



GREEN
CLIMATE
FUND



Recomendações para as métricas, normas de ensaio e níveis de MEPS e Etiquetas dos Refrigeradores Comerciais no Brasil

Projeto:
“Marco Nacional para Aceleração da
Eficiência Energética e Redução de Emissões
nos Refrigeradores Comerciais no Brasil”

Atividade 2.2.1c

Abril 2023

United for Efficiency - U4E

Miquel Pitarch Mocholí
Marcio Nascimento de Oliveira
Roberto Borjabad Garcia
Rocio Soledad Garcia

Ministério de Minas Energia - MME

Alexandra Albuquerque Maciel
Samira Sana Fernandes de Sousa

Elaboração

Miquel Pitarch Mocholi (U4E)
miquel.pitarch@un.org

Revisão Técnica

Alexandra Albuquerque Maciel (MME)
Conrado Augustus Melo (UFABC)
Marcio Nascimento de Oliveira (U4E)
Samira Sana Fernandes de Sousa (MME)

Participantes do Grupo de Trabalho (*Policy Working Group* - PWG)

Alessandra da Costa Barbosa Pires de Souza - Cepel
Ana Cristina Braga Maia - EPE
Andre Rosa - Nidec Global Appliance
Arthur Ngai-Dian Ting - ABRAVA
Bruno Pussoli - Metalfrio
Carlos Alexandre Principe Pires - MME
Carlos Eduardo Carreira Firmeza Brito - ANEEL
Cássio Borrás Santos - ANEEL
Célio Luis Paulo - SDIC
Danielle Assafin Vieira Souza Silva - INMETRO
Davi Miyazaki - Fricon
Fabiano Meinicke - Ártico
Fabio Giroldo de Araujo - Esmaltec
Fabio Machado Cucinoto - Esmaltec
Flávio Giongo - Gelopar
Flavio Rios - Tecumseh
Frank Edney Gontijo Amorim - MMA
Geraldo Nawa - ABINEE
Gilson Fernando Kosuiesko - Gelopar
Gustavo Galdi Heidinger - Eletrofrio

Gustavo Haverroth - Eletrofrio
Gustavo Weber - Tecumseh
Hercules Antonio da Silva Souza - INMETRO
Homero Cremm Busnello - Tecumseh
Israel Dulcimar Teixeira - Labelo/PUCRS
João Paulo Rossetto - Nidec Global Appliance
Larissa Cataldo - Metalfrio
Leandro Jose Weschenfelder - Labelo/PUCRS
Leandro Oliveira - UL do Brasil
Leonardo Takaoka Corradini - Metalfrio
Luiz Carlos de Almeida Junior - SDIC
Luiz Renato de Oliveira Chueire - Eletrofrio
Magna Leite Ludovice - MMA
Maicon Oliveira - SGS
Marcello Soares Rocha - Eletrobrás
Marcos Heck - Metalfrio
Mariana Bacarin - Nidec Global Appliance
Michael Matos - Fricon
Oswaldo Bueno - ABRAVA
Pablo de Abreu Lisboa - Cepel
Robson Freitas - ABINEE
Rodolfo da Silva Espíndola - UFSC
Sandro Batista - Arneg
Samuel Mariano do Nascimento - Eletrofrio
Thiago Toneli Chagas - EPE
Tiago Nascimento - Fricon
Thomas Schiller - Arneg
Victor Zidan da Fonseca - Eletrobrás
Viviane Lima - Nidec Global Appliance
Vinicius Pereira Brandão - Refrimate
Wagner Duboc - Cepel

United for Efficiency U4E

Energy, Climate and Technology Branch
Economy Division
UN Environment
1 rue Miollis, Building VII
75015 Paris, França
Telefone: +33 1 44 37 42 61
<http://united4efficiency.org/>

