



Eletrobras

Análise de Impacto Regulatório dos Condicionadores de Ar

Relatório Técnico

PRFP – 032/2021

Rio de Janeiro, 30 de junho de 2021.

Sumário

Sumário Executivo	4
1 Histórico	5
2 Definição de Premissas	6
3 Identificação do problema	7
3.1 Contexto do sistema elétrico	8
3.2 Contexto do Mercado Nacional	13
3.2.1 Dados gerais	13
3.2.2 Cadeia de valor	17
3.2.3 Posse e hábitos de consumo	20
3.3 Contexto Internacional	21
3.4 Contexto socioeconômico	23
3.5 Contexto ambiental	25
3.6 Contexto regulatório	27
4 Extensão do problema	28
5 Identificação dos grupos afetados pelo problema regulatório	29
6 Identificação da base legal	30
7 Definição dos objetivos	31
8 Propostas dos índices mínimos de eficiência energética	31
9 Análise dos Impactos da Proposta Regulatória	33
10 Análise dos Impactos	34
10.1 Impacto Energético	34
10.1.1 Cenário para Condicionador de Ar tipo Janela	36

10.1.2 Cenários para Condicionador de Ar tipo <i>Split</i>	38
10.2 Análise estimada sobre os equipamentos atingidos	40
10.3 Impacto Ambiental	41
10.4 Impactos Econômicos	43
11 Conclusão	46
12 Recomendações	47
13 Referências	48
Anexo 1 – Metodologia de avaliação do consumo dos condicionadores de ar	50
1.1 Fontes de dados	50
1.2 Modelo de consumo de energia de condicionadores de ar	50
1.3 Modelo de contabilização do estoque	51

Sumário Executivo

O presente estudo de impacto tem o objetivo de subsidiar o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética, CGIEE, com informações sobre eventuais impactos econômicos, sociais e ambientais da proposta de novos índices mínimos de eficiência energética para condicionadores de ar e revisão do programa de metas.

De acordo com a proposta definida pelos membros na 39ª Reunião do CGIEE, ocorrida no dia 26 de maio de 2021, foram analisados novos índices mínimos de eficiência energética para condicionadores de ar monobloco, tipo janela ou parede, e aparelhos tipo *split system*, conforme definições do art. 2º do Anexo da Portaria Interministerial MME/MDIC/MCTIC nº 02, de 14 de maio de 2018, a serem aplicados em três etapas, conforme definido a seguir:

	Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal – IDRS (Wh/Wh)		
	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Janela	3,00	3,5	4,0
<i>Split</i>	3,14	4,5	5,5
	Datas limite		
Fabricação e Importação	31/12/2022	31/12/2025	31/12/2028
Comercialização por Fabricantes e Importadoras	31/12/2023	31/12/2026	31/12/2029
Comercialização por Atacadistas e Varejistas	31/12/2024	31/12/2027	31/12/2030

Destaca-se que, para essa nova proposta, o índice de eficiência energética a ser utilizado passa a ser o Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS), que deve ser calculado considerando a norma técnica ISO 16358-1 e as orientações contidas no Anexo A, itens A.1 e A.2, do Anexo I da Portaria Inmetro nº 269, de 22 de junho de 2021.

A análise de impacto regulatório foi realizada com a aplicação de ferramenta desenvolvida pela Universidade Federal do ABC com apoio da FAPESP, denominada Planilha de Análise de Impactos Regulatórios – Eficiência Energética (PAIREE). Foram

calculados os impactos energético, ambiental e econômico auferidos no horizonte de 2040. Alguns destaques são:

- Considerando a entrada dos novos índices mínimos nas datas propostas, **a economia de energia estimada em 2040 poderá ser de 119 TWh;**
- O valor da energia total conservada ao longo do período analisado, resultante da adoção dos índices mínimos de eficiência energética nas datas propostas, **em termos de valor presente líquido, alcançam a ordem de R\$ 30 bilhões;**
- O estudo estima que, ao longo do período analisado, **sejam evitadas as emissões poderão ser de 72 milhões de toneladas de CO_{2e}.**

1 Histórico

O Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) foi instituído em 19 de dezembro de 2001 pelo Decreto nº 4.059, o qual regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Em 27 de junho de 2019, o Decreto nº 9.864 substituiu o Decreto nº 4.059, atualizando o rol de membros do CGIEE e do Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País (GT-Edificações), e estabelecendo novas competências.

O CGIEE e seus Comitês Técnicos contam com apoio técnico do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO, do Programa Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia – PROCEL/ELETROBRAS, do Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e Gás Natural - CONPET, do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, da Empresa de Pesquisa Energética – EPE, da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL e da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis – ANP.

Os condicionadores de ar foram regulamentados quanto aos índices mínimos de eficiência energética em 2007, por meio da Portaria Interministerial MME/MCT/MDIC nº 364, de 24 de dezembro de 2007. Em 2011 foi aprovado o primeiro plano de metas para essa classe de equipamentos, por meio da Portaria Interministerial MME/MCT/MDIC nº

323, de 26 de maio de 2011, e, em 2018, ocorreu a segunda revisão, por meio da Portaria Interministerial MME/MDIC/MCTIC nº 02, de 14 de maio de 2018.

Considerando a importância que os condicionadores de ar têm tido no consumo energético nacional, especialmente nos setores residencial e de serviços, bem como as perspectivas de aumento da penetração deste equipamento no mercado nacional, o CGIEE deliberou, em sua 39ª Reunião, ocorrida em 26 de maio de 2021, promover nova revisão do programa de metas para condicionadores de ar, a fim de ampliar os ganhos de eficiência energética destes equipamentos. Nesse sentido, o CGIEE solicitou à Eletrobras/Procel, como entidade que presta apoio técnico ao Comitê, que desenvolvesse estudo de avaliação do impacto regulatório da implementação da revisão sugerida. Assim sendo, o presente estudo busca auxiliar o CGIEE a tomar a decisão, face aos possíveis impactos das mudanças propostas, quanto à viabilidade de implementação dos índices mínimos de eficiência energética propostos para esses produtos, nas datas sugeridas.

2 Definição de Premissas

A proposta de novos índices mínimos adotará a nova metodologia de cálculo da eficiência energética, aprovada pela Portaria INMETRO 269/2021, e que estabeleceu o índice de desempenho de resfriamento sazonal (IDRS). O IDRS baseia-se na norma ISO 16358-1, a qual considera o condicionador de ar operando em cargas parciais e a sazonalidade das temperaturas médias conforme as diferentes regiões do país. A adoção desta nova forma de cálculo dos índices de eficiência energética permite diferenciar em termos de desempenho os equipamentos que utilizam a tecnologia inverter (rotação variável) daqueles que utilizam a tecnologia de rotação fixa.

A proposta de novos índices mínimos também toma como referencial o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) para condicionadores de ar, cujo regulamento atualmente em vigor consta da Portaria INMETRO 269/2021. Por este regulamento, os níveis de eficiência estão estabelecidos em quatro faixas (A, B, C e D) para condicionador de ar tipo janela e seis faixas (A, B, C, D, E e F) para condicionador de ar tipo *Split*, conforme detalham a Tabela 1 e a Tabela 2.

Tabela 1 – Novas exigências de eficiência energética para o enquadramento dos condicionadores de ar do tipo Split de até 60.000 BTU/h na classificação da etiquetagem do INMETRO

CLASSES	EFICIÊNCIA MÍNIMA EXIGIDA PARA ENQUADRAMENTO NAS CLASSES – IDRS (Wh/Wh)	
	Etapa I [31/12/2022 a 30/12/2025]	Etapa II [a partir de 31/12/2025]
A	5,5	7,0
B	5,0	6,0
C	4,5	5,3
D	4,0	4,6
E	3,5	3,9
F	3,14	3,5

Tabela 2 – Novas exigências de eficiência energética para o enquadramento dos condicionadores de ar do tipo Janela de até 60.000 BTU/h na classificação da etiquetagem do INMETRO

CLASSES	CONDICIONADORES DE AR TIPO JANELA (com prazo de adequação para fabricação e importação até 31/12/2022)			
	Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal - IDRS (Wh/Wh)			
	Categoria 1 9.000 Btu/h	Categoria 2 9.001 a 13.999	Categoria 3 14.000 a 19.999	Categoria 4 20.000
A	3,10	3,21	2,95	2,89
B	3,01	3,12	2,87	2,81
C	2,93	3,03	2,79	2,72
D	2,84	2,94	2,71	2,65

3 Identificação do problema

A Lei nº 10.295, de 2001, dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Conhecida como Lei de Eficiência Energética, ela tem por objetivo o estabelecimento de processos para implementação de padrões mandatórios de eficiência energética, baseados em metas progressivas de níveis máximos de consumo específico de energia e mínimos de eficiência energética. O propósito final da Lei é promover a transformação dos mercados acelerando a difusão de tecnologias de maior eficiência energética. Os padrões mandatórios de eficiência energética são mecanismos que atuam diretamente junto aos fabricantes, os quais devem obedecer às regulações específicas para comercialização de seus produtos consumidores de energia.

Apesar dos desenvolvimentos tecnológicos associados aos condicionadores de ar e implementação recorrente de índices mínimos de eficiência energética (também conhecidos como MEPS, do inglês *Minimum Energy Performance Standards*) mais restritivos para condicionadores de ar (AC), a comparação internacional mostra que a transformação de mercado no país está aquém do que poderia ser. De fato, os condicionadores de ar disponíveis para os consumidores brasileiros são menos eficientes quando comparados com modelos comercializados nos mercados de outros países. Isto

mostra que os índices adotados no Brasil estão desatualizados em relação ao mercado internacional, e, portanto, não estão sendo efetivos na função de promover o aumento da eficiência energética e o desenvolvimento tecnológico do mercado brasileiro de AC.

Especificamente, verifica-se no mercado brasileiro de ACs baixa disponibilidade de equipamentos eficientes no mercado. Os índices mínimos de eficiência energética no Brasil não evoluíram na mesma velocidade que em outros países: há evidências de que, desde que foram estabelecidos, os índices mínimos de eficiência energética para condicionadores de ar no Brasil cresceram a uma taxa de aproximadamente 1% a cada quatro anos (KIGALI, 2020). Para aparelhos tipo *split*, os índices mínimos variaram de 2,39 W/W, em 2007, para 2,60 W/W em 2011, e para 3,01 W/W em 2018.

As consequências da baixa eficiência energética dos condicionadores de ar no Brasil são detalhadas a seguir, de acordo com os diferentes contextos de análise.

3.1 Contexto do sistema elétrico

O ar condicionado tem-se tornado o maior vetor de demanda elétrica no setor residencial e comercial do país. Respondendo por 51% da demanda elétrica no Brasil (EPE, 2019), o setor de edificações, composto pelos consumos do setor residencial, público e comercial, viu, desde o início dos anos 2000, a participação da energia elétrica destinada à climatização duplicar na matriz de serviços elétricos (EPE, 2018) (ver Figura 1). Se for considerado só o setor residencial, estima-se que o consumo de energia elétrica por condicionadores de ar aumentou cerca de 237% nos últimos 12 anos, chegando a 14% do total da demanda elétrica desse setor em 2017 (EPE, 2018).

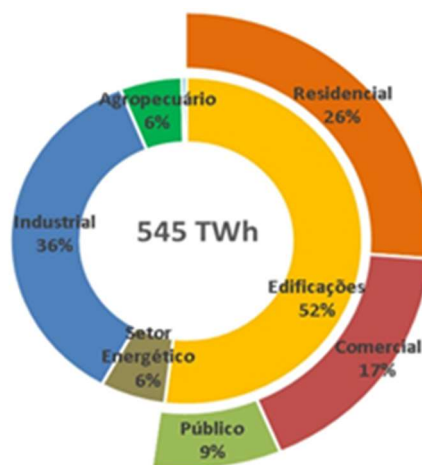


Figura 1 Decomposição do consumo final de eletricidade em 2019

Fonte: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/NT%20DEA-SEE-007-2020.pdf>

A demanda energética em sistemas de condicionamento de ar tende a quadruplicar no setor de edificações do Brasil nos próximos 20 anos, sendo que 70% será decorrente do setor residencial (OECD/IEA, 2018). A EPE estima que mais de 80% dos domicílios brasileiros terão ao menos um equipamento de ar condicionado até 2035, resultando no salto do consumo de eletricidade devido à climatização, dos atuais 18,7 TWh para 48,5 TWh, um crescimento médio da demanda elétrica de 3,6% ao ano (EPE, 2018, EPE, 2019). Segundo a EPE, estima-se que o ar condicionado é o principal item de consumo de energia elétrica nos domicílios brasileiros, conforme mostra o Gráfico 1.

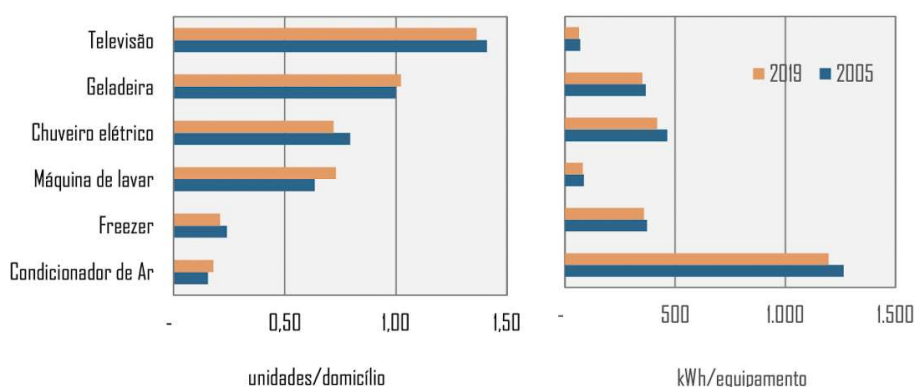


Gráfico 1 – Consumo anual de eletricidade por equipamento.

Fonte: EPE, 2020, p.23 - https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-556/Atlas consolidado_08_03_2021.pdf

O aumento do uso do AC força o aumento da demanda elétrica nestes setores, sobretudo, contribuindo para a maior ocorrência de picos de carga. A EPE também observou uma tendência de aproximação da carga máxima noturna daquela verificada no período vespertino, com aumento da ocorrência de picos neste período. O que chama a atenção é que também se observou certa sazonalidade neste comportamento, com maior ocorrência no verão, além de uma maior importância da carga da madrugada sobre a média diária ao longo do verão, o que é compatível com o maior uso dos condicionadores de ar durante esse período, conforme mostra o Gráfico 2 (EPE, 2018¹, p.13).

