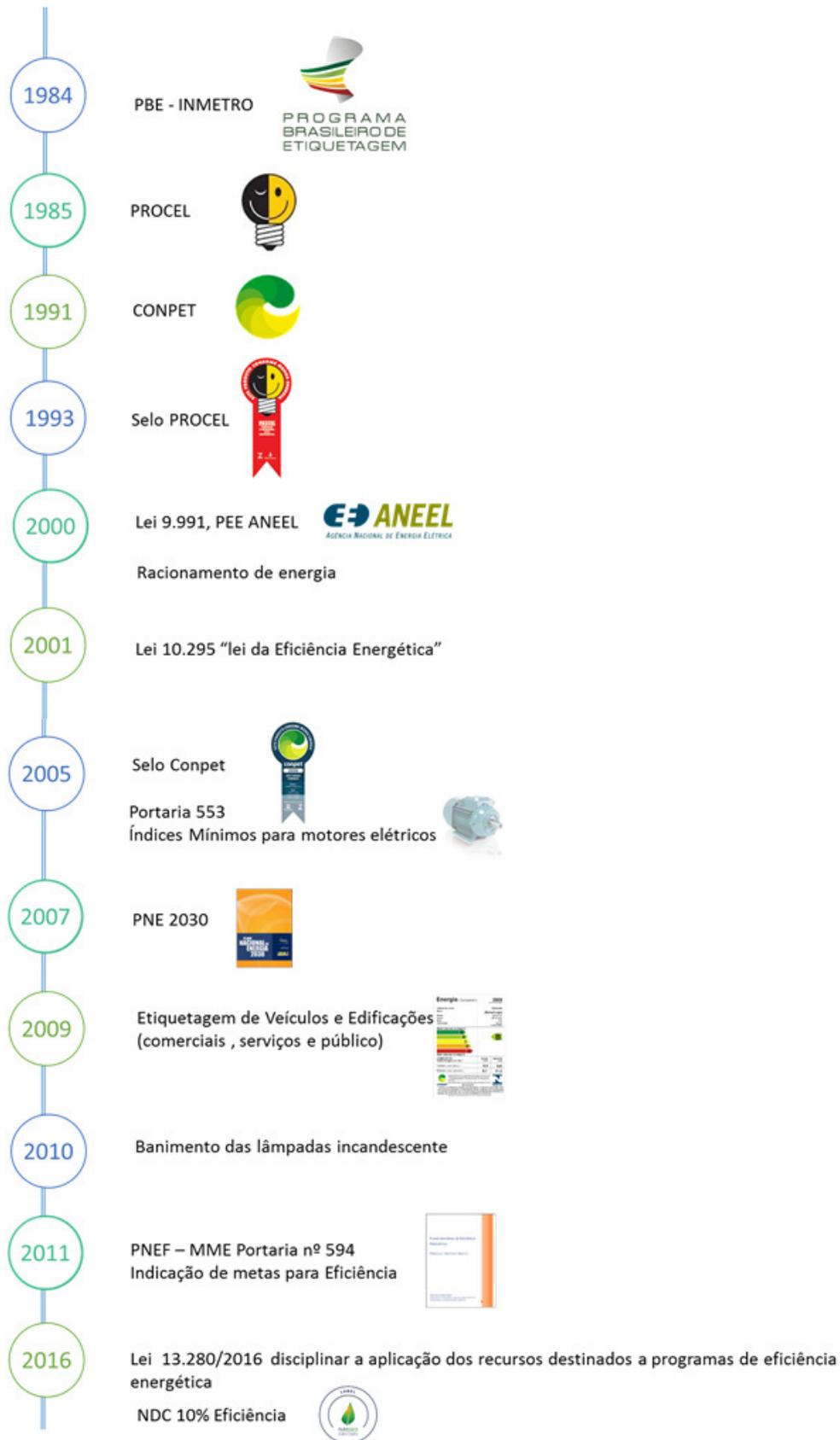


Figura 9: Linha do tempo de Programas e Políticas de eficiência energética existentes no Brasil – Fonte: Elaboração EPE

### 3.1 Etiquetagem

O principal objetivo das etiquetas é informar consumidor sobre o nível de eficiência energética de edificações, equipamentos e instalações, comparando com produtos com funcionalidade idêntica, promovendo a transparência de mercado e contribuindo com o aumento da demanda por soluções energeticamente mais eficientes.

Os programas de etiquetagem, em geral, visam reduzir a demanda por energia nos setores e envolvem basicamente duas estratégias para atingir esse objetivo. A primeira delas é fornecer informações aos consumidores sobre a quantidade de energia utilizada pelos produtos, bem como os custos ambientais e financeiros associados. A intenção é influenciar a decisão do consumidor e incentivar a aquisição e utilização de produtos energeticamente eficientes. Esta informação pode ser transmitida por qualquer menção ou comparação de rótulos. Já a segunda estratégia é usar o fato de que os rótulos apresentam comparação entre o desempenho energético de produtos concorrentes para influenciar os fabricantes no sentido de aumentar a eficiência energética dos produtos que oferecem aos consumidores, favorecendo, portanto, o desenvolvimento tecnológico (IEA, 2000).

Em 1984, foi criado o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) que estabelece etiquetas comparativas no país. Este programa é coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e gerenciado em cooperação com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), para produtos que utilizam ou substituem o uso da energia elétrica, e o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), para produtos que utilizam combustíveis. O PROCEL e o CONPET são executados pela Eletrobras e Petrobras, respectivamente.

Dependendo do desempenho energético, o produto é classificado pela Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) em até cinco classes de eficiência (de A até E), em que a classe A é atribuída aos modelos mais eficientes. A informação disponível na etiqueta varia de acordo com o produto etiquetado, mas sempre inclui o consumo de energia. Atualmente, o PBE cobre desde equipamentos residenciais e industriais (como refrigeradores e motores, por exemplo) até veículos e edificações. Inicialmente, as etiquetas foram aplicadas em uma base voluntária. Entretanto, a regulação tem sido progressivamente ajustada, e atualmente, a aplicação destas etiquetas é em grande parte mandatória.

Em 1993, foi criado o Selo PROCEL com o objetivo de informar os consumidores sobre os melhores equipamentos e reforçar o valor dos produtos mais eficientes. De forma complementar às etiquetas comparativas, o Selo PROCEL premia os produtos mais eficientes: equipamentos da classe A, de acordo com a etiqueta de eficiência e que apresentam atributos adicionais com a segurança, baixo ruído, e baixo consumo de água. A concessão desta etiqueta é de responsabilidade do PROCEL. Em 2016, o selo PROCEL cobriu 39 diferentes categorias de produtos entre eletrodomésticos, iluminação, bombas, motores e equipamentos solares, como mostrado na Tabela 2, e premiou mais de 3.722 modelos. Baseado no Selo PROCEL, em 2005,

foi criado o Selo CONPET, que premia veículos leves, fogões, fornos e aquecedores de água a gás. A Figura 10 mostra a linha do tempo da etiquetagem de ar condicionado do tipo *split*.

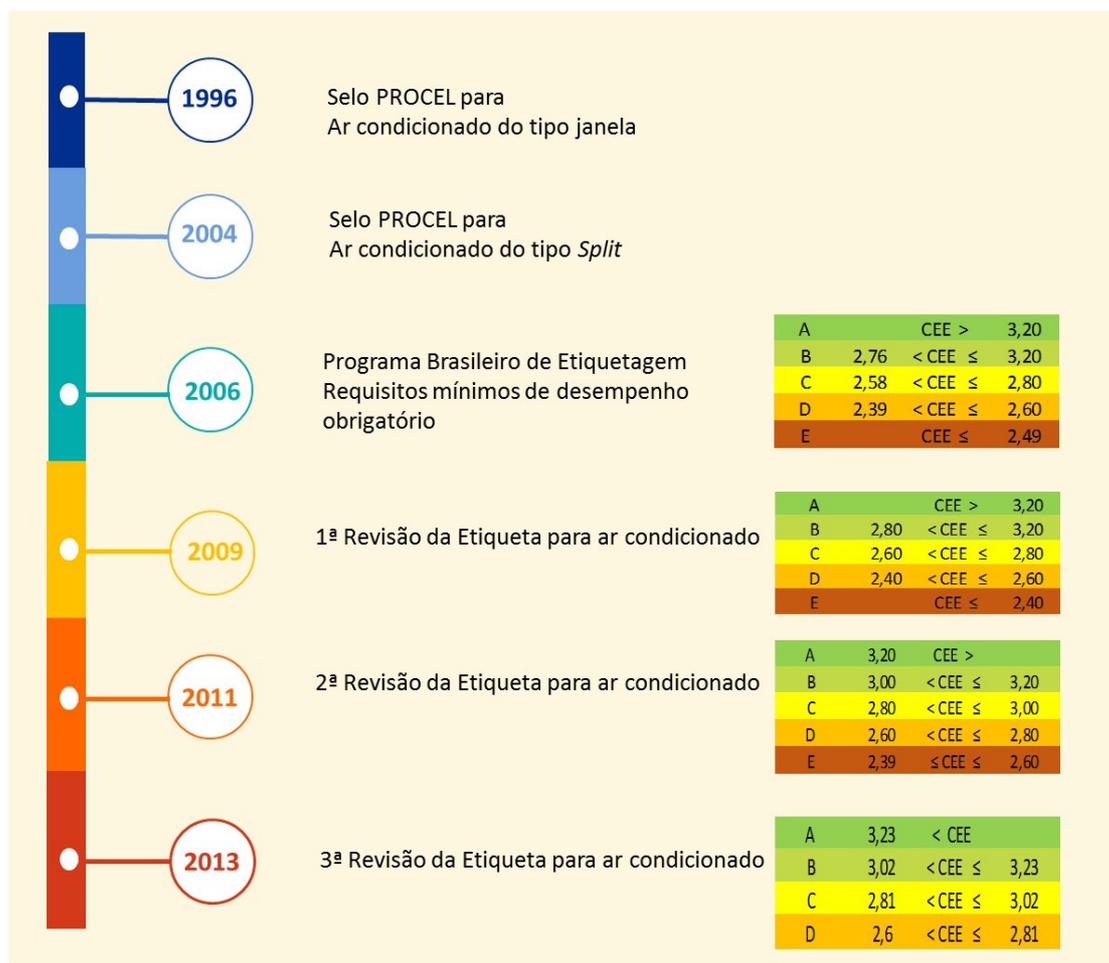


Figura 10: Linha do tempo da Etiquetagem em ar condicionado *Split* no Brasil – Fonte: Elaboração EPE, com base nas tabelas do INMETRO