Sumário

SUMÁRIO	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABELAS	6
SUMARIO EXECUTIVO	7
1 INTRODUÇÃO AOS CENÁRIOS E METODOLOGIA PARA O CÁLCULO NA ECONOMIA DE ENERGIA ..	12
1.1 MODELO DA BASE INSTALADA	14
1.2 METODOLOGIA PARA A ECONOMIA DE ENERGIA DO CENÁRIO BASE (C.0)	15
1.3 METODOLOGIA PARA A ECONOMIA DE ENERGIA DOS MEPS	17
1.4 METODOLOGIA PARA A ECONOMIA DE ENERGIA DA ETIQUETA	18
2 NÍVEIS DE MEPS E ETIQUETA	20
2.1 REFRIGERADOR DE BEBIDAS	22
2.1.1 Níveis dos MEPS	22
2.1.2 Níveis da etiqueta	22
2.2 CONSERVADOR PARA SORVETES	25
2.2.1 Níveis dos MEPS	25
2.2.2 Níveis da etiqueta	26
2.3 EXPOSITOR FRIGORÍFICO	27
2.3.1 Níveis dos MEPS	27
2.3.2 Níveis da etiqueta	29
2.4 CONGELADOR HORIZONTAL COM PORTA CEGA:	32
3 IMPACTO NA ECONOMIA DE ENERGIA E EMISSÕES DE CO2 EVITADAS	33
4 INCENTIVO FISCAL PARA PRODUTOS EFICIENTES	35
5 ÂMBITO DE APLICAÇÃO	37
6 DEFINIÇÕES	39
7 CÁLCULO DO ÍNDICE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	41
7.1 CONSUMO MENSAL DE ENERGIA (CE _M)	41
7.2 CONSUMO PADRÃO (C _P)	42
7.2.1 Estrutura das equações do consumo padrão	43
7.2.2 Parâmetros M e N	43
7.2.3 Classe de temperatura e coeficiente compensatório C	46
7.2.4 Classe climática e coeficiente compensatório CC	48
7.3 ÁREA DE EXPOSIÇÃO E VOLUME	51
REFERÊNCIAS	54
.0 NORMA DE ENSAIO	55
ANEXO A CUSTO DO CICLO DE VIDA	56
ANEXO B REDUÇÃO DO CONSUMO MÉDIO UNITÁRIO	58
ANEXO C DISCUSSÃO PARA TOMADA DE DECISÕES	59
C.1 NORMA DE ENSAIO	59
C.1.1 Refrigerador de Bebidas	59
C.1.2 Expositor Frigorífico	60

C.1.3	Conservadores para Sorvetes	60
C.1.4	Congeladores Comerciais Horizontais com Porta Cega.....	60
C.2	CONDIÇÃO AMBIENTAL PARA O CONSUMO DE ENERGIA.....	61
C.2.1	Refrigerador de Bebidas.....	61
C.2.2	Expositores Frigoríficos	62
C.2.3	Conservadores para sorvetes	63
C.2.4	Congeladores Horizontais com Porta Cega.....	63
C.3	CLASSE DE TEMPERATURA DOS CONGELADORES HORIZONTAIS COM PORTA CEGA.....	64
ANEXO D	VARIAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA DEVIDO A MUDANÇAS NAS CONDIÇÕES	
AMBIENTAIS	65	
D.1	VARIAÇÃO DO CONSUMO POR MUDANÇAS AMBIENTAIS EXTERNAS.....	65
D.2	VARIAÇÃO DO CONSUMO POR MUDANÇAS DE TEMPERATURA NO COMPARTIMENTO.....	66
D.3	MODELO: CONSUMO TOTAL DE ENERGIA.....	69
D.4	MODELO: VARIAÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA POR MUDANÇAS NAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS	70
ANEXO E	PROPOSTA DE AGENDA DE IMPLEMENTAÇÃO.....	73