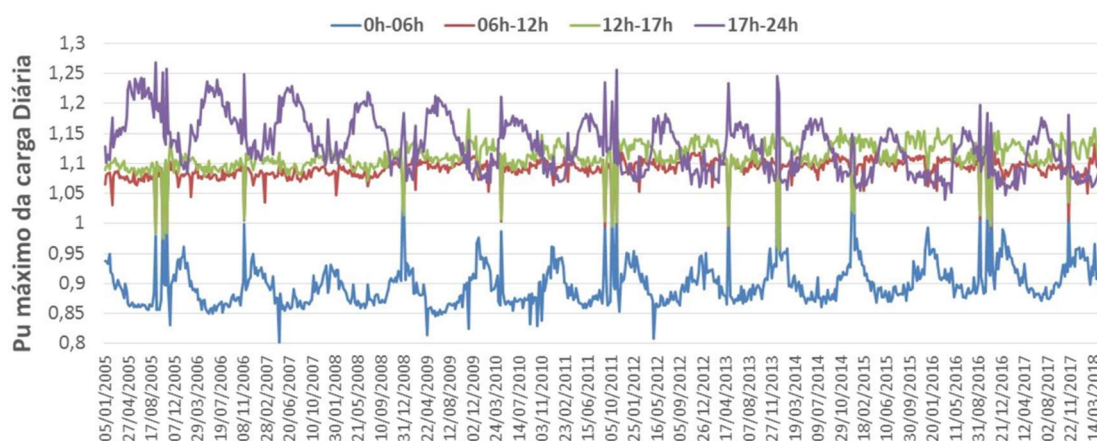


Gráfico 2 - Períodos de ocorrência do horário de ponta do sistema por horário (pu) – Fonte: Elaboração EPE com base em dados das usinas supervisionadas e programadas pelo ONS. Nota: A fim de simplificar a visualização gráfica, consideraram-se apenas as quartas-feiras.

Fonte: EPE, 2018, p.13

Esse aumento da demanda elétrica e dos picos de carga força o sistema elétrico, seja porque aumenta a necessidade de expandir a capacidade instalada, seja porque exige do sistema melhores condições de atendimento dos picos de carga. O problema é que o atendimento dos picos de carga é, em geral, bastante oneroso para o sistema

¹ EPE. Nota técnica EPE 030/2018 – Uso de ar condicionado no setor residencial brasileiro: perspectivas e contribuições para o avanço da eficiência energética. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-341/NT%20EPE%20030_2018_18Dez2018.pdf. Acesso em 21 de junho de 2021.

elétrico. Segundo a IEA (2018), o custo desse atendimento pode chegar a quatro vezes o do suprimento de base, valor este que certamente impacta a tarifa paga pelo consumidor final. É que, para a garantia de fornecimento de eletricidade no pico, o sistema elétrico precisa instalar e manter uma grande quantidade de capacidade para ser acionada apenas algumas horas do dia, pagando-se pela disponibilidade de geração. O tipo de usina comumente contratada para ofertar essa demanda de pico é aquela que permite acionamento rápido, sendo o caso das térmicas flexíveis a gás natural, óleo diesel ou óleo combustível, as quais têm um custo de investimento mais baixo (quando comparado, por exemplo, a uma hidrelétrica), mas altíssimos custos de operação (muito em função de o preço do combustível variar conforme o mercado internacional de petróleo & gás) (OECD/IEA, 2018).

No Brasil, historicamente, as usinas termelétricas têm um papel de complementação da geração de base, predominantemente hidrelétrica. O acionamento das térmicas, em especial as de natureza flexível, vem crescendo nos últimos anos, impulsionados não só pelos picos de demanda, como também pela rápida expansão das renováveis variáveis (eólica e solar) (MME/EPE, 2019). Não à toa o Plano Decenal de Expansão da Energia (PDE) projeta as térmicas a gás natural como as principais fontes de suprimento dos picos de carga (ver Gráfico 3). A mesma referência indica que o custo de acionamento térmico em 2019 chegou a até R\$ 1.830/MWh, valor razoavelmente alto.

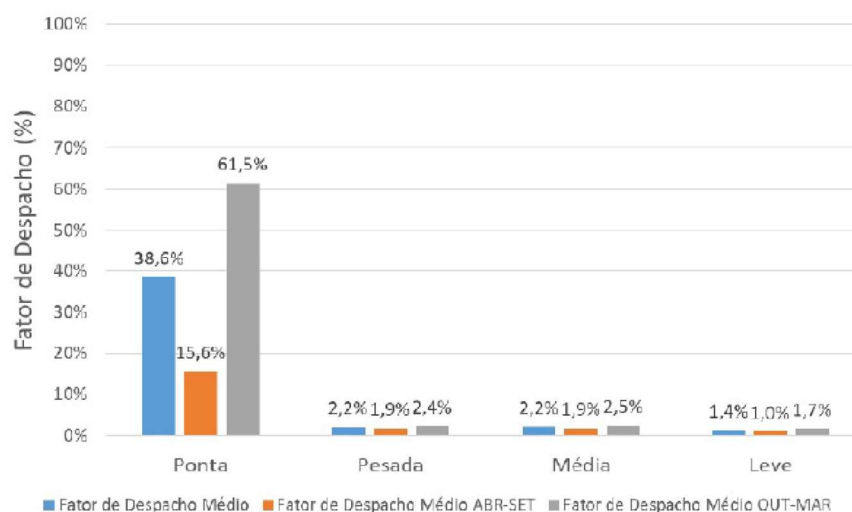


Gráfico 3 - Fator de despacho médio por Patamar de carga para as UTE indicativas da Região Sudeste no período em 2029

Fonte: MME/EPE, 2019, p.15 - [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-423/topico-482/03_Gera%C3%A7%C3%A3o_Centralizada_de_Energia_El%C3%A9trica_Gr%C3%A1ficos.pdf)

[abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-423/topico-482/03_Gera%C3%A7%C3%A3o_Centralizada_de_Energia_El%C3%A9trica_Gr%C3%A1ficos.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-423/topico-482/03_Gera%C3%A7%C3%A3o_Centralizada_de_Energia_El%C3%A9trica_Gr%C3%A1ficos.pdf)

Portanto, o aumento da eficiência energética dos AC poderá contribuir para reduzir a pressão sobre o sistema elétrico e, conseqüentemente, evitar custos com aumento da capacidade instalada e adequação do sistema para os picos de carga.

3.2 Contexto do Mercado Nacional

3.2.1 Dados gerais

As condições climáticas, a dimensão continental do Brasil e a melhoria das condições socioeconômicas vivenciadas na última década contribuíram para colocar o país entre os 10 maiores mercados de ar condicionado no mundo (ver Gráfico 4), com a estimativa de venda anual acima dos 3,1 milhões de unidades (dados de 2018) (JRAIA, 2019).

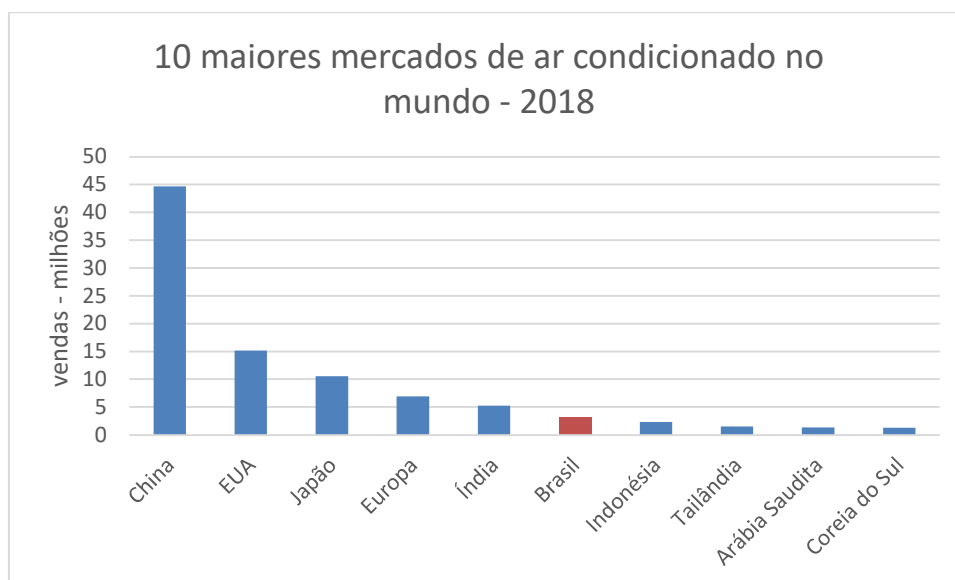


Gráfico 4 – Estimativa das maiores vendas de condicionadores de ar no mundo em 2018 (milhões de unidades)

Fonte: JRAIA, 2019 - https://www.jraia.or.jp/english/World_AC_Demand.pdf

Com efeito, o mercado brasileiro de ar condicionado residencial experimentou um crescimento grande a partir de 2010, chegando ao pico em 2014, com mais de 5,1 milhões de unidades (somando produção e importação), segundo dados da ELETROS (2021). A grave crise econômica iniciada em 2015 fez as vendas despencarem, atingindo o menor patamar em 2016, com cerca de 2,9 milhões de unidades (Eletros, 2021). Apesar da pandemia do Covid-19 em 2020 o mercado de condicionador de ar fechou o ano aquecido com mais de 5,9 milhões de unidades (somando produção e importação), como mostra o Gráfico 5.

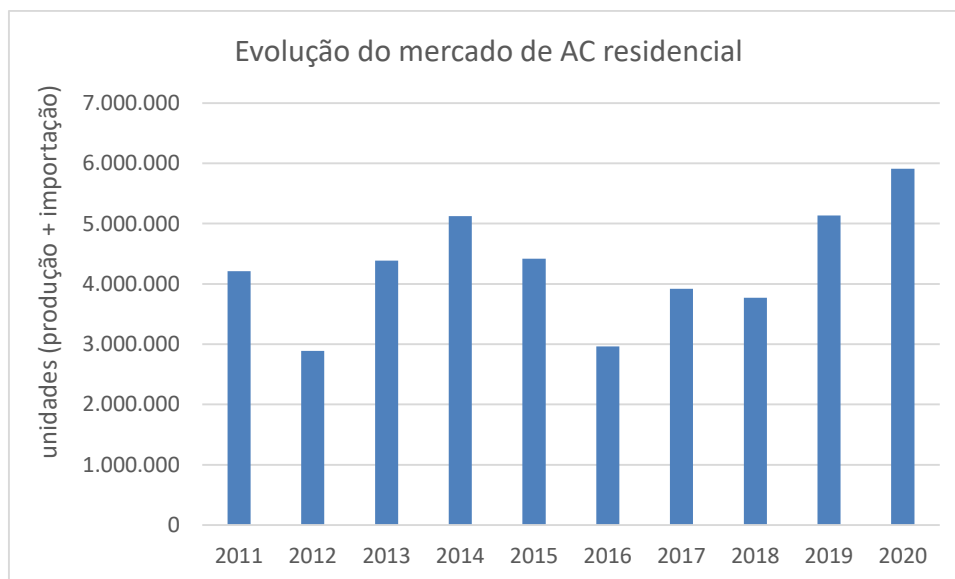


Gráfico 5 – Evolução do mercado de ar condicionado residencial (produção + importação)

Fonte: <https://eletros.org.br/wp-content/uploads/2021/06/AC-Split-abr-21.pdf>

Fonte: <https://eletros.org.br/wp-content/uploads/2021/06/AC-Janela-abri-21.pdf>

O mercado brasileiro é dominado pelos equipamentos de menor porte, de até 60.000 BTU/h, que atendem prioritariamente o setor residencial, pequenos comércios e escritórios. Trata-se de condicionadores do tipo janela, *split* e portáteis. Apenas uma parte ainda pequena do mercado – cerca de 10% - refere-se aos chamados sistemas centrais, instalados em edificações de maior porte, como prédios de escritórios, shopping centers, supermercados, indústrias, etc. (ver Gráfico 6). Alguns especialistas comentam que uma parte dos condicionadores de ar utilizados na área comercial do Brasil são equipamentos considerados residenciais, dessa forma no gráfico 6 o percentual referente aos equipamentos destinados ao uso final classificados como residencial pode ser um pouco maior.

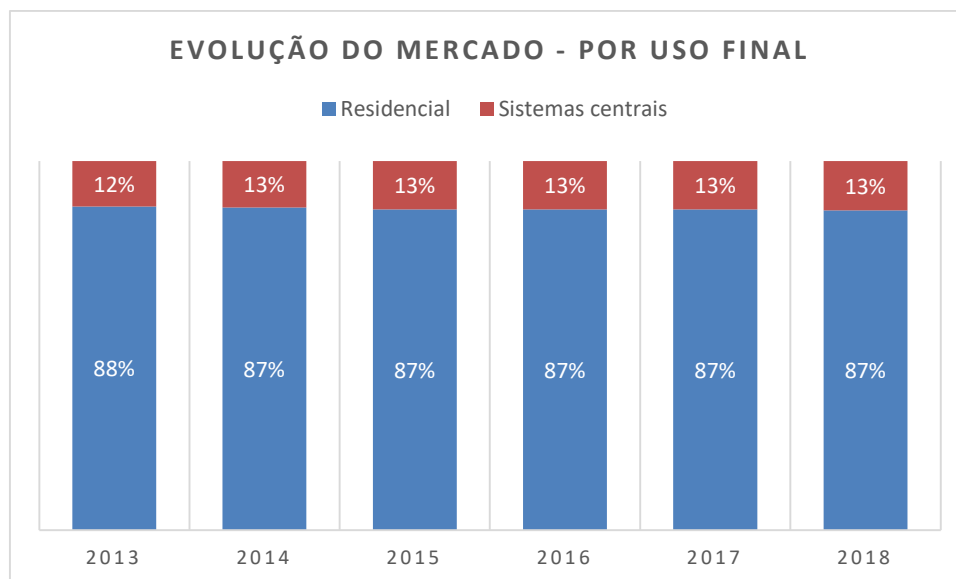


Gráfico 6 – Evolução do mercado por uso final – residencial ou sistemas centrais.

Fonte: JRAIA, 2019 - https://www.jraia.or.jp/english/World_AC_Demand.pdf

A prevalência de modelos do tipo residencial é corroborada quando se verifica que, em termos de capacidade de refrigeração, equipamentos que variam de 7.500 a 12.000 BTU/h são os mais representativos do mercado, segundo informação de alguns especialistas do setor. As informações obtidas pela Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial – PPH, realizada em 2019 pelo PROCEL confirmam as informações apresentadas, conforme o gráfico 7.