### 3.2 Índices mínimos de eficiência energética

Em 2001, a Lei 10.295, conhecida com a Lei de Eficiência Energética, foi aprovada para reforçar os programas de etiquetagem, permitindo ao governo brasileiro estabelecer padrões mínimos para equipamentos e, conseqüentemente, proibir a comercialização de modelos com baixa eficiência do mercado. Criado pela mesma lei, o Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética (CGIEE) é responsável por determinar os padrões mínimos para cada produto, além de estabelecer o Programa de Metas com indicação da evolução dos níveis a serem alcançados, por meio de Regulamentações Específicas. O CGIEE é composto por representantes do Ministério de Minas e Energia; do Ministério da Ciência e Tecnologia; do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL); da Agência Nacional do Petróleo (ANP); além de representantes da sociedade. O CGIEE

conta com apoio técnico do INMETRO, PROCEL, CONPET, do Centro de Pesquisa em Energia Elétrica (CEPEL), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e da Agência Nacional do Petróleo (ANP).

Desde a sua instituição, o CGIEE regulamentou os padrões mínimos de eficiência energética de 10 categorias de equipamentos. O primeiro equipamento elétrico regulamentado no Brasil foi o motor elétrico de indução, usualmente utilizado no setor industrial e coberto pelo Decreto nº 4.508/02, e na sequência foram regulamentados os índices mínimos de eficiência energética de lâmpadas, transformadores, ventiladores, entre outros equipamentos.

No caso dos aparelhos de ar condicionado, como mostrado na Figura 11, já ocorreram três revisões dos índices. A última revisão, determinada pela Portaria Interministerial MME/MCT/MDIC nº 2 de 31 de julho de 2018, que deve ser implementado até junho de 2020, eleva o patamar, eliminando as classes C e D da ENCE, ou seja, com essa revisão somente os equipamentos atualmente classificados como A e B estarão disponíveis no mercado nacional.

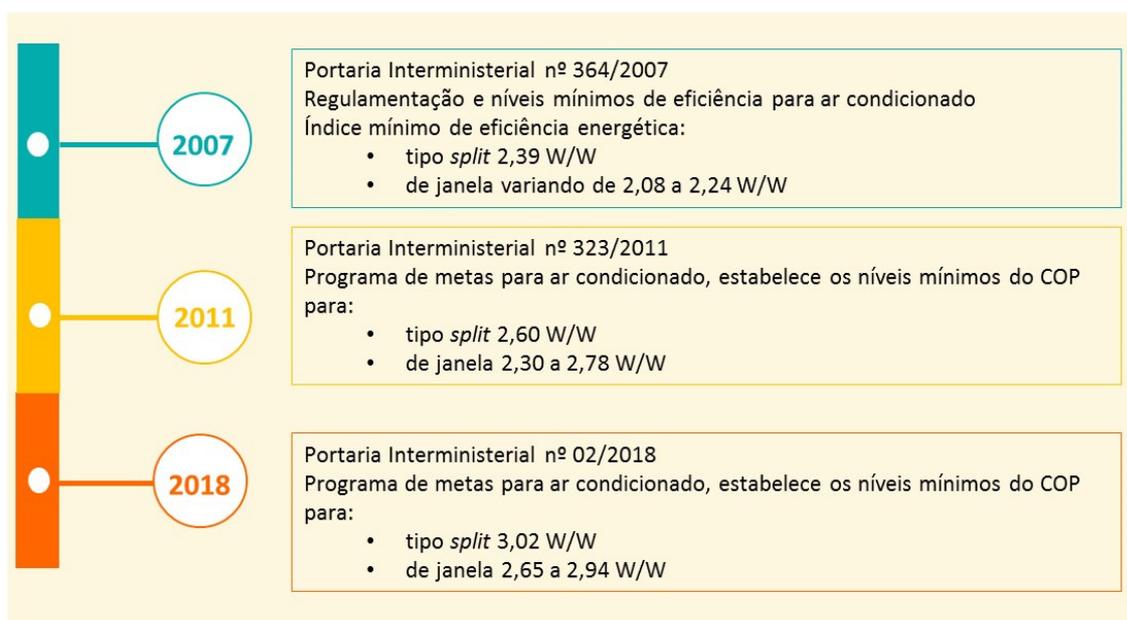


Figura 11: Linha do tempo das revisões de índices mínimos de condicionadores de Ar no Brasil –  
Fonte: Elaboração EPE

**Box 1 - Mecanismo de Promoção da Eficiência Energética de Equipamentos**

Existem diversos mecanismos que um governo pode adotar para promover a eficiência energética de equipamentos, entre estes mecanismos encontram-se os padrões e as etiquetas de desempenho energético. O objetivo desses mecanismos é aumentar a oferta relativa de produtos energeticamente eficientes no mercado nacional ao influenciar consumidores, distribuidores, importadores e indústria, entre outros.

As etiquetas de eficiência energética são etiquetas informativas fixadas em produtos que descrevem o seu desempenho energético na forma de consumo, eficiência ou custo da energia. As etiquetas podem ser de dois tipos: etiquetas de endosso (*endorsement labels*) e etiquetas comparativas (*comparative labels*). As etiquetas de endosso podem ser entendidas como um selo de aprovação concedido de acordo com critérios específicos. As etiquetas comparativas são etiquetas que permitem que o consumidor compare o desempenho de produtos similares utilizando categorias discretas ou escalas contínuas de desempenho.

Os padrões de eficiência energética são procedimentos e regulações que estabelecem o desempenho energético de referência dos produtos. Os padrões podem ser de quatro tipos: i) padrões prescritivos; ii) padrões mínimos de desempenho energético (*minimum energy performance standards - MEPS*); iii) padrões de alto desempenho energético (*high energy performance standards - HEPS*); e iv) padrões médios por classe (*class-average standards*). Os padrões prescritivos exigem que características ou dispositivo sejam incorporados ou instalados em novos produtos. Os padrões mínimos determinam a eficiência mínima, ou o consumo máximo de energia, que os fabricantes devem atingir para cada um ou para todos os produtos. Os padrões de alto desempenho determinam um nível de eficiência energética que os produtos devem convergir. Finalmente, os padrões médios por classe estabelecem a eficiência média de um produto, permitindo que cada fabricante selecione o nível de eficiência para cada modelo de modo que a média global do produto seja atingida (NOGUEIRA et al, 2018).

Os programas de padrões de eficiência são intrinsecamente mandatórios por meio de lei, ou seja, a indústria local, importadores, distribuidores e varejistas devem obedecer. Por outro lado, os programas de etiquetagem podem ser voluntários ou obrigatórios, dependendo da estratégia do programa desenhado.

## 4 PERSPECTIVAS DE CRESCIMENTO DO USO DE ENERGIA PARA CONDICIONAMENTO DE AR NO BRASIL

Espera-se que a demanda por eletricidade devido ao uso de condicionadores de ar continue aumentando nas próximas décadas, decorrente, principalmente, do crescimento da população, da elevação da renda e da maior preferência dos indivíduos por ambientes climatizados. Contudo, a velocidade que a demanda irá crescer e a forma que os agentes irão responder por esse crescimento são fontes de incerteza.

Assim, de modo a cobrir parcialmente a incerteza associada à evolução do uso de ar condicionado no Brasil, neste estudo são elaborados dois cenários para analisar as perspectivas da demanda por eletricidade utilizada por aparelhos de ar-condicionado no setor residencial. Os cenários construídos consideram diferentes ganhos de eficiência energética de 2017 até 2035. No primeiro cenário, Cenário Base, são consideradas as políticas já anunciadas pelo governo para os próximos anos. No segundo, Cenário Alternativo, são incorporados ganhos adicionais de eficiência energética derivadas da implantação de índices mínimos mais rigorosos, tomando como referência o Cenário Base.

### 4.1 Metodologia

#### 4.1.1 Abordagem metodológica

O Modelo para a Projeção de Energia do Setor Residencial (MSR) está inserido em um conjunto de modelos da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) cujo objetivo é elaborar projeções da demanda nacional por energia. Esse grupo – que inclui modelos para os setores industrial, comercial, agropecuário, entre outros – visa, principalmente, subsidiar a elaboração de estudos para o planejamento energético nacional.

O MSR está baseado na abordagem *bottom-up* em que são empregados modelos do tipo técnico-paramétricos, que partem de dados e informações desagregadas para a obtenção das projeções do consumo de energia. Esses modelos, geralmente direcionados para a formulação de políticas de conservação de energia, são capazes de contabilizar o consumo total de energia para cada equipamento ou uso final<sup>9</sup>.