Lista de Figuras

<i>FIGURA 1</i>	<i>REDUÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA MÉDIO UNITÁRIO ENTRE O ANO 2022 E 2035 PARA OS DIFERENTES TIPOS DE REFRIGERADORES COMERCIAIS NOS DIFERENTES CENÁRIOS CONTEMPLADOS (RB=REFRIGERADOR DE BEBIDAS; CS=CONSERVADOR PARA SORVETES; R=REMOTO; I=INTEGRAL; V=VERTICAL; H=HORIZONTAL; F=FECHADO; A=ABERTO; R=RESFRIADOS; C=CONGELADOS; BA=BALCÃO).....</i>	<i>14</i>
<i>FIGURA 2</i>	<i>PROJEÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ANUAL DA BASE INSTALADA POR TIPO DE REFRIGERADOR COMERCIAL PARA O CENÁRIO BASE, E O NÚMERO DE EQUIPOS TOTAL DA BASE INSTALADA (EIXO DIREITO)</i>	<i>16</i>
<i>FIGURA 3</i>	<i>EFEITO DOS MEPS NA MELHORIA DE EFICIÊNCIA DOS MODELOS DE REFRIGERADORES COMERCIAIS NACIONAIS (EXEMPLO DOS REFRIGERADORES DE BEBIDAS).....</i>	<i>18</i>
<i>FIGURA 4</i>	<i>ETIQUETAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: REFRIGERADORES RESIDENCIAIS NO BRASIL (PORTARIA Nº 332 DE 02 DE AGOSTO DE 2021) E EXPOSITORES FRIGORÍFICOS NA UE (EU 2019/2018).....</i>	<i>21</i>
<i>FIGURA 5</i>	<i>REDUÇÃO DE CONSUMO NECESSÁRIA PARA QUE UM MODELO CONSIGA ATINGIR DE UMA CLASSE DE EFICIÊNCIA À SEGUINTE NA ETIQUETA EUROPEIA E A ETIQUETA E.1 PROPOSTA PARA OS REFRIGERADORES DE BEBIDAS NO BRASIL</i>	<i>24</i>
<i>FIGURA 6</i>	<i>DISTRIBUIÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS MODELOS DE REFRIGERADORES DE BEBIDAS OBTIDOS DURANTE A PESQUISA DE MERCADO COM OS FABRICANTES NAS ETIQUETAS PROPOSTAS E.1 E E.2, E NA ETIQUETA DA UE</i>	<i>25</i>
<i>FIGURA 7</i>	<i>DISTRIBUIÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS MODELOS DE CONSERVADORES PARA SORVETES OBTIDOS DURANTE A PESQUISA DE MERCADO COM OS FABRICANTES NAS ETIQUETAS PROPOSTAS E.1 E E.2, E NA ETIQUETA DA UE</i>	<i>27</i>
<i>FIGURA 8</i>	<i>EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS MODELOS DE EXPOSITOR FRIGORÍFICO VERTICAL OBTIDOS DURANTE A PESQUISA DE MERCADO COM OS FABRICANTES, E LIMITES DA ETIQUETA E.1</i>	<i>30</i>
<i>FIGURA 9</i>	<i>EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS MODELOS DE EXPOSITOR FRIGORÍFICO HORIZONTAL OBTIDOS DURANTE A PESQUISA DE MERCADO COM OS FABRICANTES, E LIMITES DA ETIQUETA E.1</i>	<i>30</i>
<i>FIGURA 10</i>	<i>ESTIMATIVA DA EVOLUÇÃO NO CONSUMO ENERGIA DA BASE INSTALADA NO SETOR DE REFRIGERAÇÃO COMERCIAL PARA OS DIFERENTES CENÁRIOS CONTEMPLADOS (CONSIDERA OS REFRIGERADORES DE BEBIDAS, CONSERVADOR PARA SORVETES E EXPOSITORES FRIGORÍFICOS)</i>	<i>34</i>
<i>FIGURA 11</i>	<i>MODELOS DE EXPOSITORES FRIGORÍFICOS NACIONAIS (REMOTOS E INTEGRAIS) E LIMITES DA ETIQUETA DA UNIÃO EUROPEIA.....</i>	<i>45</i>
<i>FIGURA 12</i>	<i>COMPARAÇÃO DE DOIS MODELOS DA UNIÃO EUROPEIA COM E SEM LATERAL TRANSPARENTE (FONTE: TOPTEN)</i>	<i>53</i>
<i>FIGURA 13</i>	<i>ENQUETE SOBRE CONDIÇÕES DE ENSAIO PARA REFRIGERADORES DE BEBIDAS.....</i>	<i>62</i>
<i>FIGURA 14</i>	<i>PROPOSTA DE AGENDA DE IMPLEMENTAÇÃO DOS REGULAMENTOS TÉCNICOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA REFRIGERADORES COMERCIAIS</i>	<i>75</i>