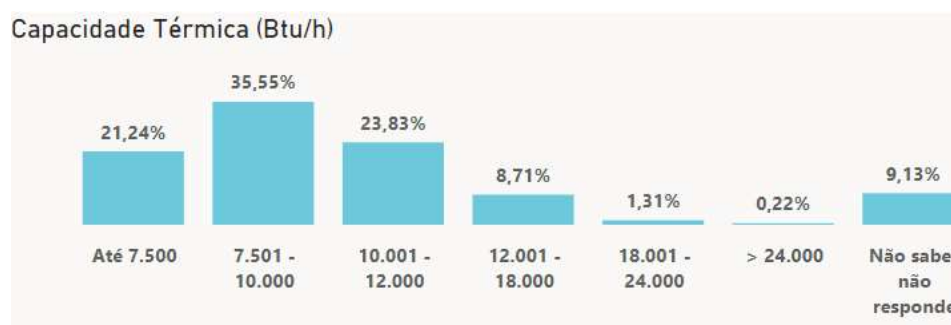


Gráfico 7 – Capacidade Térmica (Btu/h) dos equipamentos no Brasil – PPH 2019.

Fonte: <https://www.eletrobras.com/pphweb>

Os *splits* dominam as vendas, respondendo, em 2020, por 91% do mercado de ar condicionado residencial. O restante é, praticamente, de equipamentos do tipo janela, segundo informação de alguns especialistas em 2019. Conforme as informações obtidas pela Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial – PPH, realizada em 2019 pelo PROCEL podemos observar o percentual de equipamentos distribuídos pelo Brasil conforme o gráfico 8.

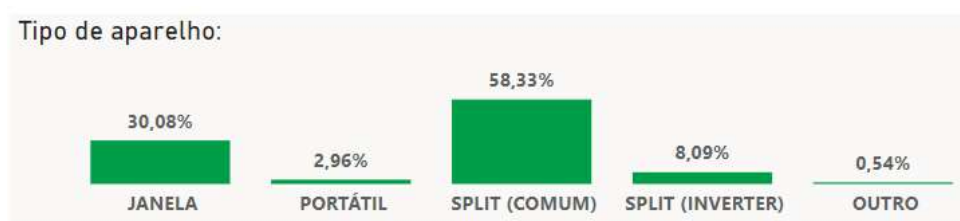


Gráfico 8 – Percentual por tipo de aparelho no Brasil – PPH 2019.

Fonte: <https://www.eletrobras.com/pphweb>

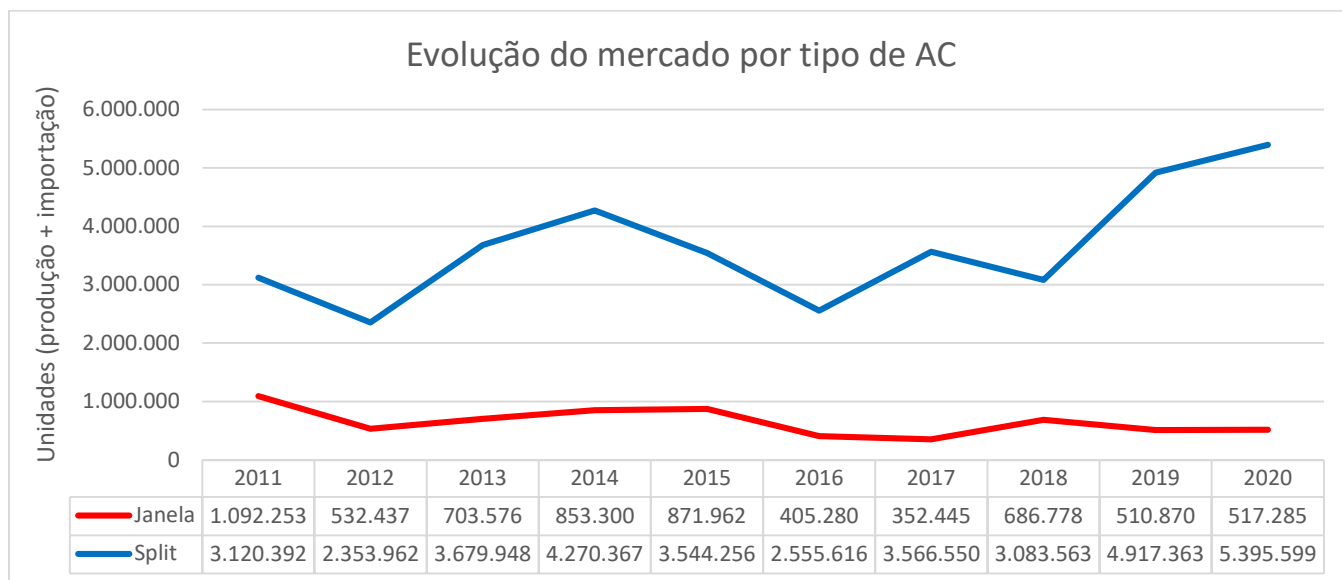


Gráfico 9 – Evolução do mercado por tipo de ar condicionado residencial.

Fonte: <https://eletros.org.br/wp-content/uploads/2021/06/AC-Split-abr-21.pdf>

Fonte: <https://eletros.org.br/wp-content/uploads/2021/06/AC-Janela-abr-21.pdf>

Chama atenção o rápido crescimento da tecnologia conhecida como “*inverter*”, cujos compressores são dotados de rotação variável e apresentam, em média,

eficiência energética 30% maior do que aqueles que têm rotação fixa (TEAP, 2019). Em 2017, esses equipamentos já somavam 30% das vendas de *splits*, subindo para mais de 50% em 2018, conforme a informação de alguns especialistas do setor.

3.2.2 Cadeia de valor

O mercado brasileiro é praticamente suprido pela produção doméstica, como atesta o Gráfico 10, os dados do setor listam um total entorno de 2570 produtos condicionadores de ar produzidos/fornecidos por aproximadamente 34 empresas, tendo como referência o ano de 2020. A totalidade da produção nacional é realizada por empresas localizadas no polo industrial de Manaus, por força do regime tributário diferenciado. O restante dos produtos comercializados no país são oriundos de importação.

O Processo Produtivo Básico (PPB) foi definido por meio da Lei n.º 8.387, de 30 de dezembro de 1991, como sendo o conjunto mínimo de operações, no estabelecimento fabril, que caracteriza a efetiva industrialização de determinado produto. O PPB tem sido utilizado como contrapartida pelo Governo Federal à concessão de incentivos fiscais promovidos pela legislação da Zona Franca de Manaus e pela legislação de incentivo à indústria de bens de informática, telecomunicações e automação, mais conhecida como "Lei de Informática" (Suframa).

Em resumo, o PPB consiste de etapas fabris mínimas necessárias que as empresas deverão cumprir para fabricar determinado produto como uma das contrapartidas aos benefícios fiscais estabelecidos por lei. Os PPBs são estabelecidos por meio de Portarias Interministeriais, assinadas pelos ministros da Economia e da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) (Suframa).

Os benefícios gerados pela utilização do PPB atingem os modelos de todas as faixas de eficiência energética, dessa forma o fornecedor não terá a perda das vantagens do PPB e não sofrerá alterações na cadeia de fornecedores de componentes caso ocorra alteração nos índices mínimos de eficiência energética.

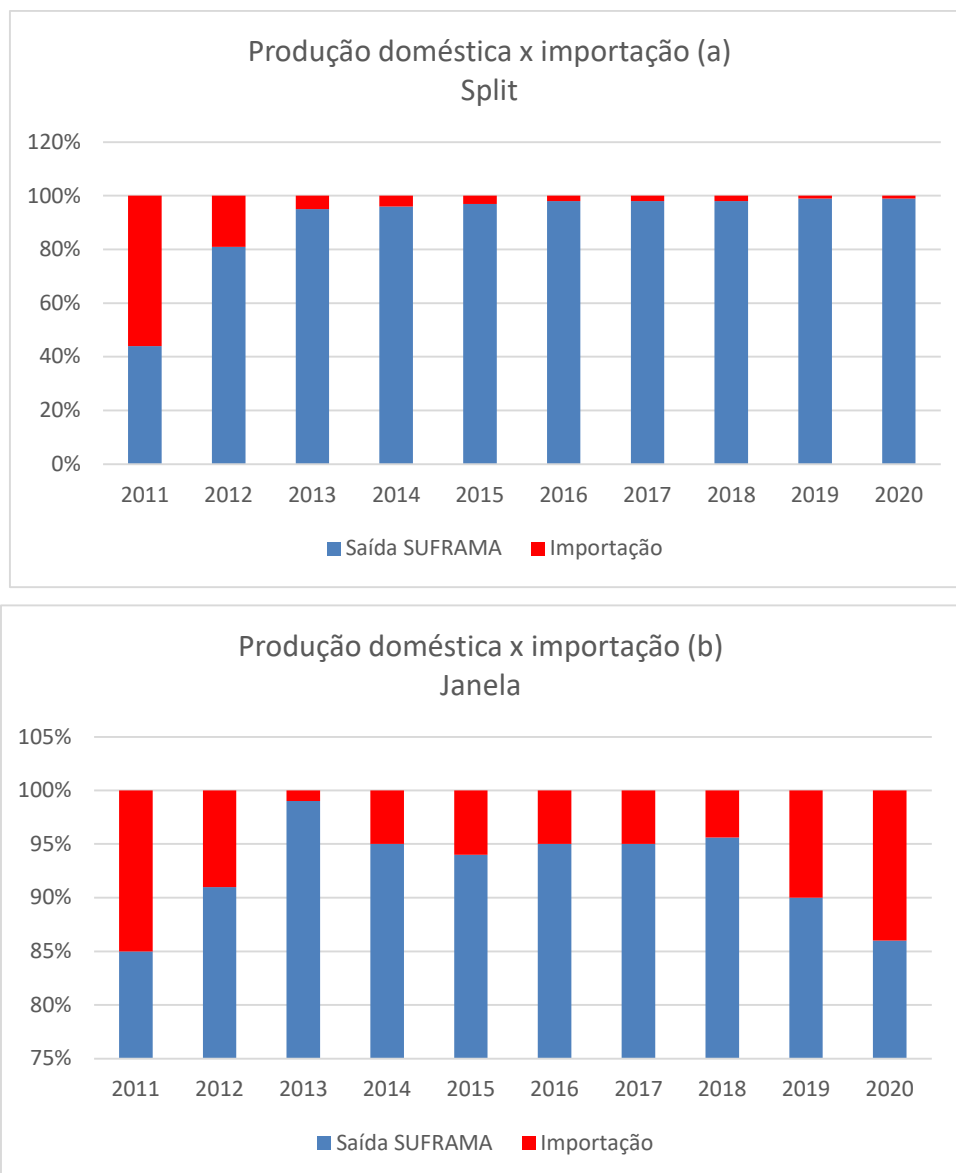


Gráfico 10 – Participação da produção doméstica e da importação no mercado brasileiro – Split (a) e Janela (b)

Fonte: <https://eletros.org.br/wp-content/uploads/2021/06/AC-Split-abr-21.pdf>

Fonte: <https://eletros.org.br/wp-content/uploads/2021/06/AC-Janela-abri-21.pdf>

As principais fabricantes no mercado de ar condicionado residencial são empresas globais, com predomínio de companhias americanas (Whirlpool e Trane), chinesas (Midea, Gree e SempTCL), coreanas (LG e Samsung), japonesas (Fujitsu, Daikin e Panasonic), sueca (Electrolux) e a Johnson Controls - Hitachi. Há também algumas empresas de capital nacional, como Philco, Elgin e Ventisol.

Dentre os fornecedores de componentes, ganham destaque a Tecumseh e a WEG, as únicas a fabricar no Brasil, respectivamente, compressores e motores. As principais fornecedoras de fluidos são a Chemours e a Arkema.

O mercado de distribuição, atacado e reposição de peças é dominado por empresas como Frigelar, Friopeças, Totaline, Poloar, Karisfrio, Disparcom, Karijos e Adias. As principais redes varejistas incluem a Via Varejo (Casas Bahia, PontoFrio), Leveros, Magazine Luíza.

A China sozinha é a origem maior parte das importações ocorridas nos últimos anos, conforme dados do Ministério da Economia (2021) (Gráfico 11).

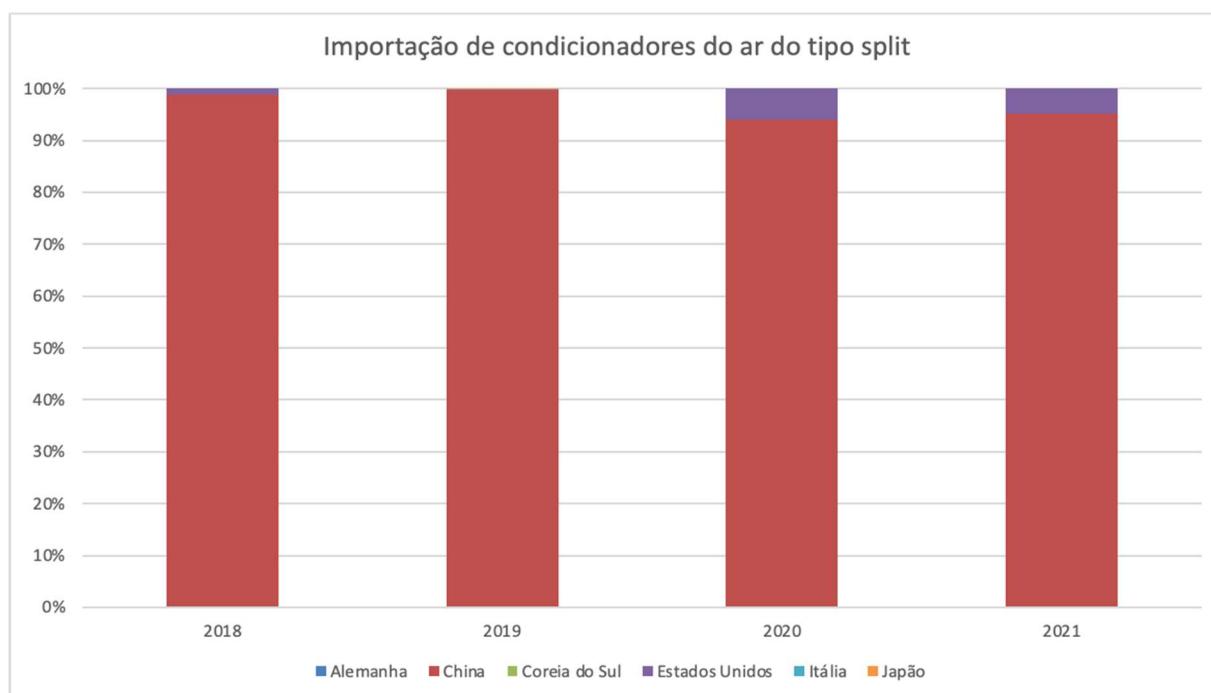


Gráfico 11 – Origem das importações brasileiras de condicionadores de ar do tipo mini-split

Fonte: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home> - [Comex Stat](#), 2021.