O modelo, cujo ano base é 2005, é construído e calibrado para o período 2005-2017 a partir das seguintes bases de dados:

- Pesquisa de Posse de Equipamentos e Habito de Uso 2005 da ELETROBRAS/PROCEL;
- Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008/2009 do IBGE;
- Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) do IBGE;
- Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNADC) do IBGE;

<sup>9</sup> Para mais detalhes sobre os modelos *bottom-up* para projeção do consumo de energia, ver, entre outros, Achão (2003) e Braga (2001).

- Contas Nacionais Trimestrais do IBGE;
- Pesquisa Mensal de Comércio (PMC) do IBGE;
- Balanço Energético Nacional (BEN) do MME/EPE; e
- Tabelas de Consumo/Eficiência do INMETRO.

Além das bases de dados públicas listadas acima, são utilizadas informações adicionais de mercado para avaliar a robustez dos resultados, como venda e produção de equipamentos, por exemplo, cuja frequência e periodicidade dos dados não pode ser determinada. Para fins de projeção do consumo de energia dos equipamentos, são utilizadas variáveis demográficas, econômicas e energéticas derivadas de outros modelos específicos da EPE<sup>10</sup>.

No MSR, o consumo de energia associado aos equipamentos vendidos em um determinado ano é incorporado ao estoque do setor residencial e no fim da sua vida útil são substituídos por novos equipamentos no horizonte da projeção. No caso dos equipamentos de ar-condicionado, o consumo total dos equipamentos novos é dado por:

$$CT = \frac{C}{COP} \cdot h \cdot n$$

em que  $C$  é a capacidade de refrigeração (W);  $COP$  é o coeficiente de desempenho médio (W/W)<sup>11</sup>;  $h$  é o número de horas de uso por ano; e  $n$  é a quantidade de equipamentos vendidos. O COP médio é o resultado da média ponderado do índice de eficiência energética por tipo de equipamento (janela e *split*). A quantidade de equipamentos vendidos é uma função do PIB per capita, *proxy* da renda das famílias.

No modelo, partimos da premissa de que o aparelho de ar-condicionado residencial representativo apresenta uma capacidade de refrigeração de 9,5 mil BTU/h (2,78 kW)<sup>12</sup> e vida útil de 15 anos. Em termos de número de horas de uso, considera-se que as famílias utilizam, em média, os condicionadores de ar por oito horas ao dia durante os quatro meses do verão e o compressor permanece ligado 75% do tempo.

Assim, considerando a sua vida útil, os equipamentos novos, mais eficientes, são incorporados ao estoque, levando à redução do consumo médio do estoque e, conseqüentemente, à conservação de energia do setor.

<sup>10</sup> O Modelo de Consistência Macroeconômica (MCM) fornece variáveis econômicas e demográficas e as variáveis energéticas adicionais são extraídas do Modelo de Eletricidade da EPE.

<sup>11</sup> Coeficiente de Performance (COP), pode ser definido para as condições de resfriamento ou aquecimento. Para resfriamento: segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre o calor removido do ambiente e a energia consumida, para um sistema completo de refrigeração ou uma porção específica deste sistema sob condições operacionais projetadas (PROCEL, 2016).

<sup>12</sup> A capacidade de refrigeração do equipamento representativo foi estimada para o ano de 2005 com base na Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso (PPHU) da ELETROBRAS/PROCEL e pelas Tabelas de consumo/eficiência do INMETRO.

## 4.1.2 Cenários

O Cenário Base adotado nessa Nota Técnica apresenta a trajetória de referência do consumo de eletricidade devido ao uso de aparelhos de ar-condicionado que permitirá comparações com a trajetória do Cenário Alternativo. No Cenário Base, assume-se que os indivíduos que desejam condicionamento ambiental, e possuem renda para adquiri-lo, comprarão condicionadores de ar e que a capacidade de geração adicional de eletricidade será construída para atender a demanda. Nesse cenário, são incorporadas as ações de eficiência energética já aprovadas e publicadas pelo governo federal, especificamente, a revisão dos índices mínimos de eficiência energética que serão implementados entre 2018 e 2020, conforme a Portaria Interministerial MME/MCT/MDIC nº 2 de 31 de julho de 2018. Além disso, considera-se um ganho de eficiência energética autônomo decorrente da competitividade do mercado ou induzido pelos consumidores, como resposta às etiquetas comparativas, por exemplo. Esse cenário está compatível com os compromissos assumidos pelo governo Brasileiro, e ratificado pelo Congresso Nacional, estabelecidos no âmbito da NDC Brasileira.

No Cenário Alternativo, considera-se que políticas de eficiência energética serão as principais ações para mitigar o crescimento a demanda por eletricidade decorrente do uso de condicionadores de ar. Considera-se que a redução do consumo específico dos equipamentos novos será o resultado de revisões mais agressivas dos índices mínimos de eficiência energética. As revisões dos índices mínimos ocorrem de forma progressiva ao longo do tempo e levam a redução do consumo médio do estoque de equipamento do setor. Cabe destacar que os indicadores considerados, mesmo no final do período projetado, refletem o índice de eficiência energética dos equipamentos mais eficientes existentes atualmente no mercado brasileiro.

Ambos os cenários compreendem os períodos entre 2018 e 2035 e adotam as mesmas premissas econômicas e demográficas. Tais premissas estão baseadas na trajetória de referência do Caderno de Economia da EPE (2018), publicação que visa apresentar algumas das possíveis trajetórias futuras de crescimento econômico, bem como as premissas necessárias para alcançá-las. De acordo com a publicação, o PIB per capita brasileiro, *proxy* da renda das famílias, cresce em média 2,4% ao ano e a variação do número de domicílios é 1,8% ao ano entre 2018 e 2032.

## 4.2 Cenário Base

O estoque de equipamentos e o seu consumo médio, além dos hábitos de uso, são os principais determinantes do consumo de energia devido ao uso de condicionadores de ar. Como ressaltado anteriormente, neste estudo, assume-se que os indivíduos que desejam climatização artificial, e possuem renda para obtê-lo, comprarão condicionadores de ar. Nesse sentido, espera-se que a posse de equipamentos de ar-condicionado nas residências brasileiras passará de 0,43, em 2018, para 0,96 unidades em 2035, ou seja, a posse pode mais que dobrar no período. A Figura 12 mostra a evolução da posse de aparelhos nas residências no horizonte analisado. De acordo com a figura, é possível verificar que os aparelhos novos serão incorporados ao longo do tempo no estoque. Assim, em 2025, é esperado que mais da metade

da posse corresponda aos equipamentos vendidos após 2017, proporção que pode atingir a sua totalidade em 2035, ou seja, o estoque existente atualmente pode ser totalmente repostado por aparelhos novos em aproximadamente 13 anos.



Figura 12: Posse de ar-condicionado do setor residencial - Fonte Elaboração EPE.

No Cenário Base, a eficiência energética de novos aparelhos de ar-condicionado continua aumentando devido a ações de eficiência energética já aprovadas pelo governo do brasileiro, bem como em decorrência de um crescimento autônomo. A Portaria Interministerial MME/MCT/MDIC nº 2 de 31 de julho de 2018 estabeleceu novos índices de eficiência energética que devem ser implementados até junho de 2020. Ao longo desse período, estão estabelecidas datas limites para o fim da fabricação, importação e comercialização dos equipamentos de ar-condicionado que atualmente não pertençam às classes A e B do PBE.

Como resultado da revisão dos índices mínimos, estima-se que, no setor residencial, esses equipamentos apresentarão um ganho de eficiência energética de 1,5% ao ano entre 2017 e 2020. Após esse período, espera-se que os ganhos sejam de 0,5% ao ano, valor equivalente à média histórica que expressa os ganhos decorrentes da competição de mercado e de ações como a revisão das classes de eficiência dos equipamentos das etiquetas comparativas do PBE. Assim, nesse cenário, assumindo um COP médio de 3,14 W/W para os equipamentos novos vendidos em 2017, o indicador atingiria 3,53 W/W em 2035.

O aumento do índice mínimo de eficiência energética em equipamentos novos reduz o valor do índice de eficiência médio do estoque dos equipamentos, conseqüentemente, o consumo médio de eletricidade dos aparelhos totais. Os aparelhos mais eficientes são incorporados no estoque do setor residencial, diminuindo, porém com uma velocidade menor, o consumo médio do estoque de aparelhos. A Figura 13 sugere que, enquanto o consumo médio dos equipamentos novos diminui 11,5%, o consumo médio dos equipamentos em uso reduz 11,2% no período, partindo de 659 kWh em 2017 para 583 kWh em 2035. Esse resultado sugere que ações no

sentido de melhorar a eficiência energética de aparelhos vendidos atualmente pode apresentar grande impacto no consumo futuro de energia elétrica.

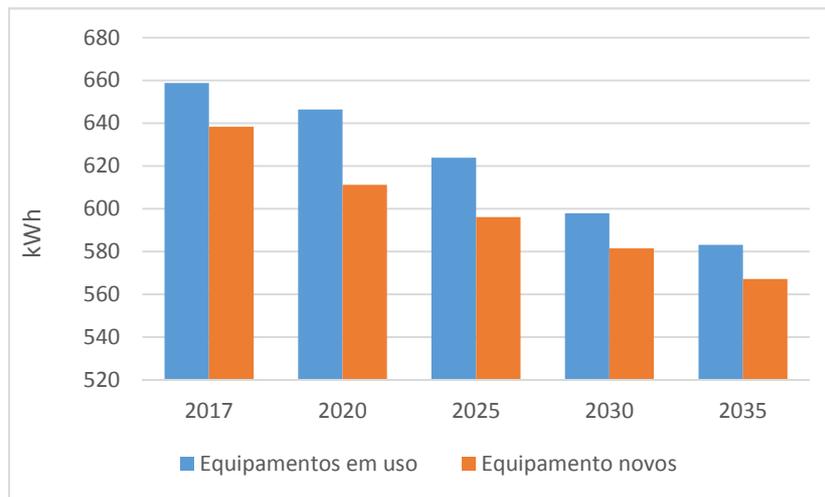


Figura 13: Consumo médio de eletricidade de ar-condicionado do setor residencial no Cenário Base – Fonte: Elaboração EPE.