Lista de Tabelas

TABELA 1 RESUMO RECOMENDAÇÕES SEÇÃO 7.....	11
TABELA 2 CENÁRIOS DE MEPS E ETIQUETAS.....	13
TABELA 3 NÍVEIS DE MEPS RECOMENDADOS: REFRIGERADORES DE BEBIDAS; A PERCENTAGEM DE MODELOS QUE FICARIAM FORA DOS MEPS; E NÍVEIS DE MEPS DA UNIÃO EUROPEIA PARA 2021 E 2023, E COM OS MEPS DAS REGULACOES MODELO DA U4E.....	22
TABELA 4 NÍVEIS DE EFICIÊNCIA DAS ETIQUETAS PROPOSTOS PARA O REFRIGERADOR DE BEBIDAS.....	24
TABELA 5 NÍVEIS DE MEPS RECOMENDADOS: CONSERVADOR PARA SORVETES; A PERCENTAGEM DE MODELOS QUE FICARIAM FORA DOS MEPS; E NÍVEIS DE MEPS DA UNIÃO EUROPEIA PARA 2021 E 2023, E COM OS MEPS DAS REGULACOES MODELO DA U4E.....	25
TABELA 6 NÍVEIS DE EFICIÊNCIA DAS ETIQUETAS PROPOSTOS PARA O CONSERVADOR DE SORVETES.....	26
TABELA 7 NÍVEIS DE MEPS RECOMENDADOS PARA OS DIFERENTES SUBTIPOS DE EXPOSITORES FRIGORÍFICOS, PERCENTAGEM DE MODELOS QUE NÃO CUMPREM OS MEPS, E COMPARADO COM OS MEPS DA UE PARA 2021 E 2023, E COM OS MEPS DAS REGULACOES MODELO DA U4E (R=REMOTO; I=INTEGRAL; V=VERTICAL; H=HORIZONTAL; F=FECHADO; A=ABERTO; R=RESFRIADOS; C=CONGELADOS; BA=BALCÃO).....	28
TABELA 8 NÍVEIS DE EFICIÊNCIA DA ETIQUETA PROPOSTA PARA EXPOSITORES FRIGORÍFICOS (TODOS OS TIPOS).....	29
TABELA 9 DISTRIBUIÇÃO DOS MODELOS DE EXPOSITORES FRIGORÍFICOS OBTIDOS NA PESQUISA DE MERCADO COM OS FABRICANTES NAS CLASSES DE EFICIÊNCIA DA ETIQUETA E.1 (R=REMOTO; I=INTEGRAL; V=VERTICAL; H=HORIZONTAL; F=FECHADO; A=ABERTO; R=RESFRIADOS; C=CONGELADOS; BA=BALCÃO).....	31
TABELA 10 DISTRIBUIÇÃO DOS MODELOS DE EXPOSITORES FRIGORÍFICOS OBTIDOS NA PESQUISA DE MERCADO COM OS FABRICANTES NAS CLASSES DE EFICIÊNCIA DA ETIQUETA E.2 (R=REMOTO; I=INTEGRAL; V=VERTICAL; H=HORIZONTAL; F=FECHADO; A=ABERTO; R=RESFRIADOS; C=CONGELADOS; BA=BALCÃO).....	31
TABELA 11 COMPARAÇÃO NA ECONOMIA DE ENERGIA, EMISSÕES DE CO ₂ EQUIVALENTES EVITADAS, E ECONOMIA NAS CONTAS DE ENERGIA DOS CONSUMIDORES PARA OS DIFERENTES CENÁRIOS DE POLÍTICAS.....	34
TABELA 12 CONDIÇÕES DE ENSAIO, NORMAS DE REFERÊNCIA, E CONSUMO MENSAL PARA OS DIFERENTES TIPOS DE REFRIGERADORES COMERCIAIS.....	42
TABELA 13 EQUAÇÕES PARA O CONSUMO PADRÃO DOS DIFERENTES TIPOS DE REFRIGERADORES COMERCIAIS.....	42