As principais associações que representam o setor são:

- Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos – ELETROS, que representa os maiores fabricantes de ar condicionado do país;
- Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento – ABRAVA, que representa empresas da cadeia de valor, fornecedores de componentes e fluidos, fabricantes, importadores, distribuidores e serviços de instalação e manutenção.

- Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE, que representa uma variada gama de fornecedores de componentes e alguns fabricantes.

3.2.3 Posse e hábitos de consumo

O potencial de crescimento do mercado brasileiro ainda é significativo, seja pelo número pequeno de posse desse equipamento nos domicílios brasileiros, seja pela tendência de maior ocorrência de períodos quentes a extremamente quentes no país².

Dados da Pesquisa de Posse e Hábito (PPH) realizada pelo PROCEL/Eletrobras entre 2018 e 2019 indicam uma posse média 0,22 no setor residencial. A região Norte é que tem maior posse média entre as regiões com 0,40 – 29,17% de domicílios com ar condicionado, seguida pelo Sul com a posse média de 0,32 – 22,83% de domicílios com ar condicionado, Sudeste com a posse média de 0,22 – 17,99% de domicílios com ar condicionado, Centro-Oeste com a posse média de 0,20 – 15,92% de domicílios com ar condicionado e Nordeste com apenas 0,06 de posse média e 5,33% de domicílios com ar condicionado.

Na maior parte do país, a participação de equipamentos que resfriam e aquecem (reverso) é pequena, sendo a única exceção a Região Sul, onde esse tipo de ar condicionado chega a mais de 67% dos domicílios que possuem ar condicionado.

As temperaturas de *set up* mais comuns no país são de 20 e 22°C, o que pode sinalizar um potencial de aumento de eficiência energética via mudança de comportamento do consumidor.

Na maior parte do país (Sul, Sudeste e Centro-Oeste), a intensidade de uso do ar condicionado é sazonal e maior no verão. Nas regiões Norte e Nordeste, não se percebe mudanças sazonais de uso, o que é esperado, tendo em vista as condições climáticas de temperaturas altas todo o ano.

Verifica-se um padrão de uso do ar condicionado no período noturno (entre as 18:00 e as 6:00h), resultando numa média diária que varia entre 7 e 8,33 horas.

² De acordo com o Plano Nacional de Adaptação, publicado pelo Ministério do Meio Ambiente em 2016, estima-se um aumento médio da temperatura no Brasil entre 2°C e 8°C, trazendo como efeitos, verões mais quentes no Sudeste e Centro-Oeste, com ocorrência de chuvas torrenciais e períodos secos mais prolongados. As regiões Nordeste e Norte tenderão a experimentar dias mais quentes e períodos mais secos. Já a região Sul terá maiores períodos úmidos (MMA, 2016).

3.3 Contexto Internacional

No mercado internacional, o nível mínimo de eficiência energética é conhecido como MEPS (Minimum Energy Performance Standards). Alguns países já possuem valores de MEPS maiores que os valores praticados no Brasil. A seguir é apresentado o gráfico 12 que compara os MEPS de diferentes países, no gráfico foram inseridos os índices mínimos de eficiência energética do Brasil definidos em reunião do CGIEE.

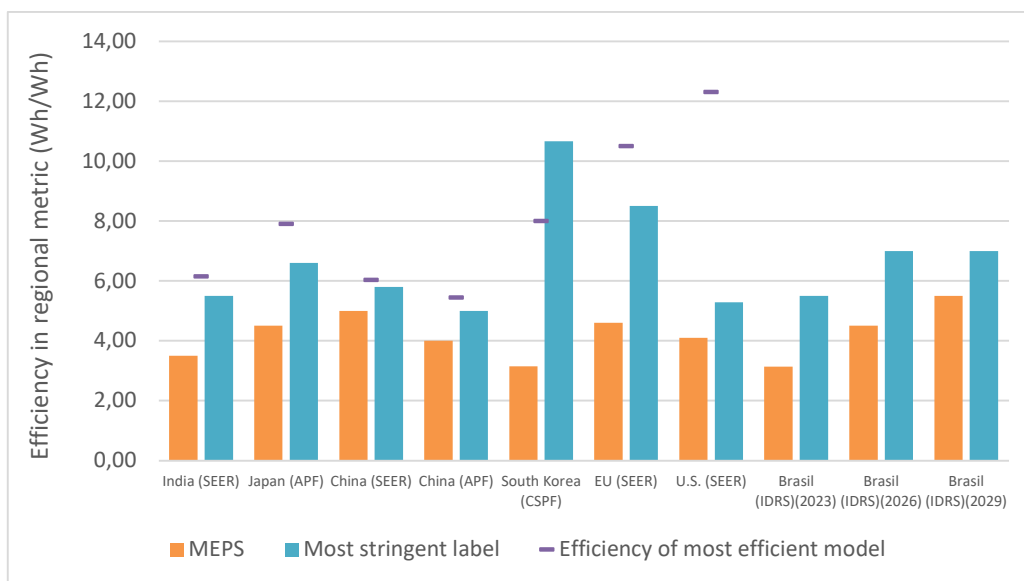


Gráfico 12 – Comparativo entre os MEPS e as faixas mais altas de EE em diversos países

Fonte: baseado em Park et al. (2020) - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082619313560>

Os avanços verificados em outros grandes mercados de condicionadores de ar foram de duas ordens. A primeira é a progressiva adoção de métricas sazonais para o cálculo da eficiência energética, muitas das quais baseadas na ISO 16358. Dentre os países que já adotam métricas sazonais, destaca-se a China, a Índia e a Coreia do Sul, além dos EUA, Japão e União Europeia (Shah et al., 2021).

Além das metodologias de cálculo da eficiência energética, todo o grupo dos maiores consumidores de AC do mundo conduziram atualizações de seus MEPS, estabelecendo níveis mais restritivos. Fala-se, em ordem decrescente de tamanho de mercado, de China, EUA, Europa, Japão, Índia e Coreia do Sul (IEA, 2021).

Uma base adequada de comparação do atual MEPS adotado no Brasil com o dos países mencionados pode ser acessada em recente estudo publicado por Park et al.

(2020). Este estudo considerou as diferenças dos métodos de cálculo das eficiências de cada um desses países e desenvolveu uma metodologia que permite colocá-los numa mesma base de comparação, usando a ISO 16358 como referência. Como o Brasil não foi avaliado no estudo, buscou-se, com o apoio da Universidade Federal do ABC, replicar a metodologia, por meio de um cálculo de regressão, de modo a permitir uma avaliação do Brasil à luz dos MEPS adotados pelos demais países considerados, conforme apresentado na Tabela 3:

Tabela 3 - Padrões mínimos de eficiência energética dos seis maiores mercados de AC do mundo - valores regulamentares e comparativos.

PAÍS	MEPS específico ¹	MEPS regredido a ISO 16358 (CSPF)
Brasil	3,02	3,08
China (só resfriamento)	5,00	6,09
Coreia do Sul (só resfriamento)	3,15	3,44
EUA	4,10	4,01
União Europa	4,60	4,48
Índia	3,50	3,79
Japão	4,50	4,68

Fonte: baseado em Park et al. (2020) - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082619313560>

[1] Trata-se dos MEPS tais quais previstos nas normas de cada país. São elas: Brasil - Portaria Interministerial 02/2018; China - CG 12021.3-2010, GB 21455-2013, GB/T 7725-2004 e GB/T 17758-2010; Coreia do Sul - MOTIE Notification No. 2018-99 e KS C 9306:2017; EUA - 82 FR 1786, 10 CFR Part 430, 10 CFR part 430 Subpart B, Appendix M; União Europeia - (EU) No 626/2011, (EU) No 206/2012 e EN 14825:2016; Japão - Top Runner Program JIS C 9612-2013; Índia - Schedule - 19 Variable Capacity Air Conditioners e ISO 16358-1-2013.

Um outro movimento que se vê em outros mercados é a progressiva transição para fluidos refrigerantes de baixo potencial de aquecimento global (GWP). Essa tendência vai ao encontro da Emenda de Kigali, tratado vinculado ao Protocolo de Montreal e que estabelece um cronograma de redução do consumo dos hidrofluorcarbonos (HFCs). Segundo relatório do Painel de Avaliação Técnica e Econômica do Protocolo de Montreal (TEAP - do inglês *Technical and Economic Assessment Panel*), a adoção de fluidos de menor GWP, em especial o HFC-32, já

predomina nos mercados japonês e europeu, e tem crescido em toda a Ásia e EUA, como o mostra a Figura 2 ([TEAP, 2019](#)).

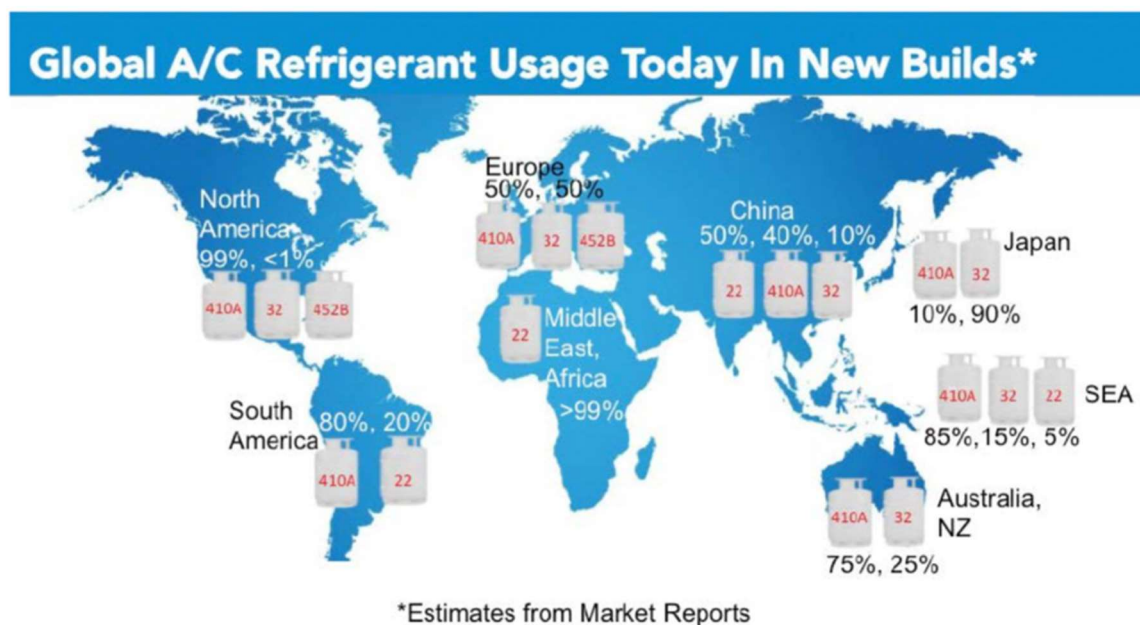


Figura 2 - Situação da adoção de fluidos refrigerantes de baixo GWP no mundo

Fonte: <https://ozone.unep.org/system/files/documents/TEAP-TF-DecXXX-5-EE-september2019.pdf> - TEAP, 2019, p.24.

Com a recente ratificação da Emenda de Kigali pela China, o maior fabricante global de componentes e condicionadores de ar, e o compromisso assumido pelo governo Biden dos EUA em priorizar a implementação desse tratado, espera-se uma rápida transformação do mercado global de condicionadores de ar, com acelerada adoção de opções de baixo GWP alinhadas ao aumento da eficiência energética dos equipamentos. Isso porque a própria Emenda de Kigali inclui a eficiência energética como mecanismo de redução do consumo dos HFCs ([TEAP, 2021](#)).

3.4 Contexto socioeconômico

As tarifas de energia elétrica apresentam histórico e tendência de crescimento, impactando mais as populações das classes mais baixas, conforme as informações apresentadas no Gráfico 13.

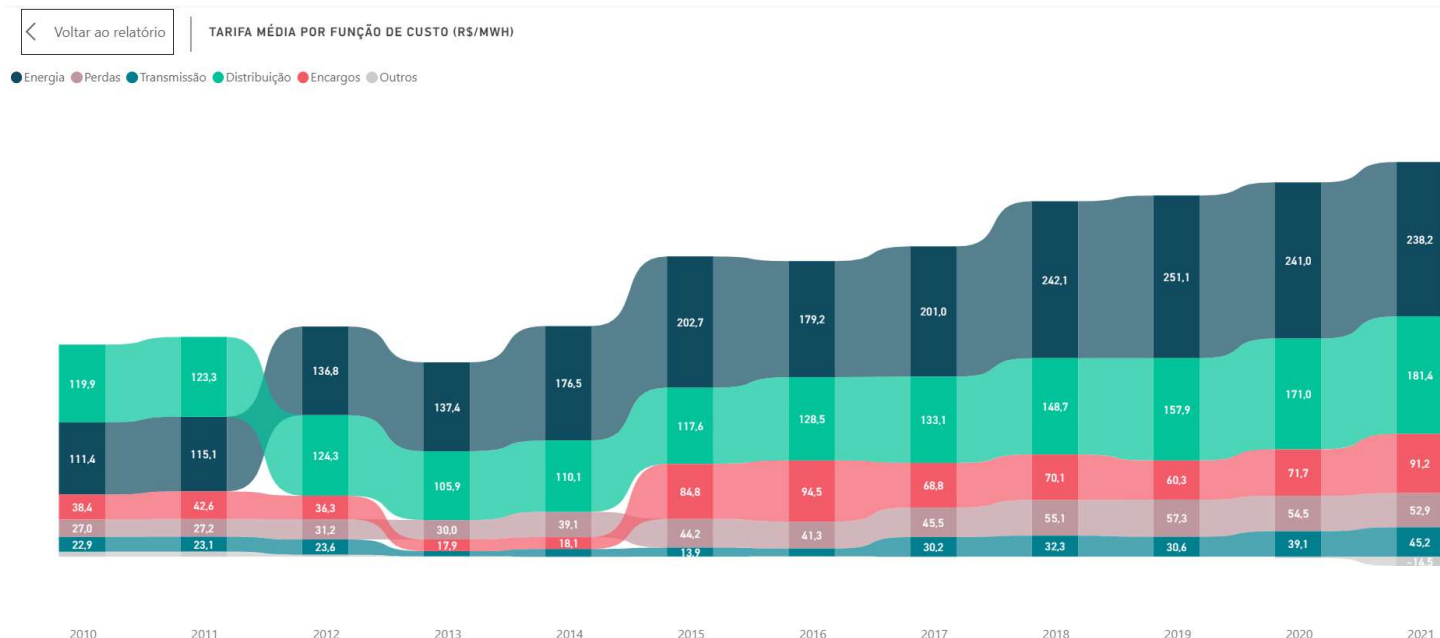


Gráfico 13 – Evolução da tarifa média do consumidor residencial por tipo de custo – 2010 a 2020.