Assim, no Cenário Base, o consumo de eletricidade devido ao uso de condicionadores de ar do setor residencial passará de 18,7 TWh em 2017 para 48,5 TWh em 2035, crescimento correspondente à 5,4% ao ano no período. O aumento do consumo é, em grande parte, o resultado da elevação da posse dos equipamentos pelas famílias, além do efeito derivado do aumento do número de domicílios, como indicado na Figura 14.

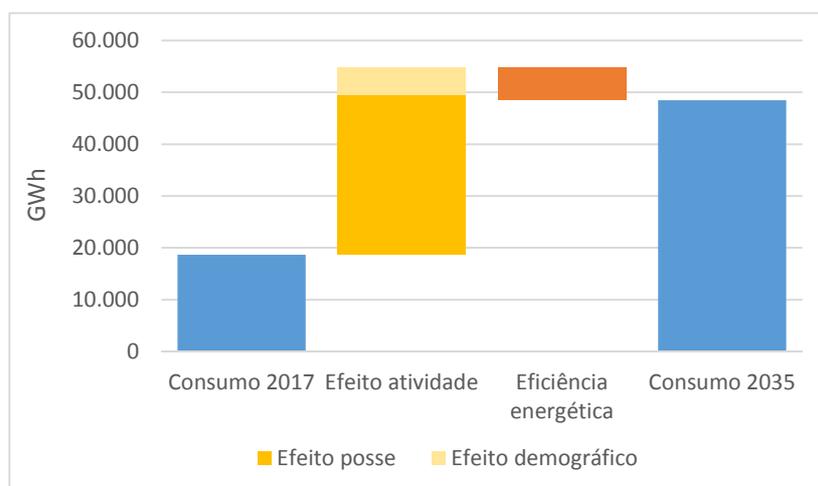


Figura 14: Determinantes da demanda de eletricidade de AC do setor residencial no Cenário Base – Fonte: Elaboração EPE.

### 4.3 Cenário Alternativo

O Cenário Alternativo está baseado na premissa de que os condicionadores de ar vendidos serão mais eficientes que os aparelhos considerados no Cenário Base, devido, principalmente, ao efeito da implantação de índices mínimos de eficiência energética mais rigorosos, mantendo todos as outras premissas constantes. Assim, no Cenário Alternativo, o ganho de eficiência anual médio é 2,3% ao ano. Nesse caso, assumindo um COP médio de 3,14 W/W para os equipamentos novos vendidos em 2017, o indicador atingiria 4,75 W/W em 2035, cerca de 34% superior ao índice do cenário base para o mesmo grupo de equipamentos, como indicado na Figura 15. Cabe destacar que, esse índice é próximo ao valor do equipamento energeticamente mais eficiente divulgado pelo INMETRO em 2017 e, segundo IEA (2018), esse índice é próximo ao valor médio dos equipamentos típico mais eficiente disponíveis na Europa e inferior aos equipamentos mais eficientes de muitos países como Coreia do Sul, Japão e Estados Unidos, por exemplo<sup>13</sup>.

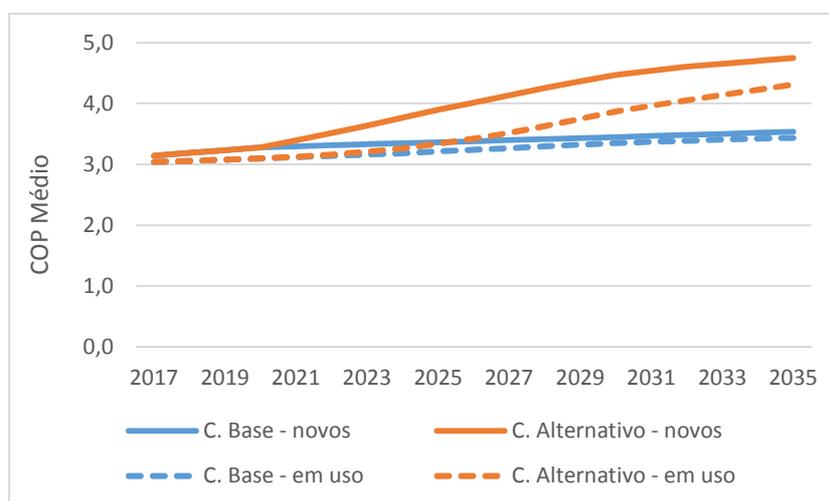


Figura 15: COP médio de AC por cenário – Fonte: EPE

Devido à implementação dos novos índices mínimos de eficiência energética, contemplado em ambos os cenários, o ganho de eficiência energética dos equipamentos novos no Cenário Alternativo começa a se deslocar do Cenário Base a partir de 2020, sendo que no caso dos equipamentos em uso, a diferença significativa entre os cenários começa a ser observado já em 2024. Esse resultado sugere que, como os equipamentos residenciais apresentam uma vida útil relativamente curta, quando comparado com edifícios e indústrias, por exemplo, ações de eficiência energética aplicadas em equipamentos vendidos hoje pode levar a uma melhora rápida da eficiência energética do estoque de equipamentos.

O impacto do ganho de eficiência discutido acima é observado na evolução do consumo de eletricidade pelos aparelhos de ar condicionado. No Cenário Alternativo, o consumo para esse uso final continua aumentando, contudo, com uma velocidade menor que no Cenário Base. O

<sup>13</sup> Os índices de eficiência energética dos aparelhos de ar-condicionado entre os países não são diretamente comparáveis devido às diferenças de parâmetros adotados e tipos de teste.

consumo de eletricidade de condicionadores de ar em 2035 no Cenário Alternativo atinge 36,8 TWh, aumento de aproximadamente 97% com relação a 2017 e 25% menor que no Cenário Base.

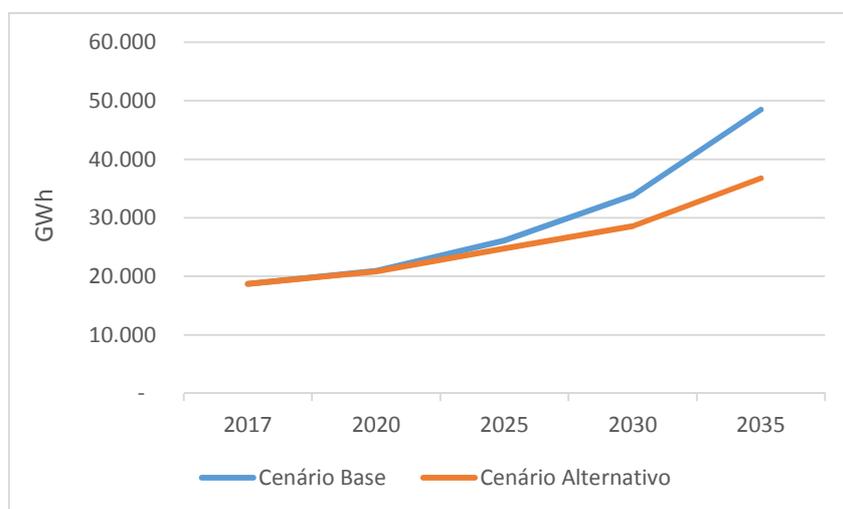


Figura 16: Consumo total de eletricidade de AC nos cenários do setor residencial – Fonte: Elaboração EPE.

A Figura 17 mostra a comparação do consumo evitado de energia elétrica entre os cenários analisados. No Cenário Alternativo, o consumo evitado poderia atingir 14,5 TWh em 2035, ou seja, aproximadamente três vezes maior que o consumo evitado no Cenário Base (4,6 TWh). Cabe destacar que, em termos de usina equivalente<sup>14</sup>, o consumo evitado de eletricidade em 2035 no Cenário Alternativo equivale a uma usina de 3.475 MW. Adicionalmente, para esse mesmo cenário e período seria evitada a emissão de 6,3 Mt CO<sub>2</sub> de Gases de efeito Estufa (GEE)<sup>15</sup>.

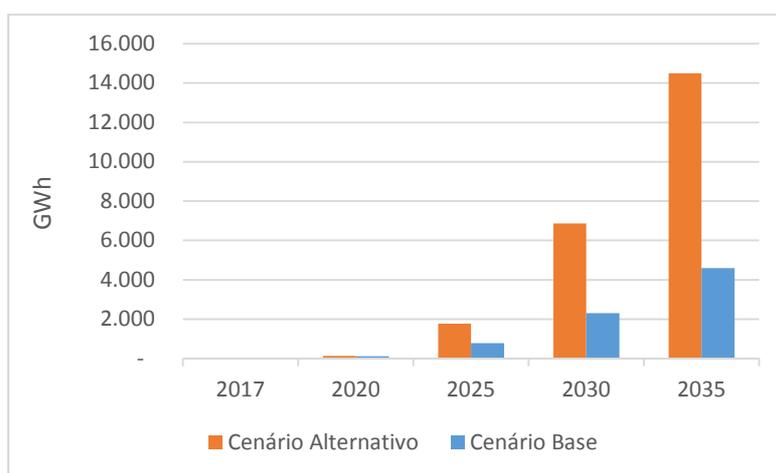


Figura 17: Consumo evitado de energia elétrica nos cenários – Fonte: Elaboração EPE.