TABELA 14 PARÂMETROS M E N PARA O CÁLCULO DO CONSUMO PADRÃO.....	44
TABELA 15 COEFICIENTE COMPENSATÓRIO PARA CLASSE DE TEMPERATURA C.....	47
TABELA 16 COEFICIENTE COMPENSATÓRIO PARA CLASSE CLIMÁTICA CC.....	49
TABELA 17 CUSTO DO CICLO DE VIDA PARA UM EXPOSITOR FRIGORÍFICO REMOTO VERTICAL ABERTO (MULTI-PRATELEIRA) PARA RESFRIADOS (TDA=7 M ²) COM DIFERENTES OPÇÕES DE MELHORIA. ADAPTADO DO ESTUDO DA UE [2].....	56
TABELA 18 CUSTO DO CICLO DE VIDA PARA UM EXPOSITOR FRIGORÍFICO REMOTO HORIZONTAL ABERTO (ILHA) PARA CONGELADOS (TDA=7 M ²) PARA DIFERENTES OPÇÕES DE MELHORIA. ADAPTADO DE UE [2].....	57
TABELA 19 CUSTO DO CICLO DE VIDA PARA UM REFRIGERADOR DE BEBIDAS COM PORTA TRANSPARENTE (V=500 LITROS) PARA DIFERENTES OPÇÕES DE MELHORIA. ADAPTADO DO ESTUDO DA UE [2].....	57
TABELA 20 CUSTO DO CICLO DE VIDA PARA UM CONSERVADOR PARA SORVETES COM PORTA TRANSPARENTE (V=291 LITROS) PARA DIFERENTES OPÇÕES DE MELHORIA. ADAPTADO DO ESTUDO DA UE [2].....	57
TABELA 21 PREMISSAS DE MELHORIA DE EFICIÊNCIA (REDUÇÃO NO CONSUMO MÉDIO UNITÁRIO) PARA CADA TIPO DE REFRIGERADOR COMERCIAL EM DIFERENTES PERÍODOS PARA O CENÁRIO BASE (C.0), CENÁRIO DE SÓ MEPS (C.1), CENÁRIO DE SÓ ETIQUETA (C.2), E CENÁRIO DE MEPS + ETIQUETA (C.3) (R=REMOTO; I=INTEGRAL; V=VERTICAL; H=HORIZONTAL; F=FECHADO; A=ABERTO; R=RESFRIADOS; C=CONGELADOS; BA=BALCÃO).....	58
TABELA 22 VARIAÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA DEVIDO A MUDANÇAS NAS CONDIÇÕES EXTERNAS (CONDIÇÃO REFERÊNCIA CONDIÇÃO 25°C E 60%).....	66
TABELA 23 VARIAÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA DEVIDO A MUDANÇAS NAS CONDIÇÕES DE TEMPERATURA DO COMPARTIMENTO.....	67
TABELA 24 VARIAÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA DEVIDO A MUDANÇAS NAS CONDIÇÕES DE TEMPERATURA DO COMPARTIMENTO.....	68
TABELA 25 VALORES PARA O PARÂMETRO DO CONSUMO FIXO COM MUDANÇAS NAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS (ϵ), E PARA O PARÂMETRO DO CONSUMO VARIÁVEL COM MUDANÇAS NAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS (β).....	70
TABELA 26 VALORES PARA O PARÂMETRO DA CARGA NAS PAREDES E PORTA (θ), E O PARÂMETRO DA CARGA POR INFILTRAÇÃO DE AR (φ).....	71