Fonte: ANEEL, 2020 (<https://www.aneel.gov.br/relatorio-evolucao-tarifas-residenciais>)

Por outro lado, há uma tendência de aumento das temperaturas, particularmente no verão, que colocam o condicionador de ar como item de necessidade para o conforto térmico, fazendo com que o seu uso se expanda no país. Pela Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial – PPH, realizada em 2019 pelo PROCEL podemos observar um comparativo entre as regiões do Brasil sobre a utilização do ar condicionado (AC), conforme o gráfico 14.

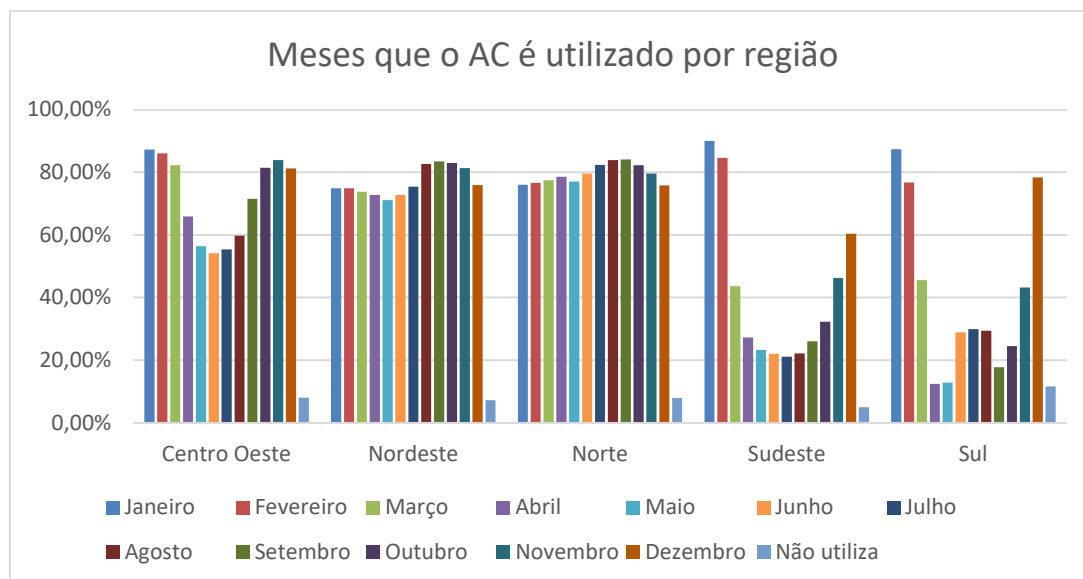


Gráfico 14 – Meses em que o ar condicionado é utilizado nas regiões – PPH 2019.

Fonte: <https://www.eletrobras.com/pphweb>

O aumento do uso do ar condicionado traz impactos nas contas de eletricidade para as famílias brasileiras, particularmente, no período de verão, forçando ainda mais o impacto da tarifa de eletricidade sobre os orçamentos domésticos.

3.5 Contexto ambiental

Além de contribuir para os picos de carga com impactos no sistema elétrico, o aumento da demanda de climatização também provoca aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) – indiretamente, pelo tipo de geração da energia elétrica demandada, principalmente nos picos de carga; e diretamente, pelo consumo de fluidos refrigerantes de alto potencial de efeito estufa (GWP).

Os principais fluidos usados no mundo são o R-22, um hidroclorofluorcarbono (HCFC), e o R-410A, um hidrofluorcarbono (HFC). O R-22 é uma substância que agride a camada de ozônio e tem um GWP de 1760, e o R-410A, apesar de não danificar a camada de ozônio, tem um GWP de 1900 ([GHG Protocol, sem data](#)).

Em termos globais, num cenário sem políticas de eficiência energética, as emissões de GEE estimadas para o período de 2020 a 2050 relacionadas ao consumo de eletricidade por ar condicionado e refrigeração associadas são da ordem de 230 a

430 GtCO₂e. Adiciona-se a esse montante, uma estimativa de 78 a 90 GtCO₂e associadas ao consumo de HFCs (Dreyfus et al., 2020).

Como uma forma de contribuir para reverter esses cenários, o regime internacional de proteção da camada de ozônio, estabelecido pelo Protocolo de Montreal, adotou, em 2016, a Emenda de Kigali. Como já mencionado no item 3.2, a Emenda é um tratado que estabelece metas progressivas de redução ao consumo dos HFCs. O Brasil, por ser um país em desenvolvimento, enquadra-se no grupo de países que devem reduzir 80% até 2045, em etapas progressivas que se iniciam com o congelamento das emissões em 2024.

A Emenda de Kigali prevê a eficiência energética como uma das medidas que podem ser adotadas para auxiliar os países na redução do consumo dos HFCs, tornando-se, portanto, uma aliada da inovação do setor de ar condicionado e refrigeração. Além disso, segundo estimativas de Dreyfus et al. (2020), a redução dos HFCs nos termos da Emenda de Kigali no mundo pode promover uma redução de 2,8 a 4,1 GtCO₂e até 2050.

Em vigor desde janeiro de 2019, a Emenda de Kigali já foi ratificada por 122 países (até o final de julho de 2021), dentre os quais os principais mercados consumidores e aqueles que lideram a fabricação de componentes e equipamentos. Dentre eles, destaca-se a China, Japão, os países europeus, e também a maior parte dos países latino-americanos, como México, Argentina, Chile, Uruguai, etc ([Ozone Secretariat, 2021](#)). Nos EUA, o Presidente Biden incluiu no Plano de Ação Climática a implementação da Emenda de Kigali como uma das estratégias de mitigação das emissões de GEE ([WhiteHouse, 2021](#)).

No Brasil, a Emenda de Kigali foi encaminhada ao Congresso Nacional para ratificação pelo então presidente Michel Temer, em junho de 2018. Já foi aprovada pelas Comissões da Câmara de Deputados, e, desde outubro de 2019, aguarda ser deliberada em Plenária desta Casa legislativa para então ser encaminhada ao Senado.

Em levantamento feito pelo Projeto Kigali (2021), identificou-se que a demora na ratificação da Emenda de Kigali pelo Brasil revela-se um dos vetores por trás da tardia adoção, no mercado doméstico, de tecnologias com fluidos refrigerantes de baixo GWP.

3.6 Contexto regulatório

O INMETRO editou a Portaria 269/2021, que atualizou a metodologia adotada para o cálculo de eficiência energética, adotando o índice de desempenho de resfriamento sazonal - IDRS, ou seja, a métrica sazonal baseada na ISO 16358-1. A partir de 2023, todos os equipamentos deverão ser testados com esta metodologia. Porém, os atuais índices mínimos de eficiência energética - MEPS ainda adotam a metodologia antiga, baseada em uma versão mais antiga da norma ISO. Caso o CGIEE não modifique a metodologia de cálculo da eficiência, prevê-se dois tipos de impactos negativos:

- Aumento dos custos para os fabricantes, que serão obrigados a testar os equipamentos em duas metodologias distintas. Isso significa o repasse desses custos para os consumidores;
- Problemas na informação ao consumidor, que terá duas informações distintas baseadas em métodos diferentes – uma, sobre os níveis de etiquetagem baseados na nova norma, e outra sobre o padrão mínimo, baseada na norma antiga.

A lógica regulatória por detrás da política dos índices mínimos de eficiência energética - MEPS exige uma atualização periódica dos mesmos, para que estes estejam alinhados ao desenvolvimento tecnológico do setor e às demandas de contínuo aprimoramento da eficiência energética. Por isso, as normativas sobre os MEPS exigem a atualização periódica dos MEPS. A Portaria Interministerial 02/2018 previa, no artigo 9º do Anexo, uma revisão a cada 4 anos dos índices mínimos para eficiência energética. Todavia, percebe-se que a evolução tecnológica e de penetração no mercado de alguns equipamentos ensejam períodos de revisão diferentes, a fim de acompanhar as mudanças.

O processo de desenvolvimento da última atualização dos MEPS foi iniciado em 2017, resultando na Portaria Interministerial 02/2018. Os MEPS ali estabelecidos entraram em vigor em junho de 2019. Ou seja, 2021 completará 4 anos desde a última revisão, exigindo que se inicie novo processo de atualização dos MEPS ainda em 2021. Para a revisão em análise neste estudo, prevê-se uma revisão a cada três anos, nos próximos 9 anos, tendo em vista os avanços que têm sido constatados no

desenvolvimento tecnológico dos condicionadores de ar, bem como as perspectivas de penetração desses equipamentos nos setores residencial e comercial no próximo decênio.

4 Extensão do problema

A extensão do problema é nacional, pois, conforme alguns especialistas da área informam, a tendência é de que a posse do ar condicionado aumente a cada ano devido ao aumento das temperaturas globais.

Espera-se que os maiores impactos sejam sentidos em mercados regionais, com a Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial – PPH, realizada em 2019 pelo PROCEL, podemos verificar informações importantes como a região com a maior posse de condicionadores de ar e a região com o maior número de condicionadores antigos.

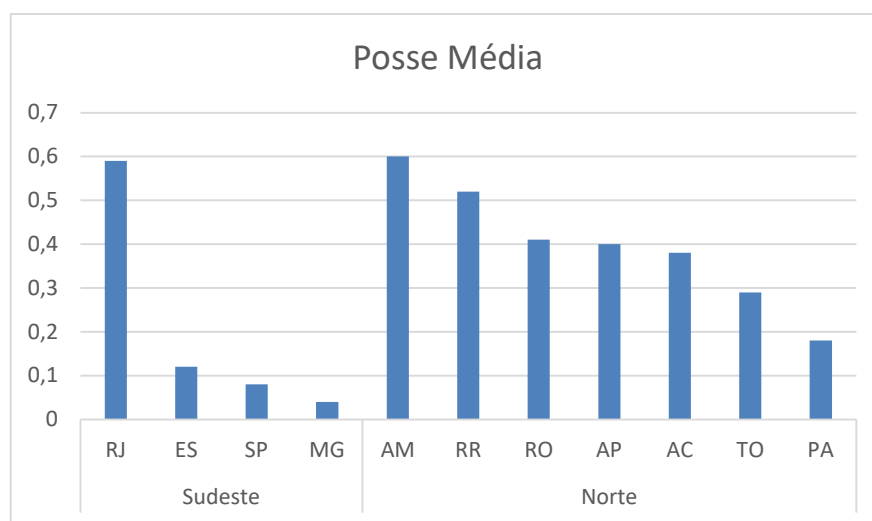


Gráfico 6 – Posse Média da região Sudeste e da região Norte – PPH 2019.

Fonte: <https://www.eletrobras.com/pphweb>



Gráfico 6 – Tempo que possui o aparelho na região Sul – PPH 2019.

Fonte: <https://www.eletrobras.com/pphweb>

Com a retirada esperada de equipamentos menos eficientes, a reposição do estoque em algumas regiões trará ainda mais benefícios da perspectiva da eficiência energética. A esse respeito, cabe mencionar: primeiro, que a região Norte é onde o sistema elétrico apresenta os maiores custos e também onde há o maior acionamento de térmicas fósseis.

5 Identificação dos grupos afetados pelo problema regulatório

1. Fabricantes de condicionadores de ar e/ou de seus componentes:
 - a. Afetados diretamente.
 - b. Compostos majoritariamente por empresas globais, havendo poucos fabricantes nacionais.
 - c. Manutenção da situação atual afeta diferentemente os fabricantes:
 - i. Empresas globais tendem a perceber como negativa a manutenção dos índices mínimos de eficiência energética vigentes, porque os custos de fabricação de produtos obsoletos para atender apenas o mercado brasileiro não se sustentam no médio e longo prazo;
 - ii. Produtos mais eficientes tendem a ter preço maior, competindo, em desigualdade de condições, com produtos menos eficientes. A edição da Portaria INMETRO 269/2021 reduz esse risco, já que os produtos mais eficientes passarão a ser mais bem sinalizados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE;

- iii. Algumas empresas necessitarão fazer investimentos em adaptação de projeto de produtos e processos produtivos para atender a índices mínimos de eficiência energética mais exigentes, o que implica impacto em seu fluxo de caixa no curto prazo. Por isso, há a necessidade de se definir prazos para adaptação dos processos produtivos locais, garantindo baixo impacto no preço final ao consumidor.
2. Gestores e usuários do sistema elétrico brasileiro
- a. Gestores do sistema elétrico: o Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, geradores, transmissores e distribuidores de energia elétrica.
 - i. Impacto direto
 - ii. Precisam realizar ajustes na operação do sistema para atendimento do aumento do pico de carga.
 - b. Usuários: todos os consumidores do sistema elétrico nacional (cativos e livres)
 - i. Impacto direto
 - ii. Os consumidores tendem a pagar tarifas mais altas em função da necessidade de maiores investimentos para adaptação do sistema elétrico à maior demanda, bem como da necessidade de suprimento de carga no pico.
3. Consumidores de condicionadores de ar
- a. Impacto direto
 - b. Usuários de ar condicionado tendem a ter um alto consumo de energia elétrica, sendo impactados por contas de energia mais caras, em particular no verão. Esse fato é agravado caso os equipamentos sejam pouco eficientes.
4. Comunidade brasileira e internacional
- a. Impacto indireto.
 - b. As sociedades em geral tendem a sofrer os impactos do agravamento do aquecimento global, arcando com custos associados à maior ocorrência de eventos climáticos extremos. No Brasil, prevê-se, por exemplo, maior ocorrência de ondas de calor e chuvas torrenciais, com alagamentos e inundações, nas cidades do Sudeste; desertificação e impacto na agricultura e disponibilidade hídrica no NE; problemas com disponibilidade hídrica e riscos à agricultura em grande parte do CO, SE e S;

6 Identificação da base legal

- a. Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia – Lei 10.295/2001

- b. Decreto 9.864/2019
- c. Portaria Interministerial MME/MDIC/MCTIC 02/2018
- d. Portaria INMETRO 269/2021
- e. Política Nacional de Mudança do Clima – Lei 12.187/2009
- f. Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil ao Acordo de Paris da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC).

7 Definição dos objetivos

Atualização dos índices mínimos de eficiência energética de condicionadores de ar, tendo em vista o aperfeiçoamento regulatório realizado pelo Inmetro ao Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) para estes equipamentos, por meio da Portaria Inmetro 269/2021, que definiu uma nova classificação de eficiência energética e estabeleceu como nova metodologia de ensaio de desempenho, aquela baseada na norma ISO 16358-1.