<sup>14</sup> A usina evitada foi obtida considerando um fator de capacidade médio de 56% para hidrelétricas e 15% de perdas médias na transmissão e distribuição.

<sup>15</sup> Foi considerado o fator marginal de emissões em 2016 de 0,4372 kg CO<sub>2</sub>/kWh.

Admitindo-se o mesmo comportamento do consumidor de 2017, em termos do perfil de uso dos equipamentos de condicionamento ambiental, além das premissas de posse destes equipamentos e de crescimento do número de domicílios consideradas no estudo, verifica-se que a distribuição da energia ao longo do dia corrobora o aumento de ponta do sistema.

Com base nas informações declaradas no perfil de carga do setor residencial na Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábito de Uso 2005, a Figura 18 apresenta a projeção da distribuição horária do consumo médio diário em 2017 e em cada cenário para o ano de 2035. A sobreposição das áreas do gráfico demonstra que o consumo de eletricidade por condicionadores de ar ocorre no período noturno e que, de fato, o impacto dos maiores ganhos de eficiência no cenário alternativo atenua o crescimento da demanda energética nos períodos cuja necessidade deste serviço energético é maior, por parte do setor residencial.

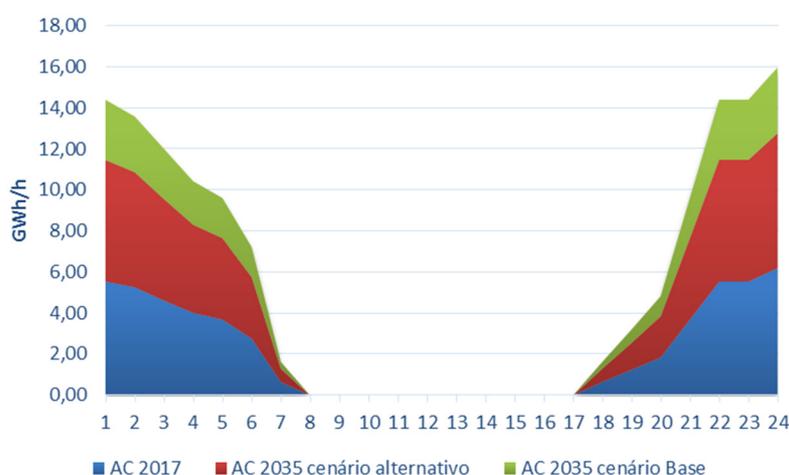


Figura 18: Setor Residencial. Comparação de Cenários em base horária.

Entretanto, a implementação de índices mínimos de eficiência energética é apenas uma das medidas que podem ser tomadas para atender ao crescimento da demanda por condicionamento ambiental. A Tabela 1 mostra os principais resultados dos cenários considerados. Nos próximos capítulos serão discutidas as ações necessárias para promover a eficiência energética de condicionadores de ar no Brasil.

Tabela 1: Principais resultados dos cenários em 2035

Variável	Cenários	
	Base	Alternativo
Posse	96 unidades por 100 domicílios	
COP Médio	3,4 W/W	4,3 W/W
Demanda por eletricidade	48 TWh	37 TWh
Consumo evitado		
Total	5 TWh	15 TWh
Usina Equivalente	1,1 GW	3,5 GW
Emissões	2,0 Mt CO <sub>2</sub>	6.3 Mt CO <sub>2</sub>

### Box 2 - Eficiência energética para os setores de edificações: como contribuir

No âmbito da cooperação técnica da EPE com a *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) GmbH, a MITSIDI Projetos (2018) elaborou um estudo para o setor brasileiro de edificações. Neste estudo, a medida de revisão e expansão dos programas de índices mínimos para sistemas prediais apresentou a maior contribuição para redução do consumo de energia devido ao condicionamento de ar em edificações. Para esse uso, duas ações mostraram-se bastante relevantes: i) melhoria dos índices mínimos para sistemas de condicionamento de ar de expansão direta: splits e janela, com base nos limites da ASHRAE16 Standard 90.1 de 2016; e ii) implementação de índices para ar condicionado de expansão indireta: chillers, centrais a água gelada (CAG) e volume de refrigerante variável (VRF).

A despeito de haver diferenças de premissas entre o estudo realizado pela MITSIDI e as premissas adotadas nesta Nota Técnica, os resultados obtidos pelo estudo da MITSIDI, que abrangeu edificações existentes assim como novas edificações, ilustram por si a importância do mecanismo de promoção de eficiência energética baseada em índices mínimos para o Brasil: estimou-se que a energia economizada acumulada para o setor de edificações no horizonte até 2030 é de aproximadamente 165 TWh, sendo 45% no setor residencial, 31% no setor comercial e 8% no setor público.

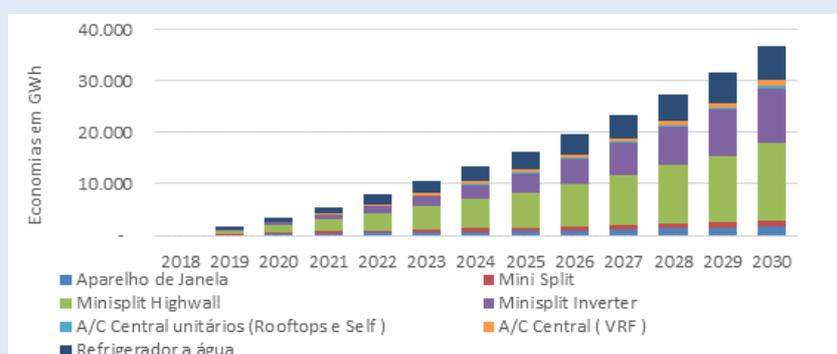


Figura 19: Economias em energia por índices mínimos em condicionamento de ar em edificações - Fonte: MITSIDI Projetos (2018)

Nesse mesmo estudo da MITSIDI Projetos (2018), foram identificadas medidas e a estimativa da energia economizada até 2030, que impactam diretamente o consumo de ar-condicionado.

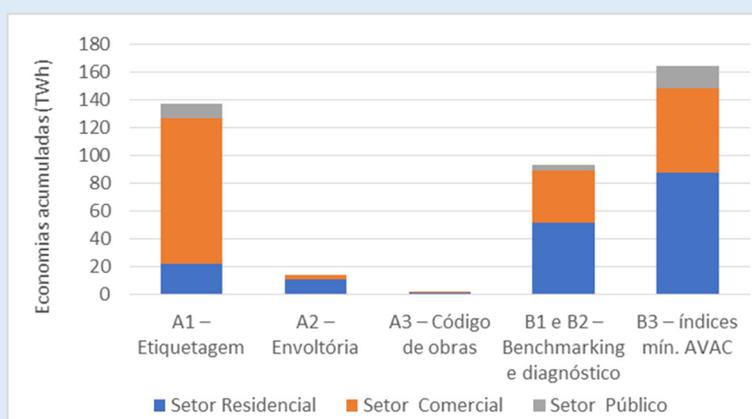


Figura 20: Economias Acumuladas até 2030 por medida de eficiência energética – Fonte: MITSIDI (2018)

<sup>16</sup> ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) é uma associação profissional global que busca promover o projeto e a construção de sistemas de aquecimento, ventilação, ar condicionado e refrigeração.

**Box 3 – Outras soluções para atender a demanda por climatização artificial**

Climatização utilizando energia solar é uma tecnologia emergente, com baixa emissão de CO<sub>2</sub>, cujo potencial de barateamento da conta de energia elétrica dos consumidores merece ser melhor compreendida. Ela também pode ajudar a aliviar a carga de pico da demanda associada ao uso de ar condicionado. Apesar de no Brasil existirem regiões mais favoráveis para o aproveitamento solar, tais como o oeste da Bahia e de São Paulo, todo o território nacional é elegível ao bom aproveitamento desse recurso (EPE, 2016).

A refrigeração por energia solar pode utilizar diretamente a energia solar fotovoltaica coletada a partir de placas solares ligadas à rede do consumidor, embora esta implementação seja mais cara e ocupe um espaço relevante. Outra solução é a utilização de coletores solares térmicos que absorvem a luz solar para aquecer o gás refrigerante utilizado no dispositivo, que permitem o menor uso ou até mesmo o desligamento dos compressores elétricos do ar condicionado e, por isso, uma grande economia de energia elétrica. Os coletores solares térmicos podem ser acoplados a sistemas de refrigeração e compressores, que, em geral, são os responsáveis pelo maior consumo de energia elétrica de um sistema de refrigeração. Ambas as soluções podem ser adaptadas para o aquecimento de água durante o inverno ou combinadas com outras formas de geração de energia, como a geotérmica e plantas de cogeração (IEA, 2018).

A maioria dos sistemas de refrigeração utilizando energia solar usa placas coletoras planas com tubos coletores a vácuo que isolam a temperatura interna do gás refrigerante da temperatura do meio externo. É importante ressaltar que os coletores térmicos podem ser utilizados de forma híbrida junto com o modelo atual de ar condicionado, permitindo o seu funcionamento durante todo o dia, inclusive à noite. Reduções adicionais de custos e melhorias na eficiência térmica dos trocadores de calor por absorção são necessárias para que a tecnologia seja implantada em uma escala muito maior do que a atual. As aplicações da refrigeração utilizando energia solar ainda são um nicho de mercado, embora isso esteja mudando à medida que os custos dos painéis fotovoltaicos e dos coletores térmicos estejam diminuindo ao longo do tempo. Uma possível barreira é o potencial descompasso da geração de pico da energia solar em relação à demanda máxima de refrigeração, especialmente no setor residencial, onde o pico de carga de demanda é muitas vezes à noite. Com o desenvolvimento e redução de custos de baterias e outros meios de armazenamento, a refrigeração por energia solar em edifícios provavelmente se tornará mais comum, incluindo soluções integradas de refrigeração para o período da noite e em condições de mau tempo (IEA, 2018).