Sumario Executivo

Este relatório faz parte de uma série de produtos do Projeto “Marco Nacional para Aceleração da Eficiência Energética e Redução de Emissões nos Refrigeradores Comerciais no Brasil”, financiado pelo Fundo Verde para o Clima (*Green Climate Fund – GCF*), com a coordenação do Ministério de Minas e Energia – MME e implementação da U4E (*United for Efficiency*), iniciativa do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA.

O Projeto visa estabelecer as bases para a implementação de Padrões Mínimos de Eficiência Energética (*Minimum Energy Performance Standards – ou MEPS na sigla em inglês*), além de etiquetas comparativas e/ou selos de endosso e outras políticas de eficiência energética no Setor de Refrigeração Comercial no Brasil (Refrigeradores de Bebidas, Expositores Frigoríficos Integrais e Remotos, e Conservadores para Sorvete). A implementação dessas políticas constitui em algumas das ações mais eficazes para se aumentar o nível de eficiência energética¹ dos produtos disponíveis no mercado.

Após anos de experiência na implementação de MEPS e etiquetas no setor de refrigeração residencial, as agências reguladoras de diversos países estão direcionando sua atenção para o setor de refrigeração comercial (Estados Unidos, União Europeia, Austrália, México, China, entre outros). Esse setor engloba estabelecimentos comerciais (atacado e varejo), além de hotéis, restaurantes e cozinhas industriais, onde há um grande potencial para reduzir o consumo de energia por meio de normas e regulamentos de eficiência energética.

Os MEPS definem o nível mínimo de eficiência que os produtos devem atender para serem introduzidos no mercado, eliminando gradualmente os dispositivos menos eficientes. Por outro lado, as etiquetas comparativas e selos de endosso informam os consumidores sobre o consumo de energia dos produtos, promovendo a venda dos produtos mais eficientes.

Ao contrário do que se poderia pensar, o aumento contínuo na eficiência dos produtos não necessariamente resulta em aumento de preços. A experiência² mostra que os preços dos produtos eficientes diminuem à medida que surgem novas tecnologias aplicadas a outros modelos ainda mais eficientes. Por tanto, a médio e longo prazo, não se observa aumento nos preços dos produtos devido à adoção de políticas de eficiência energética, como MEPS, etiquetas comparativas e selos de endosso.

¹ MEPS e etiquetas devem ser revisados e atualizados continuamente para promover o uso de produtos mais eficientes e evitar a obsolescência dos regulamentos.

² Um exemplo é o caso dos refrigeradores residenciais nos Estados Unidos, onde o consumo médio de energia diminuiu devido à implementação e atualização contínua de padrões de eficiência energética sem aumentar o preço inicial do refrigerador. Fonte: <https://www.nrdc.org/experts/sheryl-carter/energy-efficiency-leads-climate-fight-lowest-cost-impact>

Além deste relatório, outros estudos foram elaborados pela equipe técnica do Projeto, cujos resultados foram utilizados como subsídios nas recomendações do presente relatório. São estes:

- “Pesquisa de Mercado para Refrigeradores Comerciais”
- “Melhores práticas internacionais em MEPS e etiquetas para regulamentação de refrigeradores comerciais”
- “Recomendações para MVC: Avaliação da Conformidade e Vigilância de mercado dos Refrigeradores Comerciais no Brasil”
- “Compras Públicas Sustentáveis para Refrigeradores”
- “Campanha de Comunicação para Refrigeradores Comerciais Eficientes - Recomendações”

Este relatório é dividido em duas partes principais:

- **Parte 1:** O objetivo da primeira parte (Seção 1 a Seção 4) é apresentar a estimativa da economia de energia para diferentes cenários de políticas na adoção dos MEPS e etiquetas recomendados para o setor de refrigeração comercial.
- **Parte 2:** O objetivo da segunda parte (Seção 5 a Seção 7) é fornecer recomendações sobre métricas, normas de ensaio, e outros aspectos relacionados ao futuro Regulamento Técnico, necessários para a implementação de MEPS e etiquetas.

Na Parte 1, a Seção 1 apresenta as metodologias de cálculo utilizadas para as projeções de consumo de energia nos diferentes cenários:

- **Cenário Base:** Considera a ausência de políticas de MEPS e etiquetas de eficiência energética neste setor, apenas considerando os ganhos de eficiência devidos à evolução tecnológica normal. Estima-se uma redução média de consumo por modelo ao ano de 0,25% a 0,50%, dependendo do tipo de refrigerador comercial.
- **Cenário de MEPS:** Considera a adoção de MEPS, mas sem a implementação das etiquetas de eficiência energética. Os ganhos de eficiência energética são estimados com base na eficiência dos modelos de refrigeradores comerciais informados pelos fabricantes nacionais durante a pesquisa de mercado, e nos valores de MEPS recomendados. Os ganhos de eficiência estimados podem variar dependendo do tipo de refrigerador e ano de implementação dos MEPS (entre 1,5% e 10%).
- **Cenário de etiqueta:** Considera a adoção das etiquetas comparativas de eficiência energética, mas sem a implementação de MEPS. Os ganhos de eficiência energética pela implementação da etiqueta são estimados com base nos níveis de eficiência dos modelos de refrigeradores comerciais informados pelos fabricantes nacionais durante a pesquisa de mercado, no potencial de melhoria desses equipamentos e na experiência internacional. Este relatório considera uma redução média de consumo por modelo de 1,8% a 3,0% por ano, dependendo do tipo de refrigerador comercial.
- **Cenário de MEPS e etiqueta:** Considera a adoção tanto de MEPS quanto de etiquetas comparativas de eficiência energética.