8 Propostas dos índices mínimos de eficiência energética

Buscou-se identificar algumas sugestões para os índices mínimos de eficiência energética de acordo com cada tipo de equipamento. Durante a 39ª Reunião do CGIEE, realizada em 26 de maio de 2021, foram apresentadas algumas propostas de índices mínimos de eficiência energética. Após algumas interações entre os membros do comitê foram definidos, para fins de análise de impacto regulatório, os índices mínimos de eficiência energética para cada tipo de equipamento e o ano da entrada em vigor, conforme Tabela 4.

Ano	2023	2026	2029
Janela	3,00	3,50	4,00
Split	3,14	4,50	5,50

Tabela 4 – Índices mínimos de eficiência energética propostos pelo CGIEE

Justifica-se a escolha dos índices para o condicionador de ar tipo Janela pela baixa penetração no mercado deste tipo de condicionador de ar nas capacidades de refrigeração acima de 14.000 Btu/h, conforme a informação obtida pelo cruzamento de

dados da PPH Web apresentado no gráfico 7. E também pela possibilidade de substituição desses equipamentos por modelos do tipo *Split* que apresentam uma eficiência energética maior.

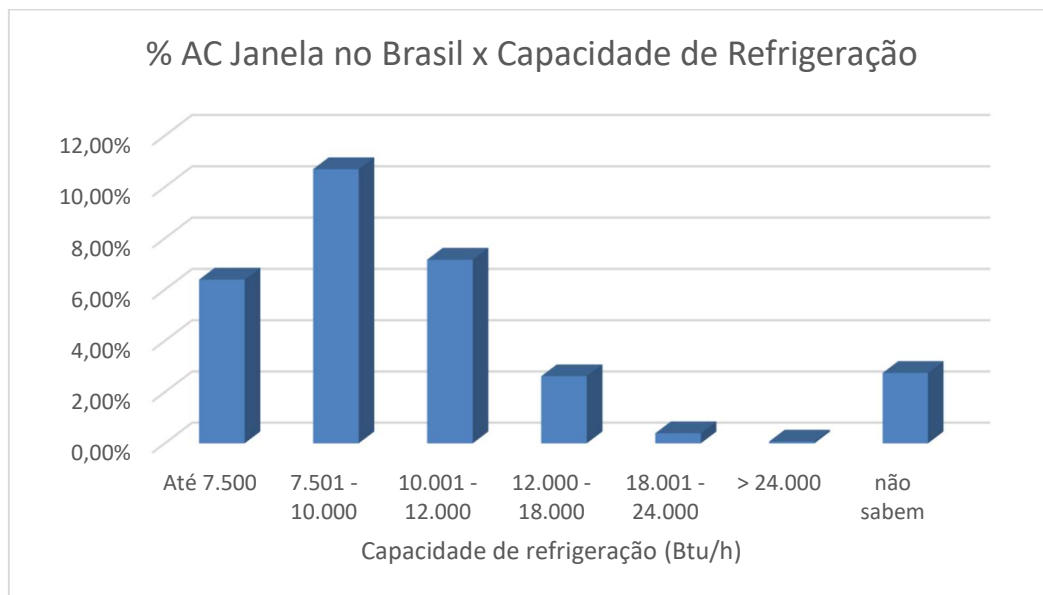


Gráfico 7 – Percentual de condicionador de ar tipo x Capacidade de refrigeração – Brasil – PPH 2019.

Fonte: <https://www.eletrobras.com/pphweb>

Tipo de AC	%	Abs
Janela	30,08%	1219
Portatil	2,96%	120
Split Comum	58,33%	2364
Split Inverter	8,09%	328
Outro	0,54%	22

Tabela 5 – Percentual do tipo de aparelho – Brasil – PPH 2019

Fonte: <https://www.eletrobras.com/pphweb>

A partir da proposta de índices apresentada foi realizada uma análise dos impactos que considerou os alguns impactos como o impacto energético, ambiental e econômico.

9 Análise dos Impactos da Proposta Regulatória

Nesta seção, procedemos à avaliação do impacto da proposta de novos níveis mínimos de eficiência energética elaborada pelo Procel ao CGIEE. O apoio técnico do Procel ao CGIEE é definido pelo Decreto 9.864/2019, e o Procel estabeleceu convênio com a UFABC para o desenvolvimento de metodologia e de uma ferramenta (PAIREE) que permitisse a análise dos impactos regulatórios das propostas de novos índices mínimos de eficiência energética.

Nas próximas seções será analisado o impacto sobre o setor produtivo, buscando prever os possíveis desdobramentos desse impacto em termos econômicos, sociais e ambientais e em seguida uma análise estimando o percentual de equipamentos atingidos com a proposta dos novos índices mínimos de eficiência energética. A segunda parte, fará uma análise de possíveis ganhos de eficiência energética, considerando a implementação dos índices em 2023 (planejamento do CGIEE) e a economia de energia elétrica resultante até 2040. Esta análise está sendo realizada com base em dados e cálculos de eficiência energética conforme a descrição apresentada no Anexo 1.

10 Análise dos Impactos

10.1 Impacto Energético

A análise de impacto regulatório foi realizada com a aplicação de ferramenta desenvolvida pela Universidade Federal do ABC com apoio da FAPESP. A ferramenta denominada Planilha de Análise de Impactos Regulatórios - Eficiência Energética (PAIREE) possibilitou a simulação de cenários de consumo de energia de condicionadores de ar em função da adoção de índices mínimos de eficiência energética frente a premissas que envolvem perspectivas futuras do mercado no país. A metodologia aplicada pela ferramenta é descrita no Anexo 1. Além da contabilização de impactos potenciais em termos de conservação de energia e respectivos potenciais de redução de emissões de gases de efeito estufa, a ferramenta também foi construída para avaliar os impactos econômicos dos índices sob a perspectiva da sociedade e dos consumidores. Também merece destaque que a ferramenta realiza análise de forma desagregada para cada um dos estados da federação. No entanto, os resultados aqui apresentados são referentes ao Brasil.

Diversos cenários foram simulados, os quais incluíram cenários baseados em índices adotados em outros países. Essas simulações permitiram uma avaliação comparativa internacional dos índices brasileiros em relação aos que foram implementados em outros países. A avaliação também incluiu ponderações em função da perspectiva futura de participação de equipamentos eficientes, com classificação A, do Programa Brasileiro de Etiquetagem. Para a análise comparativa foram utilizados dados e informações da literatura, especificamente com contribuição relevante de um artigo do Lawrence Berkeley National Laboratory³, o qual apresenta metodologia para estimar em mesma base de comparação os índices mínimos adotados em diversos países. O artigo propõe relações de conversão inter-regionais para as diferentes métricas de avaliação de performance sazonal para medição de consumo de aparelhos de ar condicionado tipo *split* adotadas na China, União Europeia, EUA, Índia, Japão e

³ Park, W.Y., Shah, N., Choi, J.Y., Kang, H.J., Kim, D.H., Phadke, A., 2020. Lost in translation: Overcoming divergent seasonal performance metrics to strengthen air conditioner energy-efficiency policies. *Energy Sustain. Dev.* 55, 56–68. <https://doi.org/10.1016/J.ESD.2020.01.003>

Coréia do Sul. Isso permite a uniformização das métricas para efeitos de avaliação comparativa. Essa uniformização foi realizada com base em uma amostra maior que 6000 aparelhos de ar condicionado onde foram aplicados métodos de regressão estatística que consideraram especificidades regionais de temperatura de medição e fator de capacidade. Deve ser destacado que os cenários com índices mínimos baseados em referências internacionais foram elucidativos para a proposição de índices mínimos adotados pelo CGIEE e simulados no presente AIR, para os quais os resultados são apresentados a seguir.

Informações sobre os dados de entrada da ferramenta

Os dados de entrada na ferramenta PAIR/UFABC utilizadas nas simulações apresentadas neste documento foram os seguintes:

- Temperatura de referência para operação dos condicionadores de ar: 22°C
- Horas de operação (h/dia): 8
- Vida útil (anos): 12
- Desvio na função de sucateamento logístico: 1
- Degradação da eficiência (anos): 0 (0-5 anos); 1,15 (6-10 anos); 1,35 (11-15 anos); 1,62 (>15 anos)

Para cada estado da federação foram considerados dados climáticos específicos coletados a partir do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados utilizados foram o número de dias no ano com temperaturas maior ou igual a 25 C° e temperatura média compensada - Bulbo Seco (°C).

As simulações consideraram as desagregações de condicionadores de ar conforme as tabelas do INMETRO. Logo, foram construídos cenários para equipamentos tipo *Split* e tipo janela, sendo esses últimos desagregados por faixas de potência. As premissas adotadas nos cenários são descritas a seguir.

10.1.1 Cenário para Condicionador de Ar tipo Janela

Os cenários simulados para o caso dos condicionadores de ar tipo janela foram:

1) Cenário base:

Nesse cenário a premissa é de continuidade ao longo do período de projeções (2019-2040) da adoção dos índices atuais. Para cada faixa de potência dos aparelhos tipo janela foram utilizados modelos equivalentes que representam a faixa. O consumo desses aparelhos representativos foi calculado com base em premissas de participação no mercado dos equipamentos conforme a classificação das etiquetas. A Tabela 6 mostra as premissas adotadas. Deve ser destacado a indisponibilidade de dados referente as vendas de equipamentos conforme a classificação do PBE.

Premissas de participação no mercado para o estoque	
Classificação A	70%
Classificação B	15%
Classificação C	10%
Classificação D	5%

Tabela 6 – Premissas sugeridas para o condicionador de ar tipo Janela

2) Cenário proposto

Para o cenário alternativo foram adotadas premissas relacionadas a adoção de novos índices mínimos, a partir de 2023, com mudanças ao longo do período de projeções nos anos de 2026 e 2029. As premissas de novos índices foram indicadas a partir de discussão realizada pelo CGIEE.

A Tabela 7 mostra os índices para as respectivas datas de entrada em vigor das propostas. Essa é a forma de inserir os dados na ferramenta de simulação. Destaca-se que a saturação dos aparelhos tipo janela foi considerada sem crescimento ao longo do período de projeções. A saturação é definida como o número total de aparelhos dividido pelo número de unidades domiciliares. Esse conceito difere-se da posse de equipamentos que é definida como a porcentagem de domicílios que possuem ao menos um equipamento.

Ano	<9000	9.001-13.999	14.000-19.999	>20.000
2040	4	4	4	4
2039	4	4	4	4
2038	4	4	4	4
2037	4	4	4	4
2036	4	4	4	4
2035	4	4	4	4
2034	4	4	4	4
2033	4	4	4	4
2032	4	4	4	4
2031	4	4	4	4
2030	4	4	4	4
2029	4	4	4	4
2028	3,5	3,5	3,5	3,5
2027	35	35	35	35
2026	3,5	3,5	3,5	3,5
2025	3	3	3	3
2024	3	3	3	3
2023	3	3	3	3
2022	2,887	2,987	2,804	2,7345
2021	2,887	2,987	2,804	2,7345
2020	2,887	2,987	2,804	2,7345
2019	2,887	2,987	2,804	2,7345

Tabela 7 – Premissas sugeridas para o condicionador de ar tipo Janela

A Tabela 8 mostra os resultados da simulação para os condicionadores de ar tipo janela, nela pode se observar a economia gerada por ano com a implantação da proposta e no final da tabela é apresentada a economia total da proposta.

Janela	Caso Base	Caso Proposto	Economia
Total Brasil	GWh/ano	GWh/ano	GWh/ano
2040	10.876,89	7.850,73	3.026,16
2039	10.893,62	7.737,91	3.155,71
2038	10.846,42	7.523,73	3.322,68
2037	10.754,02	7.343,66	3.410,36
2036	10.615,78	7.383,84	3.231,94
2035	10.425,74	7.322,30	3.103,44
2034	10.185,06	7.229,22	2.955,84
2033	9.938,94	7.140,42	2.798,52
2032	9.738,33	7.088,74	2.649,59
2031	9.650,95	7.309,08	2.341,87
2030	9.727,86	7.673,37	2.054,49
2029	9.860,32	8.179,70	1.680,62
2028	9.891,98	8.602,16	1.289,82
2027	9.775,76	8.702,70	1.073,06
2026	9.540,28	9.369,00	171,28
2025	9.352,24	9.306,94	45,31
2024	9.136,70	9.110,17	26,54
2023	8.818,34	8.806,20	12,14
2022	8.463,14	8.463,14	-
2021	8.064,55	8.064,55	-
2020	7.781,35	7.781,35	-
2019	7.532,61	7.532,61	-
Total			36.349,37

Tabela 8 – Resultado da simulação para os condicionadores de ar tipo janela

10.1.2 Cenários para Condicionador de Ar tipo *Split*

No caso dos aparelhos tipo *split* os cenários foram construídos com base em perspectivas futuras de participação no mercado de aparelhos mais eficientes, com classificação A do PBE e, por outro lado, aparelhos menos eficientes, os quais devem operar com o índice de mínimo de consumo. A Tabela 9 mostra os índices do cenário base, os índices dos cenários propostos e os valores da faixa A de eficiência energética definidos na portaria do Inmetro 269/2021. Na tabela é realizada a ponderação dos índices de eficiência energética em 90%-10% e 50%-50%. Essas porcentagens se referem a expectativa de participação futura das vendas de equipamentos novos. Assim, entende-se que na proposta 90%-10%, 90% dos equipamentos comercializados são equipamentos com classificação A de eficiência energética e 10% com índice mínimo de eficiência energética. Na proposta 50%-50%, 50% dos equipamentos permanecem na faixa A de eficiência energética e 50% permanecem no índice mínimo de eficiência energética. Deve ser destacado que as premissas adotadas para os índices mínimos são premissas que foram baseados nos cenários das simulações.

	MEPS	A	90%-10%	50%-50%
Cenário Base	3,14	3,23	3,221	
Cenário CGIEE 2023	3,14	5,50	5,264	4,320
Cenário CGIEE 2026	4,50	7,00	6,750	5,750
Cenário CGIEE 2029	5,50	7,00	6,850	6,250

Tabela 9 – Cenários definidos para a simulação

Na Tabela 10 são apresentados os índices já ponderados para as respectivas datas de entrada em vigor. Essa é a forma de inserir os dados na ferramenta de simulação.