Outra solução para atender a demanda futura por climatização artificial é o resfriamento distrital (*district cooling*). Essa solução fornece água gelada produzida de forma centralizada aos edifícios por meio de uma rede de tubos. A água é produzida usando as mesmas tecnologias que o ar condicionado em edifícios comerciais, como bombas de calor, por exemplo, mas com uma escala maior. A água também pode ser resfriada usando a troca de calor com fontes naturais, como águas subterrâneas, por meio de tecnologias geotérmicas. A principal vantagem do resfriamento distrital é que os edifícios atendidos dessa maneira não precisam de sistemas de ar condicionado próprios, o que pode economizar espaço e também reduzir a necessidade de criar capacidade de geração de resfriamento excedente para atender o pico de demanda. Apesar desse tipo de solução existirem em alguns países, é um método relativamente incomum, cujas informações sobre instalações e consumo de energia ainda são limitadas (IEA, 2018).

## 5 ELEMENTOS PARA PROMOÇÃO DE UM PLANO DE AÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO USO DE AR CONDICIONADO NO BRASIL

Como pode ser visto ao longo desta nota técnica, o estabelecimento de índices mínimos de eficiência energética é um importante mecanismo para reduzir o consumo de eletricidade devido ao uso de condicionadores de ar no Brasil, especialmente tendo em perspectiva os cenários de crescimento do uso no longo prazo. Nesse sentido, além do estabelecimento de um processo de revisão contínua destes índices, estabelecida por uma agenda regulatória que traga previsibilidade aos fabricantes e consumidores, outros elementos também devem estar presentes para a efetividade desse mecanismo.

Esta conclusão insere-se dentro do reconhecimento de que, apesar dos avanços de regulamentações de alguns equipamentos, observa-se que há muitas barreiras a serem superadas para que o mecanismo de etiquetagem e padrões de eficiência tenham resultados mais amplos de economia de energia no Brasil. Na Tabela 2, observam-se algumas destas barreiras e desafios relacionados ao estágio de superação. Dentre as questões que ainda precisam ser superadas, destacam-se: (i) a necessidade de maior conhecimento do mercado, através de pesquisas primárias e elaboração de banco de dados, (ii) O monitoramento de resultados do mecanismo, incluindo infraestrutura e indicadores de desempenho apropriados; e (iii) avaliação de resultados e impactos do mecanismo para posteriores aprimoramentos. A avaliação de impacto dessas ações e os custos para os consumidores é fundamental para a efetividade desse mecanismo.

*Tabela 2: Barreiras à aplicação dos códigos e padrões de eficiência energética no Brasil*

Barreiras Políticas	Estado
1. Ausência de perspectiva de longo prazo	Superada
2. Falta de consciência das oportunidades de EE pelos políticos	Em fase de superação
3. Assimetria de informação (restrição de acesso a informação)	Em fase de superação
4. Ausência de paradigma adequado para avaliar o valor da EE	Superada
5. Separação do processo de política energética (ambiental e social)	Em fase de superação
6. Pouca experiência de transformação de mercado	Em fase de superação
7. Ausência de infraestrutura para realização de testes	Em fase de superação
8. Esquemas de verificação de desempenho de equipamentos e construções	Em fase de superação
9. Monitoração dos resultados	A ser superado
10. Treinamento de profissionais especializados	Em fase de superação
11. Disponibilização de informações por parte dos fabricantes	A ser superado
12. Avaliação de Impactos dos Códigos e Padrões	A ser superado
13. Adesão dos fabricantes e das empresas de construção civil	Em fase de superação

*Fonte: Elaborado pela EPE a partir de MCPAR (2010)*

Dentro deste contexto, neste capítulo são sugeridas ações para reforçar a implementação de índices mínimos de eficiência energética de equipamentos de condicionamento de ar no Brasil. Com base em estudos recentes realizado por Nogueira, Leonelli e Haddad (2018) e Mitsidi (2018)<sup>17</sup>, é sugerida a necessidade de observar os seguintes aspectos: (i) base de dados; (ii) comunicação e educação; (iii) avaliação de conformidade; (iv) base laboratorial; e (v) edificações eficientes. Estes pontos serão melhor abordados a seguir.

## 5.1 Reforço da base de dados

A aplicação e aprimoramentos da metodologia apresentada nesta nota, bem como a avaliação de resultados e impactos de programas de etiquetagem energética e níveis mínimos de eficiência, exigem a disponibilidade de dados frequentes e confiáveis associado ao uso de condicionadores de ar. Especificamente, dados sobre o estoque de equipamentos (quantidade vendida, vida útil e sucateamento, por exemplo) e hábitos de uso (posse, tempo de uso e fatores de carga, por exemplo). A obtenção desses dados necessita que sejam realizadas pesquisas amostrais regulares e articular os agentes do setor.

A Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso (PPH) é uma pesquisa amostral, conduzida pelo PROCEL/ELETRONBRAS, que traça um perfil da posse e hábitos de consumo de equipamentos elétricos e nos setores residencial, comercial e industrial, com o intuito de avaliar o mercado de eficiência energética nas cinco regiões do Brasil<sup>18</sup>. Apesar da relevância dos dados coletados pela pesquisa, ela não apresenta uma periodicidade definida. O estabelecimento de um mecanismo que propicie a atualização de dados desse tipo é essencial para ações como monitoramento de efetividade de políticas, por exemplo. Nesse sentido, essa atualização poderia ser parte de uma agenda estrutural de pesquisas primárias com periodicidade definida e financiadas através de recursos como os disponíveis no PAR/PROCEL ou PEE/ANEEL, por exemplo.

De forma complementar à PPH, os dados das pesquisas de posse e hábitos, que as distribuidoras de energia elétrica precisam realizar no âmbito de seus ciclos de Revisão Tarifária Ordinária, poderiam ser utilizados nas aplicações descritas acima. Contudo, nesse caso, haveria a necessidade da definição de uma metodologia padrão a ser aplicada a todas distribuidoras, de modo a garantirem dados com qualidade e comparáveis entre as áreas de concessão.

Por fim, a qualidade do planejamento e a avaliação dos resultados de programas de etiquetagem energética e níveis mínimos de eficiência dependem do engajamento de vários setores da sociedade, incluindo o setor público e privado. Nesse sentido, é importante a implementação um sistema de coleta de dados, articulado com fabricantes, importadores e associações do setor que forneça regularmente dados de vendas de equipamentos, estratificado por potência e

<sup>17</sup> Estudos contratados com apoio do Instituto Clima e Sociedade (iCS) e *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) GmbH, respectivamente, como parte de insumos para elaboração de um futuro plano de ação de eficiência energética, coordenado pelo MME.

<sup>18</sup> [www.procel.gov.br/pph/index.htm](http://www.procel.gov.br/pph/index.htm).

eficiência energética, além de outros parâmetros que venham ser identificados como relevantes para os propósitos de elaboração de políticas públicas na área de eficiência energética.

#### **Box 4 - Projeto Kigali**

Em 2016, os Estados Partes do Protocolo de Montreal decidiram, na 28ª Reunião das Partes ocorrida em Kigali, capital de Ruanda, pela aprovação de uma emenda que inclui os hidrofluorcarbonos (HFCs) na lista de substâncias controladas pelo protocolo. Esses gases, apesar de não causarem danos à camada de ozônio, agravam o efeito estufa. No Brasil, parte dos aparelhos de ar condicionado disponíveis no mercado utilizam como fluidos refrigerantes os HFCs. A emenda, que entrará em vigor em janeiro de 2019, estabelece, entre outras medidas, um calendário para que os países reduzam e, posteriormente, eliminem o uso de HFCs, substituindo-os por outros gases que não contribuam para o aquecimento global.

Para apoiar a adoção das medidas estabelecidas na Emenda de Kigali, foi criado o Programa de Eficiência de Refrigeração Kigali (K-CEP), financiado por fundos filantrópicos internacionais. O programa apoia instituições no desenvolvimento de políticas públicas e capacitação tecnológica em diversos países. O Brasil participa desse programa com o Projeto Kigali, tendo como agente executor o instituto Clima e Sociedade (iCS).

Dentre as linhas de ações do projeto, destaca-se a atuação para que os níveis mínimos de eficiência energética, o Programa Brasileiro de Etiquetagem e o Selo Procel sejam revistos para que se aproximem das melhores práticas internacionais. Nesse sentido, o projeto inclui o desenvolvimento de estudos e diagnósticos de mercado, bem como o desenvolvimento de uma avaliação de impacto regulatório. Esses estudos são desenvolvidos em parceria com o *Lawrence Berkeley National Laboratory* e são acompanhados por um comitê consultivo que conta com a participação de representantes do Inmetro, do MME, PROCEL, CEPEL e EPE.

## **5.2 Plano de comunicação e educação**

A existência de etiquetas comparativas e de endosso dos condicionadores de ar, bem com a revisão de níveis mínimos de eficiência energética, deve ser amplamente difundido na sociedade. Consumidores e vendedores de equipamentos são agentes essenciais para a correta utilização desses mecanismos e precisam ser melhor informados. Nesse sentido, são importantes o planejamento e a implementação de um plano de comunicação integrado, abordando esse tema de forma adequada aos diferentes públicos, utilizando a linguagem mais pertinente, ressaltando os valores e benefícios (energético, econômicos e ambientais) mais relevantes e utilizando os meios de comunicação mais eficientes. Além das mensagens diretas por meio das etiquetas e selos, é imperativo abordar também informações sobre práticas e padrões de uso corretos dos aparelhos. É importante que esse plano inclua avaliações prévias e posteriores dos níveis de assimilação e permanência das mensagens sobre eficiência energética.

Além dos instrumentos tradicionais de comunicação, uma forma de atingir os *stakeholders* é por meio do uso de Sistemas de Tecnologia da Informação e Comunicação (STIC) inteligentes, que permitam que, além dos reguladores e formuladores de políticas garantam a conformidade (monitoramento, verificação e implementação), os consumidores identifiquem produtos que se adequem melhor às suas necessidades. Um componente essencial para a implementação de TIC

inteligentes é a existência de um sistema de registro *on line* que promova a transparência, inclua verificações automatizadas, faça declarações formais, facilite a obtenção de informações de produtos rapidamente, e acompanhe o ritmo de inovação do produto. Além dos sistemas de registro, os STIC inteligentes devem incluir versões móveis, com aplicativos disponíveis em *smart phones* e QR Code (*Quick Response Code*).

### 5.3 Avaliação da conformidade

É relevante implementar programas regulares de acompanhamento do desempenho dos equipamentos comercializados, aferindo sua eficiência e degradação ao longo do tempo, avaliando se o desempenho informado nas etiquetas está realmente de acordo com o apresentado pelo equipamento, divulgando os resultados, valorizando e ampliando a credibilidade dos programas de etiquetagem e índices mínimos de eficiência energética junto aos fabricantes, importadores e consumidores. Com esse objetivo, devem ser regularmente efetuados os ensaios de manutenção, em bases anuais, nos quais se efetua a seleção de amostras de produtos nas fábricas ou no comércio e são realizados ensaios em laboratórios acreditados pelo INMETRO. Iniciativas nesse sentido foram tomadas em 2010 e 2011 pelo PROCEL e CGIEE, com o suporte do INMETRO, para amostragem e verificação do desempenho energético de condicionadores de ar residenciais e efetuando a avaliação da conformidade de tais produtos ou equipamentos.

### 5.4 Base laboratorial

Para apoiar os fabricantes, importadores e comercializadores de aparelhos de ar condicionado na aferição do desempenho de seus produtos, inclusive mediante programas de controle interlaboratorial, ou para o acompanhamento do mercado de forma independente, ampliando a confiabilidade da etiqueta e do selo aplicado, é importante ampliar e reforçar a base de laboratórios, atualmente limitada, para avaliar os níveis de consumo e eficiência energética. Este tema é fundamental e requer um diagnóstico apurado, *vis-à-vis* as possíveis linhas de financiamento via PROCEL, PEE/ANEEL e Fundos Setoriais, bem como Finep e CNPq, que possam apoiar a recuperação da capacidade laboratorial brasileira para medir a eficiência energética dos equipamentos e componentes cobertos pela regulação dos índices mínimos de eficiência energética e pelo programa de etiquetagem energética.

Tal reforço deve contemplar, *pari-passu* a implantação de laboratórios específicos, com equipamentos e instalações adequados, a formação e valorização de pessoal técnico para sua operação e acompanhamento desse assunto em escala global, inclusive cabendo estimular o intercâmbio com os centros internacionais mais ativos e experientes no estabelecimento e acompanhamento de índices de desempenho de equipamentos energéticos, como o UL (*Underwriter Laboratories*) nos Estados Unidos e o VDE (*Testing and Certification Institute*) na Alemanha. Nesse sentido, a articulação com o INMETRO é muito importante.

## 5.5 Edificações Eficientes

Como mencionado anteriormente, as edificações representam hoje cerca de 50% no consumo de eletricidade do País e este consumo até 2050 deverá observar um acréscimo de aproximadamente 1 TWh, distribuídos nos setores residencial, comercial e público. E são nesses segmentos que o arquiteto possui uma atuação extremamente importante, com o papel de projetar prédios com os conceitos de eficiência energética, adequando a edificação ao clima local, assim como coordenar com os demais profissionais em áreas multidisciplinares, para que o desempenho energético da edificação atenda ao resultado esperado em projeto.

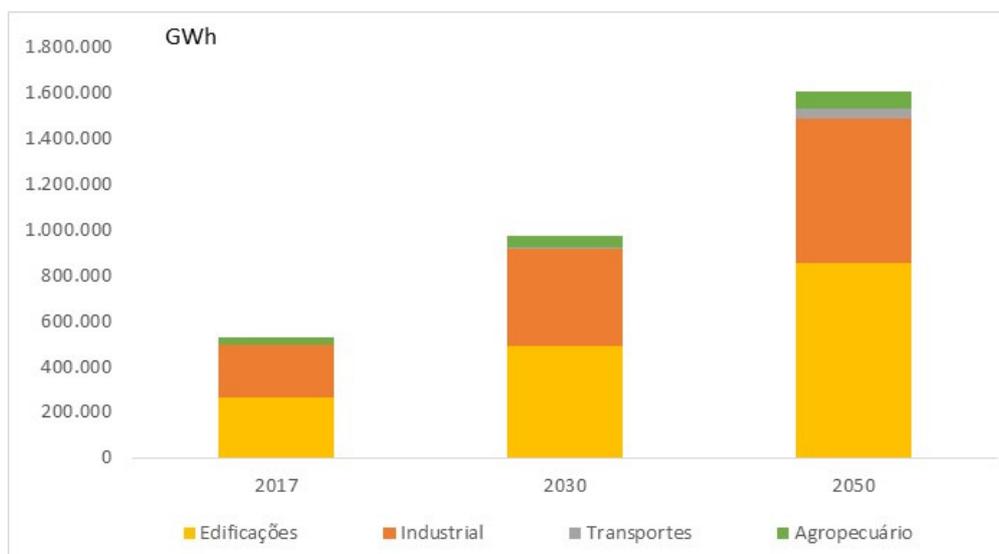


Figura 19 – Projeção do Consumo de energia elétrica setorial - Fonte: Elaboração EPE, com base na NT DEA 13/15.

O consumo de eletricidade em edifícios é determinado pelos sistemas elétricos: iluminação artificial, equipamentos, condicionamento de ar, e pelas variáveis que interferem nestes sistemas, como envoltória da edificação (área envidraçada, tipo de vidro, sombreamento, materiais), clima (zonas bioclimáticas), planejamento urbano (códigos de obras e planejamento do uso do solo) e comportamento dos usuários.

As edificações contribuem através das trocas térmicas dos materiais, equipamentos, que são determinados na fase de projeto e pelo uso das pessoas. Em climas quentes, para equalizar as grandes cargas térmicas e dependendo do projeto da edificação é necessário um sistema de climatização artificial para compensar a carga térmica. A capacidade de resfriamento do ar condicionado está diretamente relacionada à essas variáveis, que são definidas no projeto. Portanto, os projetos de arquitetura devem buscar soluções e estratégias adequadas ao zoneamento bioclimático, cada clima requer uma solução específica, que deve ser avaliada. A arquitetura tem importado padrões construtivos de outros países com clima frio, como por exemplo as fachadas envidraçadas que geram ambientes excessivamente quentes no verão e frios no inverno, na [Figura 21](#) são apresentados alguns exemplos das estratégias bioclimáticas para climas frios (aquecimento) e quentes (resfriamento).

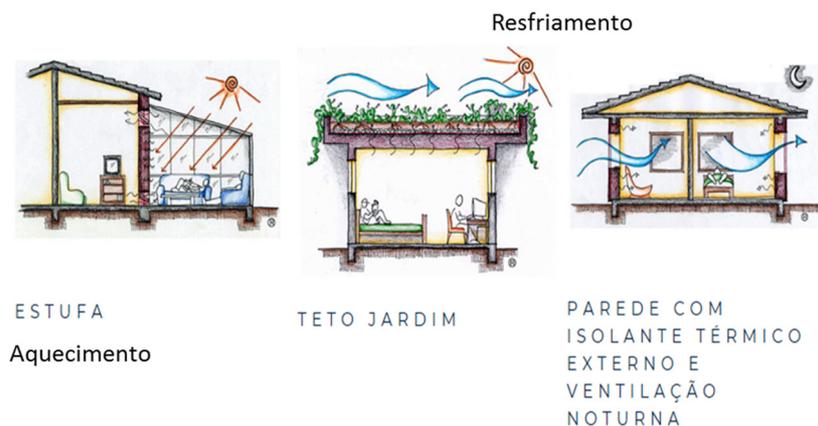


Figura 21 – Estratégias bioclimáticas - Fonte: site Projeteee MMA

A concepção do edifício projetado, os materiais especificados e seus equipamentos, serão determinantes na temperatura interna do ambiente e no dimensionamento da carga térmica do ar condicionado. Dessa forma, o projeto e a correta operação energética do edifício são os principais pilares para o futuro energético.

As edificações, no sentido amplo, apresentam uma grande quantidade de formas e funções e têm sido adaptadas ao longo da história de acordo com fatores diversos e com potencial de eficiência energética extremamente significativo.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de energia para conforto ambiental é o uso final em edifícios que mais cresce no mundo. No Brasil, apenas no setor residencial, estima-se que a posse de ar condicionado pelas famílias tenha mais que duplicado entre 2005 e 2017. Apesar do grande impulso das vendas na última década, a penetração desse tipo de aparelho ainda é relativamente baixa nas residências brasileiras, que conta com apenas 0,4 aparelhos por domicílio, e sugere a existência de uma demanda potencial por condicionamento de ar no Brasil que deverá ser atendida no futuro. Nesse sentido, considerando o cenário base construído neste trabalho, a demanda de eletricidade devido ao uso de condicionadores de ar no setor residencial pode crescer 5,4% ao ano e atingir 48,5 TWh em 2035.