Ano	Base	Caso Proposto 50% -50%	Caso Proposto 90% -10%
2040	4,375	6,25	6,85
2039	4,375	6,25	6,85
2038	4,375	6,25	6,85
2037	4,375	6,25	6,85
2036	4,375	6,25	6,85
2035	4,375	6,25	6,85
2034	4,375	6,25	6,85
2033	4,375	6,25	6,85
2032	4,375	6,25	6,85
2031	4,375	6,25	6,85
2030	4,375	6,25	6,85
2029	4,375	6,25	6,85
2028	4,375	5,75	6,75
2027	4,375	5,75	6,75
2026	4,375	5,75	6,75
2025	3,730	4,32	5,264
2024	3,730	4,32	5,264
2023	3,730	4,32	5,264
2022	3,221	3,221	3,221
2021	3,221	3,221	3,221
2020	3,221	3,221	3,221
2019	3,221	3,221	3,221

Tabela 10 – Inserção de dados na ferramenta-split

Na Tabela 11 é apresentado o resultado da simulação para os condicionadores de ar tipo *split*. Pode-se observar a economia gerada por ano com a implantação das propostas 50%-50% e 90%-10%, bem como a economia total para as duas propostas.

Split	Caso Base	Caso Proposto 50%-50%	Caso Proposto 90%-10%	Economia 50%-50%	Economia 90%-10%
Total Brasil	GWh/ano	GWh/ano	GWh/ano	GWh/ano	GWh/ano
2040	21.648,60	15.218,53	13.836,73	6.430,07	7.811,87
2039	21.374,22	15.119,28	13.676,57	6.254,95	7.697,65
2038	21.024,49	14.998,38	13.477,94	6.026,11	7.546,55
2037	20.659,85	14.873,84	13.285,20	5.786,00	7.374,65
2036	20.293,38	14.781,27	13.116,48	5.512,10	7.176,90
2035	19.899,89	14.694,36	12.965,02	5.205,53	6.934,87
2034	19.440,03	14.568,90	12.829,13	4.871,13	6.610,90
2033	19.023,55	14.520,35	12.818,89	4.503,20	6.204,66
2032	18.746,98	14.624,38	13.014,36	4.122,60	5.732,62
2031	18.773,25	15.093,21	13.580,68	3.680,05	5.192,58
2030	19.290,28	16.187,54	14.801,98	3.102,74	4.488,30
2029	20.054,31	17.671,19	16.453,55	2.383,11	3.600,75
2028	20.672,10	19.026,20	17.976,51	1.645,91	2.695,59
2027	20.892,87	19.771,39	18.979,76	1.121,48	1.913,11
2026	20.712,05	20.001,26	19.403,19	710,79	1.308,86
2025	20.498,50	20.101,38	19.651,15	397,12	847,35
2024	19.952,97	19.714,94	19.445,07	238,03	507,89
2023	19.197,17	19.086,65	18.961,35	110,52	235,83
2022	18.355,70	18.355,70	18.355,70	-	-
2021	17.306,43	17.306,43	17.306,43	-	-
2020	16.509,83	16.509,83	16.509,83	-	-
2019	15.785,45	15.785,45	15.785,45	-	-
			Economia Total (GWh)	62.101,45	83.880,92

Tabela 11 – Resultado da simulação para condicionadores de ar tipo split

10.2 Análise estimada sobre os equipamentos atingidos

Devido à dificuldade de obtenção de informações para avaliar os modelos atingidos pela proposta dos índices mínimos de eficiência energética escolhidos pelo CGIEE, utilizou-se como base desta análise as informações disponíveis até o momento da elaboração deste documento, a tabela de eficiência energética presente no *site* do Inmetro, ensaios realizados durante a força tarefa do Inmetro fornecidos em dezembro de 2019 e estudos obtidos para a montagem deste documento. Assim é apresentada uma estimativa do percentual de equipamentos que poderão ser retirados do mercado associado aos índices mínimos de eficiência energética propostos neste documento:

	IDRS	Percentual de modelos	
		Rotação Fixa	Rotação Variável
Janela	3,00	53%	0%
Split	3,14	5%	0%

Tabela 12 – Estimativa do percentual de modelos retirados do mercado versus os índices propostos

	IDRS	Percentual de modelos	
		Rotação Fixa	Rotação Variável
Janela	3,50	100%	50%
Split	4,50	100%	10%

Tabela 13 – Estimativa do percentual de modelos retirados do mercado versus os índices propostos

	IDRS	Percentual de modelos	
		Rotação Fixa	Rotação Variável
Janela	4,00	100%	100%
Split	5,50	100%	30%

Tabela 14 – Estimativa do percentual de modelos retirados do mercado versus os índices propostos

Observa-se que a implantação dos índices mínimos de eficiência energética sugeridos para os condicionadores de ar tipo Janela é bastante rigorosa para os modelos atuais presentes no mercado nacional. Caso não sejam desenvolvidos modelos que atendam aos índices propostos, essa categoria poderá ficar vazia.

10.3 Impacto Ambiental

É fato que Programas de Eficiência Energética possuem impacto positivo sobre o meio ambiente, ao reduzir a demanda por recursos naturais. Nessa direção, a elevação de padrões de eficiência aprimora os resultados em termos de impacto sobre o meio ambiente, permitindo um consumo mais sustentável, reduzindo a demanda relativa por energia elétrica.

A preocupação com os efeitos do aquecimento global e as consequentes mudanças climáticas constitui importante justificativa à implantação de programas que visam maior eficiência energética de produtos. Esta é a solução econômica, eficaz e rápida para minimizar impactos ambientais adversos, acarretados pelo consumo de energia elétrica, e reduzir emissões de dióxido de carbono (CO₂).

Como ilustração, pode-se calcular as emissões anuais de gás de efeito estufa, convertidos em CO₂ equivalente, considerando os cálculos, já levantados, de economia de energia elétrica (kWh), a partir da implementação dos índices mínimos para condicionadores de ar sugeridos neste documento. Para as simulações foram adotados fatores de emissão de CO₂ da geração de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional para o ano de 2019. Essas informações foram obtidas a partir do site do MCTI. Vale destacar que enquanto em 2006 esse fator médio para o ano foi de 0,308465 toneladas de CO₂/MWh, para o ano de 2019 esse fator foi de 0,5181 toneladas de CO₂/MWh. Esse valor foi mantido constante ao longo do período de projeções, com ano base em 2019 e horizonte de estudos em 2040.

A Tabela 15 mostra os resultados potenciais de redução de emissões de CO₂ referentes aos índices propostos pelo CGIEE para condicionadores de ar *split* e janela. Na perspectiva do cenário com maior penetração de aparelhos eficientes (90%-10%) o potencial total de redução de emissões no período avaliado é de aproximadamente 47,3 milhões de tCO_{2eq}.

Tabela 15 – Resultado do potencial total de TCO₂ evitado

	Cenários de emissões e reduções - TCO _{2eq} (Split + Janela)				
	Base	Proposto 50-50%	Redução 50-50%	Proposto 90-10%	Redução 90-10%
2040	19.463.434	13.804.774	5.658.660	12.977.896	6.485.537
2039	19.309.254	13.677.866	5.631.388	12.814.545	6.494.709
2038	19.071.727	13.477.358	5.594.369	12.567.519	6.504.209
2037	18.798.232	13.295.075	5.503.157	12.344.423	6.453.809
2036	18.496.208	13.263.726	5.232.482	12.267.504	6.228.704
2035	18.147.027	13.174.893	4.972.134	12.140.047	6.006.980
2034	17.727.817	13.044.114	4.683.703	12.003.029	5.724.788
2033	17.331.309	12.961.920	4.369.389	11.943.757	5.387.552
2032	17.045.768	12.993.251	4.052.517	12.029.805	5.015.963
2031	17.009.201	13.405.652	3.603.549	12.500.545	4.508.656
2030	17.364.614	14.278.498	3.086.116	13.449.372	3.915.241
2029	17.901.076	15.469.314	2.431.762	14.740.672	3.160.404
2028	18.289.716	16.532.962	1.756.754	15.904.824	2.384.891
2027	18.352.280	17.039.053	1.313.228	16.565.339	1.786.941
2026	18.103.163	17.575.328	527.835	17.217.438	885.724
2025	17.862.848	17.598.098	264.750	17.328.679	534.169
2024	17.407.418	17.249.100	158.318	17.087.612	319.805
2023	16.764.634	16.691.234	73.400	16.616.252	148.382
2022	16.048.538	16.048.538	-	16.048.538	-
2021	15.182.139	15.182.139	-	15.182.139	-
2020	14.535.978	14.535.978	-	14.535.978	-
2019	13.953.658	13.953.658	-	13.953.658	-
Total	384.166.038	325.252.527	58.913.511	312.219.571	71.946.467

10.4 Impactos Econômicos

Os impactos econômicos associados à captura de benefícios potenciais de conservação de energia resultantes da maior restrição de comercialização de aparelhos de ar condicionado menos eficientes são muito significativos e tendem a beneficiar a sociedade com um todo e, também, os consumidores de forma individual. A energia total conservada, ao longo do período de projeções, com a adoção dos índices mínimos propostos pelo CGIEE é da ordem de 119 TWh na perspectiva de um mercado futuro de vendas com participação de 90% de aparelhos com classificação A e 10% de aparelhos com classificação mínima. Em termos de valor presente líquido essa economia de energia representa a captura de R\$ 30 bilhões em benefícios para a sociedade. Considerou-se para essa análise uma taxa desconto de 8%⁴ e o valor da tarifa de energia elétrica de 0,56 R\$/kWh, valor considerado constante, de forma conservadora, ao longo do período de projeções. A Tabela 16 apresenta uma análise de sensibilidade do valor presente líquido associado aos benefícios de conservação de energia na geração em função de possíveis incrementos de custos dos aparelhos de ar condicionado e, também, em relação a variação da taxa de desconto. Os resultados mostram que os preços dos equipamentos mais eficientes podem aumentar mais de 200% sendo que os benefícios com a economia gerada ainda são maiores que os custos adicionais incorridos pelas compras de aparelhos mais eficientes. Nas condições mais favoráveis com taxas de desconto reduzidas e menores aumentos de preços dos aparelhos o benefício potencial alcança valores superiores a R\$ 50 bilhões.

Em relação a perspectiva individual dos consumidores os benefícios econômicos associados a conservação de energia devido a compra de aparelhos mais eficientes também são significativos. De fato, o maior investimento relacionado aos possíveis maiores custos das opções mais eficientes é pago com a redução da conta de energia ao longo da vida útil de operação dos aparelhos. A Tabela 17 mostra uma análise de sensibilidade em relação a perspectiva do consumidor. A avaliação econômica mostrou a existência benefícios líquidos diretos resultantes da economia de energia. Mesmo

⁴ O valor recomendado para Taxa Social de Desconto é de 8,5% real ao ano conforme indica a Nota Técnica SEI nº 19911/2020/ME.

considerando taxas de desconto superiores a 14% ao ano e incrementos percentuais de custos dos condicionadores de ar superiores a 50%, o investimento incremental resulta em valor presente líquido positivo devido a redução recorrentes dos gastos com energia. Destaca-se que em condições mais favoráveis, com menores taxas de desconto e menores incrementos de custo o VPL do fluxo de caixa associado a operação dos aparelhos de ar condicionado pode ser da ordem de R\$ 1000,00.

Tabela 16 – Impacto econômico da conservação de energia na geração considerando a configuração 90%-10% e incrementos percentuais de preços dos aparelhos de ar condicionado

		Diferença de preço (convencional x eficiente)										
	R\$34.897.136.353,65	25%	50%	75%	100%	125%	150%	175%	200%	225%	250%	
Taxa de desconto	2%	R\$ 65.224.448.948,55	R\$ 60.020.381.993,87	R\$ 54.816.315.039,20	R\$ 49.612.248.084,52	R\$ 44.408.181.129,85	R\$ 39.204.114.175,17	R\$ 34.000.047.220,50	R\$ 28.795.980.265,82	R\$ 23.591.913.311,15	R\$ 18.387.846.356,47	
	4%	R\$ 51.467.594.136,98	R\$ 47.113.300.872,49	R\$ 42.759.007.607,99	R\$ 38.404.714.343,50	R\$ 34.050.421.079,01	R\$ 29.696.127.814,52	R\$ 25.341.834.550,03	R\$ 20.987.541.285,53	R\$ 16.633.248.021,04	R\$ 12.278.954.756,55	
	6%	R\$ 41.014.752.108,02	R\$ 37.322.895.703,26	R\$ 33.631.039.298,51	R\$ 29.939.182.893,75	R\$ 26.247.326.488,99	R\$ 22.555.470.084,24	R\$ 18.863.613.679,48	R\$ 15.171.757.274,73	R\$ 11.479.900.869,97	R\$ 7.788.044.465,22	
	8%	R\$ 32.995.897.069,55	R\$ 29.827.164.929,37	R\$ 26.658.432.789,19	R\$ 23.489.700.649,02	R\$ 20.320.968.508,84	R\$ 17.152.236.368,66	R\$ 13.983.504.228,49	R\$ 10.814.772.088,31	R\$ 7.646.039.948,13	R\$ 4.477.307.807,95	
	10%	R\$ 26.786.952.239,91	R\$ 24.036.528.309,57	R\$ 21.286.104.379,22	R\$ 18.535.680.448,87	R\$ 15.785.256.518,52	R\$ 13.034.832.588,18	R\$ 10.284.408.657,83	R\$ 7.533.984.727,48	R\$ 4.783.560.797,13	R\$ 2.033.136.866,78	
	12%	R\$ 21.936.125.991,44	R\$ 19.524.237.845,25	R\$ 17.112.349.699,06	R\$ 14.700.461.552,88	R\$ 12.288.573.406,69	R\$ 9.876.685.260,50	R\$ 7.464.797.114,31	R\$ 5.052.908.968,13	R\$ 2.641.020.821,94	R\$ 229.132.675,75	
	14%	R\$ 18.113.415.544,39	R\$ 15.978.663.056,94	R\$ 13.843.910.569,49	R\$ 11.709.158.082,04	R\$ 9.574.405.594,59	R\$ 7.439.653.107,14	R\$ 5.304.900.619,69	R\$ 3.170.148.132,24	R\$ 1.035.395.644,80	-R\$ 1.099.356.842,65	
	16%	R\$ 15.075.676.114,68	R\$ 13.170.277.080,81	R\$ 11.264.878.046,94	R\$ 9.359.479.013,07	R\$ 7.454.079.979,20	R\$ 5.548.680.945,33	R\$ 3.643.281.911,46	R\$ 1.737.882.877,59	-R\$ 167.516.156,28	-R\$ 2.072.915.190,15	
	18%	R\$ 12.642.243.511,22	R\$ 10.928.612.715,21	R\$ 9.214.981.919,20	R\$ 7.501.351.123,19	R\$ 5.787.720.327,18	R\$ 4.074.089.531,17	R\$ 2.360.458.735,16	R\$ 646.827.939,15	-R\$ 1.066.802.856,86	-R\$ 2.780.433.652,87	
20%	R\$ 10.677.775.449,07	R\$ 9.126.039.812,69	R\$ 7.574.304.176,31	R\$ 6.022.568.539,94	R\$ 4.470.832.903,56	R\$ 2.919.097.267,18	R\$ 1.367.361.630,81	-R\$ 184.374.005,57	-R\$ 1.736.109.641,94	-R\$ 3.287.845.278,32		