A taxa de crescimento potencial do consumo de energia elétrica no horizonte de análise deste estudo pode ser reduzida pela implantação de medidas de eficiência energética. A promoção do uso eficiente de energia traz impactos positivos ao longo de toda a cadeia energética, que deve ser uma das prioridades da política energética nacional, com benefícios de ordem energética, econômica, ambiental e social. Entre os instrumentos que podem ser adotados podemos destacar os níveis mínimos de eficiência. Assim, quando consideramos a implantação de níveis mínimos mais ambicioso, o consumo evitado de energia elétrica pode atingir 14,5 TWh em 2035, equivalente a uma usina de 3.475 MW. Cabe destacar que a implantação de medidas adicionais de eficiência energética, como etiquetagem e edificações eficientes, pode aumentar o consumo evitado ao longo do período considerado.

A sustentabilidade e promoção da eficiência energética no Brasil envolve ações de reforço da base de dados, acompanhamento de mercado, avaliação de conformidade, reforço da base laboratorial, e desenvolvimento de um plano integrado de comunicação. O sucesso dessas ações pressupõe a coordenação entre os diferentes agentes, incluindo o setor público e privado. No caso do reforço da base de dados, o aprimoramento do planejamento energético nacional, a avaliação dos resultados dos programas e a construção de análises de impactos regulatórios, exigem a disponibilidade de dados confiáveis e frequentes, cujo engajamento de distribuidores de energia, fabricantes, importadores de aparelhos e associações do setor exercem um papel nevrálgico nesse processo. De formar a avançar no aproveitamento dos ganhos de eficiência energética no Brasil, em linhas gerais, um conjunto de ações é proposto na tabela a seguir. Tais recomendações, contudo, merecem maior grau de aprofundamento em que estejam inclusos elementos tais como: definição específica do resultado que se deseja alcançar, discussão compartilhada com os agentes relevantes em cada tópico e delimitação de instrumentos de promoção de cada ação principal (financiamento, tributação, instrumentos legais e infra legais etc.), entre outros. É relevante atentar que esse conjunto de ações propostas abaixo se aplicam em sua grande parte, ao mecanismo de índices mínimos de eficiência energética, liderado pelo CGIEE e coordenado pelo MME.

Por parte do setor público, além das instituições tradicionalmente associadas à promoção da eficiência energética, a EPE se insere como um importante agente, visando contribuir para o avanço do aproveitamento dos ganhos de eficiência energética no Brasil. Os estudos técnicos desenvolvidos pela EPE subsidiam o planejamento energético nacional realizado pelo Ministério de Minas e Energia. No entanto, os estudos e informações disponibilizadas pela EPE são de valia não apenas para o governo na elaboração de suas políticas, mas também para todo o mercado em seus processos decisórios.

*Tabela 3: Insumos para plano de ação em eficiência energética no uso de condicionamento ambiental do Brasil*

LINHAS DE AÇÃO	AÇÕES PRINCIPAIS PROPOSTAS
Reforço da base de dados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar diagnóstico de lacunas de dados necessários à promoção e avaliação de políticas de eficiência energética</li> <li>• Estabelecer agenda estrutural de pesquisas primárias de dados com periodicidade a ser definida e fontes de recursos para realização das mesmas</li> <li>• Avaliar a coordenação com recursos do PAR/PROCEL e/ou PEE/ANEEL</li> <li>• Estabelecer protocolos de intercâmbio de dados com fabricantes de equipamentos</li> </ul>
Plano de educação e comunicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer plano de comunicação integrado específicos para cada público</li> <li>• Realizar campanhas de divulgação em mídias sociais</li> <li>• Reforçar a disseminação de informações sobre índices mínimos de eficiência energética através de portal na internet</li> </ul>
Avaliação de conformidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar campanhas periódicas de amostragem e ensaios para avaliação de conformidade de desempenho energético</li> <li>• Estabelecer e garantir fontes de recursos para financiamento em investimento e manutenção das atividades</li> </ul>
Base Laboratorial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer agenda regulatória de longo prazo para regulamentação de índices mínimos</li> <li>• Realizar de diagnóstico de lacunas de base laboratorial em coordenação com a agenda regulatória de longo prazo</li> <li>• Reforçar a capacidade laboratorial existente e ampliar a capacidade adicional coordenada com a agenda regulatória</li> <li>• Estabelecer e garantir fontes de recursos para financiamento em investimento na capacidade laboratorial</li> </ul>
Edificações eficientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar diagnóstico de lacunas de dados necessários à avaliação promoção e de penetração de edificações eficientes</li> <li>• Estabelecer agenda estrutural de aquisição de dados necessários à avaliação promoção e de penetração de edificações eficientes</li> <li>• Estabelecer e garantir fontes de recursos para financiamento destas atividades</li> <li>• Promover a disseminação de curso e treinamentos em projetos de edificações eficientes adequadas ao país</li> <li>• Estabelecer mecanismos de tributação e financiamento que incentivem consumidores a reconhecer os benefícios das edificações eficientes</li> </ul>

## REFERÊNCIAS

ACHÃO, C. C. L. Análise da Estrutura de Consumo de Energia pelo Setor Residencial Brasileiro. 2003. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

BAHNG, Y., KINCADE, D. H. The relationship between temperature and sales: Sales data analysis of a retailer of branded women's business wear. *International Journal of Retail and Distribution Management*, v. 40, n. 6, pp. 410-426, 2012

BRAGA, J. M. A modelagem da Demanda Residencial de Energia Elétrica no Brasil. 2001. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

BRASIL. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2018.

BRASIL. Norma Regulamentadora NR-17 – Ergonomia. Ministério do Trabalho e Emprego.

BRASIL. Portaria Interministerial MME/MCTI/MDIC nº 1.007 de 31 de dezembro de 2010. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Portaria Interministerial nº 364 de 24 de dezembro 2007. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Portaria Interministerial nº 323 de 26 de maio de 2011. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Portaria Interministerial nº 2 de 31 de julho 2018. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2018.

ELETROBRAS [Centrais Elétricas Brasileiras]. Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso: ano-base 2005, classe residencial. Relatório Brasil. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2007.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017. Rio de Janeiro: EPE, 2018.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Nota Técnica Demanda de Energia 2050, NT DEA 13/15. EPE/2015

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Energia Renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Monitorando o Progresso da Eficiência Energética no Brasil: Indicadores e Análises Setoriais. Nota Técnica DEA 025/17. Rio de Janeiro: EPE, 2017.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Balanço Energético Nacional 2018. Rio de Janeiro: EPE, 2018a.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Caderno de Economia. Rio de Janeiro: EPE, 2018b.

FOCO OPINIÃO. Caracterização do Uso de Energia no Setor de Serviços, Resultados da Pesquisa / produção final de conteúdo. Florianópolis: Foco Opinião e Mercado, 2015.

IEA [International Energy Agency]. Developing Mechanisms for Promoting Demand-side Management and Energy Efficiency. In Changing Electricity Businesses, Research Report nº 3, Task VI of the International Energy Agency, Demand Side Management Programme. OECD/IEA: Paris, 2000.

IEA [International Energy Agency]. Policy Pathway: Monitoring, Verification and Enforcement. OECD/IEA: Paris, 2010.

IEA [International Energy Agency]. Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency. OECD/IEA: Paris, 2014.

IEA [International Energy Agency]. The Future of Cooling: Opportunities for energy-efficient air conditioning. OECD/IEA: Paris, 2018.

MMA [Ministério do Meio Ambiente]. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima. Volume I: Estratégia Geral. Portaria MMA n. 150 de 10 de maio de 2016

MME [Ministério de Minas e Energia. BEU: Balanço de Energia Útil. Brasília: MME, 1984.

MME [Ministério de Minas e Energia. BEU: Balanço de Energia Útil. Brasília: MME, 1994.

MME [Ministério de Minas e Energia. BEU: Balanço de Energia Útil. Brasília: MME, 2004.

MITSIDI Projetos. Elaboração de estudos e insumos para auxiliar o desenvolvimento do Plano de Ação de Eficiência Energética. EDIFICAÇÕES. Relatório Final – R01. 2018

MCPAR Engenharia. Relatório final setor residencial, comercial e público. Contrato entre EPE e MCPAR Engenharia – Processo nº CT-EPE-020/2009 Edital 005/2009. Campinas (SP): MCPAR, 31 maio. 2010.

NOGUEIRA, L. A. H.; LEONELLI, P. A.; HADDAD, J. Índices Mínimos de Eficiência Energética e Programas de Etiquetagem. 2018.

PROCEL Edifica, Manual para Aplicação do RTQ-C, versão 4 de Junho de 2016.

PROCEL INFO. Manual para Aplicação do RTQ-C, 2009.

Projeteee - Projetando Edificações Energeticamente Eficientes/MMA. Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/sobre-o-projeteee/>

SCHIERMEIER, Q. Clear Signs of Global Warming Will Hit Poorer Countries First. *Nature*, n. 556, p. 415 - 416, 2018.

SEforALL [Sustainable Energy for All]. *Chilling Prospects: Providing Sustainable Cooling for All*. SEforALL: Vienna, 2018.

STARR-MCCLUER, M. *The Effects of Weather on Retail Sales*. Washington, D.C: Federal Reserve Board of Governors, 2000.