Tabela 17 – Impacto econômico na perspectiva do consumidor considerando a configuração 90%-10% e incrementos percentuais de preços dos aparelhos de ar condicionado

		R\$546,94	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Taxa de desconto	3%		R\$ 1.285,73	R\$ 1.165,23	R\$ 1.044,73	R\$ 924,23	R\$ 803,73	R\$ 683,23	R\$ 562,73	R\$ 442,23	R\$ 321,73	R\$ 201,23
	6%		R\$ 1.018,86	R\$ 901,77	R\$ 784,68	R\$ 667,59	R\$ 550,50	R\$ 433,41	R\$ 316,32	R\$ 199,23	R\$ 82,15	-R\$ 34,94
	9%		R\$ 818,33	R\$ 704,46	R\$ 590,59	R\$ 476,73	R\$ 362,86	R\$ 248,99	R\$ 135,12	R\$ 21,26	-R\$ 92,61	-R\$ 206,48
	12%		R\$ 665,34	R\$ 554,52	R\$ 443,70	R\$ 332,89	R\$ 222,07	R\$ 111,25	R\$ 0,44	-R\$ 110,38	-R\$ 221,20	-R\$ 332,02
	15%		R\$ 546,94	R\$ 439,01	R\$ 331,09	R\$ 223,16	R\$ 115,23	R\$ 7,31	-R\$ 100,62	-R\$ 208,54	-R\$ 316,47	-R\$ 424,40
	18%		R\$ 454,07	R\$ 348,88	R\$ 243,70	R\$ 138,52	R\$ 33,34	-R\$ 71,84	-R\$ 177,03	-R\$ 282,21	-R\$ 387,39	-R\$ 492,57
	21%		R\$ 380,29	R\$ 277,72	R\$ 175,14	R\$ 72,57	-R\$ 30,01	-R\$ 132,58	-R\$ 235,16	-R\$ 337,73	-R\$ 440,30	-R\$ 542,88
	24%		R\$ 320,98	R\$ 220,89	R\$ 120,80	R\$ 20,71	-R\$ 79,39	-R\$ 179,48	-R\$ 279,57	-R\$ 379,66	-R\$ 479,76	-R\$ 579,85
	27%		R\$ 272,78	R\$ 175,05	R\$ 77,32	-R\$ 20,40	-R\$ 118,13	-R\$ 215,86	-R\$ 313,59	-R\$ 411,32	-R\$ 509,05	-R\$ 606,77
	30%		R\$ 233,20	R\$ 137,72	R\$ 42,25	-R\$ 53,22	-R\$ 148,70	-R\$ 244,17	-R\$ 339,64	-R\$ 435,12	-R\$ 530,59	-R\$ 626,06

11 Conclusão

Com base nas informações apresentadas neste documento, conclui-se:

Considerando a configuração 90%-10%, a economia de energia total estimada em 2040 poderá ser de 119 TWh, isso equivale a 61,2 milhões de residências atendidas⁵ em 1 ano e a uma usina equivalente⁵ de 23.538 MW.

Considerando a configuração 50%-50% a economia de energia total estimada em 2040 poderá ser de 98,4 TWh, isso equivale a 50,6 milhões de residências atendidas⁵ em 1 ano e a uma usina equivalente⁵ de 21.909 MW.

A previsão da energia total conservada ao longo do período analisado e com a configuração 90%-10%, resultante da adoção dos índices de eficiência energética propostos pelo CGIEE para condicionadores de ar, em termos de valor presente líquido alcançam a ordem de R\$ 30 bilhões.

O estudo estima ao longo do período analisado que o impacto ambiental seja 83,8 milhões de toneladas de CO₂, considerando a configuração 90%-10% e que o impacto ambiental seja 62,1 milhões de toneladas de CO₂, considerando a configuração 50%-50%.

É esperado que a implantação dos índices mínimos propostos para o condicionador de ar tipo *split* de rotação fixa provoque uma diminuição desse tipo de equipamento no mercado nacional, pois com a entrada da nova metodologia do ensaio de desempenho esse tipo de equipamento terá mais dificuldade em obter índices de eficiência energética compatíveis aos índices de eficiência energética dos equipamentos de rotação variável.

⁵ O cálculo das residências atendidas em 1 ano e da usina equivalentes são baseados na metodologia de cálculo utilizada na elaboração do Relatório de Resultados do Procel 2019/2020 - <http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2020/>

12 Recomendações

Atualmente verifica-se a entrada de modelos portáteis no mercado brasileiro, por enquanto esse tipo de produto não passa por uma avaliação de desempenho no Brasil e dessa forma não se pode garantir a eficiência energética que ele fornece. Especialistas da Clasp informaram que nos EUA União Europeia e Índia a avaliação de desempenho do condicionador de ar portátil já está sendo realizada ou começará ser realizada. É recomendável que se faça uma análise do desempenho do condicionador de ar portátil para verificar o nível de desempenho que ele oferece e que essa análise permita realizar uma comparação com os outros tipos de modelos de condicionador de ar presentes no mercado. Essa comparação poderá mostrar se o desempenho do condicionador de ar portátil é melhor ou pior do que outro tipo de condicionador de ar disponível no mercado nacional.

13 Referências

- KIGALI, 2020: https://kigali.org.br/wp-content/uploads/2020/03/kigali_estudoimpactoregulatorio_FINAL_02-2.pdf
- EPE, 2018, p.8: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-341/NT_EPE_030_2018_18Dez2018.pdf
- EPE, 2020, p.23: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-556/Atlas consolidado_08_03_2021.pdf
- OECD/IEA, 2018: <https://www.oecd.org/about/publishing/TheFutureofCooling2018Corrigendumpages.pdf>
- IEA 2018: https://iea.blob.core.windows.net/assets/77ecf96c-5f4b-4d0d-9d93-d81b938217cb/World_Energy_Outlook_2018.pdf
- Fonte: MME/EPE, 2019, p.15: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-423/topico-482/03_Gera%C3%A7%C3%A3o_Centralizada_de_Energia_El%C3%A9trica_Gr%C3%A1ficos.pdf
- SHAH, N., KHANNA, N., KARALI, N., YOUNG PARK, V., QU, Y, ZHOU, N. Opportunities for Simultaneous Efficiency Improvement and Refrigerant Transition in Air Conditioning. Lawrence Berkeley National Laboratory, July 2017.
Disponível em: <https://eta.lbl.gov/sites/default/files/publications/lbnl-2001021.pdf>.
- COMEXSTAT. Portal de estatísticas do comércio exterior do Brasil. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em 11 de agosto de 2021.
- DREYFUS, G., BORGFORD-PARNELL, N., CHRISTENSEN, J., FAHEY, D.W., MOTHERWAY, B., PETERS, T., PICCOLOTTI, R., SHAH, N., AND XU, Y. Assessment of climate and development benefits of efficient and climate-friendly cooling. Institute for Governance & Sustainable Development and Centro Mario Molina, 2020.

-
- GHG PROTOCOL. Global warming potential values. Disponível em: https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf. Acesso em 10 de agosto de 2021.
 - IEA. Cooling analysis. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/cooling>. Acesso em 10 de agosto de 2021.
 - OZONE SECRETARIAT. Ratification status. Disponível em: <https://ozone.unep.org/all-ratifications>. Acesso em 11 de agosto de 2021.
 - Park, W.Y., Shah, N., Choi, J.Y., Kang, H.J., Kim, D.H., Phadke, A., 2020. Lost in translation: Overcoming divergent seasonal performance metrics to strengthen air conditioner energy-efficiency policies. *Energy Sustain. Dev.* 55, 56–68. <https://doi.org/10.1016/J.ESD.2020.01.003>
 - PROJETO KIGALI. Factsheet Kigali – Mercado de fluidos refrigerantes no Brasil. Rio de Janeiro: iCS, 2021.
 - SHAH, N., PARK, W.Y., DING, C. Trends in best-in-class energy-efficient technologies for room air conditioners. *In Energy Reports* 7, pp. 3162-3170. 2021.
 - TEAP. Report of the Technology and Economic Assessment Panel - Volume 3: decision xxx/5 task force final report on cost and availability of low-gwp technologies/equipment that maintain/enhance energy efficiency. TEAP, Setembro 2019. Disponível em: <https://ozone.unep.org/system/files/documents/TEAP-TF-DecXXX-5-EE-september2019.pdf>. Acesso em 10 de agosto de 2021.
 - TEAP. Report of the Technology and Economic Assessment Panel -Volume 4: Decision xxxi/7 - Continued provision of information on energy-efficient and low-global-warming-potential technologies. TEAP, Maio 2021. Disponível em: <https://ozone.unep.org/system/files/documents/TEAP-EETF-report-may2021.pdf>. Acesso em 10 de agosto de 2021.
 - WHITEHOUSE. Executive Order. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2021/01/27/executive-order-on-tackling-the-climate-crisis-at-home-and-abroad/>. Acesso em 11 de agosto de 2021.

Anexo 1 – Metodologia de avaliação do consumo dos condicionadores de ar

O método de projeção do consumo de energia utilizado para estimar impactos potenciais dos índices mínimos de eficiência energética para aparelhos de ar condicionado é baseado em modelagem do tipo *bottom-up*, onde o consumo final de energia é calculado a partir da caracterização do estoque de condicionadores de ar em operação em cada um dos estados da Federação. A modelagem integra diversos parâmetros e variáveis como condições de mercado (por exemplo, posse por tipo de aparelho), características técnicas e de engenharia (horas de operação diária, dias de operação no ano, potência e performance energética dos aparelhos), demografia, número de domicílios e especificidades climáticas dos estados brasileiros.

Adicionalmente, o modelo de estoque contempla, a cada ano, ao longo do período de projeções, os novos equipamentos entrantes no mercado e função de novas compras e substituições, as quais calculadas com a aplicação modelo de probabilidade logística de sucateamento em função da idade. As fontes de dados e informações utilizadas e a modelagem aplicada é apresentada a seguir.

1.1 Fontes de dados

Três fontes principais de dados foram usadas para aplicar a metodologia.

1) Os dados de participação de mercado dos aparelhos de ar condicionado por UF, tipo, potência e idade foram obtidos a partir da Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Eletrodomésticos na Classe Residencial 2019 (Eletrobras, 2019). Os dados estão disponíveis em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/PPH-2019.aspx>

2) Os dados demográficos e número de residências foram adquiridos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Está disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao.html>

3) Os dados climáticos das cidades brasileiras foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados estão disponíveis em: <https://portal.inmet.gov.br/>

1.2 Modelo de consumo de energia de condicionadores de ar

As equações de 1 a 6 representam o modelo para estimativa do consumo de energia de condicionadores de ar. O modelo foi ajustado para contabilizar cenários que

contemplam mudanças em variáveis climáticas, como temperatura média e frequência de dias considerados quentes que demandam a operação dos aparelhos de ar condicionado.

$$CS_{EL} = \frac{CS_{ET}}{COP} \quad (1)$$

$$CS_{ET} = Q_S + Q_L \quad (2)$$

$$FCS = \frac{Q_S}{Q_L + Q_S} \quad (3)$$

$$CS_{ET} = \frac{CT_a(T_{amb} - T_{Ref}) \times t_{op}}{FCS} \quad (4)$$

$$CS_{EL}(id) = \frac{\dot{m} \times c_{ar} \times (T_{amb} - T_{Ref}) \times t_{op}}{FCS \times COP} \times NDQ \times FD(id) \quad (5)$$

$$CT_{SEL}(t) = \sum CS_{EL}(id, cat) \quad (6)$$

Onde:

COP = Coeficiente de performance

CS_{EL} = Consumo de energia elétrica

CS_{ET} = Consumo de energia térmica

Q_S = Carga térmica sensível

Q_L = Carga térmica latente

FCS = fator de calor sensível

\dot{m} = fluxo de massa

c_{ar} = calor específico do ar

t_{op} = tempo de operação/dia

T_{amb} = temperatura ambiente

T_{Ref} = temperatura de referência

NDQ = número de dias quentes por ano

FD = fator de degradação da eficiência em função da idade

CT_{SEL} = Consumo total de energia elétrica para cada ano conforme distribuição de idade e tipos dos aparelhos

1.3 Modelo de contabilização do estoque

O modelo de contabilização do estoque anual de aparelhos de ar condicionado em operação no setor residencial é baseado na posse existente desses aparelhos no ano

de 2019 e, também, na contabilização dos aparelhos novos entrantes no mercado, devido:

a) a substituição de aparelhos antigos (sucateamento), o que acontece com maior frequência quando esses estão próximos do fim de sua vida útil. Assim, o trabalho utiliza uma função logística que determina a probabilidade da substituição com base na idade do equipamento. A Equação 7 ilustra o modelo utilizado.

$$P_e(Id) = \frac{1}{1 + e^{-\left(\frac{Id - Vu}{Did}\right)}} \quad (7)$$

Onde:

- $Pe(Id)$ é a probabilidade do aparelhos com idade Id ser substituído,
- Vu é a vida útil do equipamento,
- Did é o desvio de idade em relação a vida útil, considerou-se nas projeções um desvio de dois anos em relação a vida útil dos aparelhos.

A substituição de equipamentos em cada ano será dada pela Equação 8.

$$Sub(y) = \sum_{Id=1}^{Vu} Estoque(y-1, Id) \times P_e(Id) \quad (8)$$

Onde:

- $Sub(y)$ é o número de equipamentos substituídos no ano y ,
- $Estoque(y-1, Id)$ é o estoque do ano anterior segmentado pela idade (Id) dos equipamentos.

b) devido à primeira compra de aparelhos relacionada ao acréscimo do número de edificações e posse, conforme indica a Equação 9.

$$PC_{e,s}(y) = NE_s(y) \times P_{e,s}(y) - NE_s(y-1) \times P_{e,s}(y-1) \quad (9)$$

Onde:

- $PC_{e,s}$ é a quantidade de primeiras compras do equipamento **e** no setor **s** no ano **y**,
- NE é o número de edificações no setor **s**,

- $P_{e,s}$ é a posse do equipamento e no setor s .

A partir das equações 2 e 3 obtém-se a contabilização dos equipamentos novos (EN) entrantes no mercado a cada ano, conforme a Equação 10.

$$EN(y) = PC(y) + Sub(y) \quad (10)$$

Assim, o estoque de equipamentos a cada ano será dado pela seguinte Equação 11.

$$Estoque(y) = PC(y) + Sub(y) + \left[\sum_{Id} Estoque(y-1, Id) \times (1 - P(Id)) \right] \quad (11)$$