Na **Seção 2**, são apresentados os níveis de MEPS e da etiqueta comparativa recomendados para cada tipo de refrigerador comercial. Os MEPS são divididos em duas etapas, com a primeira etapa em 2025 e a segunda etapa, mais rigorosa, em 2028. Essa abordagem permite que a indústria se prepare gradualmente, estabelecendo metas de médio prazo. A maioria dos MEPS recomendados para 2028 é comparável aos MEPS da União Europeia em 2023. Também são apresentadas as percentagens de modelos atuais que não atenderiam aos níveis mínimos de eficiência (em base à Pesquisa de Mercado). Por exemplo, no caso dos Refrigeradores de Bebidas, o 18% dos modelos atuais não passariam os MEPS recomendados para 2025, e 32% não passariam os MEPS de 2028.

A implementação da etiqueta comparativa segue uma abordagem em duas etapas, com a etiqueta E.1 sendo utilizada por 5 anos (entre 2025 e 2030) e a atualização para os níveis da etiqueta E.2 em 2030. Isso permite a implementação de etiquetas com classes de eficiência mais acessíveis, atendendo à motivação da indústria, mas prevendo a atualização da etiqueta no futuro para reduzir burocracia e riscos associados à revisão da etiqueta. Os níveis recomendados da etiqueta variam de acordo com o tipo de refrigerador comercial. Na maioria dos casos, a classe de maior eficiência "A" é menos ambiciosa do que o nível "A" da etiqueta europeia. Os níveis europeus foram considerados muito rigorosos para a primeira implementação de etiquetas desse tipo de equipamento no Brasil. No entanto, poucos dos modelos atuais atingem as classes de maior eficiência "A" e "B" das etiquetas recomendadas para o Brasil, pelo que existe espaço para melhorias com o avanço tecnológico nos próximos anos.

O ano de implementação dos primeiros MEPS e etiquetas foi inicialmente escolhido como 2025, levando em consideração a possibilidade de publicação dos regulamentos de eficiência em 2023. Isso daria à indústria cerca de 2 anos para se preparar para os primeiros MEPS e aproximadamente 5 anos para se adequar aos MEPS mais ambiciosos até 2028. De acordo com o estudo do PROCEL [1], a indústria estima um tempo médio de 5 anos para que todos os fabricantes, incluindo os de pequeno porte, obtenham os recursos necessários para cumprir com os novos regulamentos de eficiência energética.

Nota: Os anos de implementação de 2025 e 2028 devem ser considerados apenas como referência para o cálculo de economia de energia. Por exemplo, se as políticas foram implementadas em 2028 e 2031 (3 anos após os anos utilizados como referência), a economia de energia estimada para 2035 neste relatório, deveria acontecer de forma aproximada para 2038. As principais barreiras de implementação das políticas de eficiência energética encontradas durante o projeto foram discutidas com o Grupo de Trabalho (PWG) durante última reunião³ do projeto, realizada presencialmente nas instalações do CEPEL em junho de 2023. **O Anexo E apresenta uma proposta de agenda de implementação considerando as diferentes barreiras encontradas durante o projeto.**

A **Seção 3** apresenta um estudo sobre o impacto na economia de energia e nas emissões de CO₂ evitadas após 10 anos de implementação das políticas, no ano de 2035.

³ A minuta desta reunião (e as de todas as reuniões do projeto) foi compartilhada com os integrantes do Grupo de Trabalho do Projeto.

O cenário que combina MEPS e etiquetas (C.3) demonstra o maior potencial de economia de energia, com uma redução estimada de 2,40 TWh no consumo de energia em 2035 em comparação com o Cenário Base (a estimativa para o C.1 é de 0,92 TWh, e para C.2 de 1,79 TWh), o que equivale a evitar a emissão de 1,68 milhões de toneladas de CO₂.

É importante mencionar que as estimativas de economia provenientes das etiquetas podem variar dependendo do engajamento dos consumidores e da indústria. No que diz respeito aos consumidores, as etiquetas podem desempenhar um papel crucial na informação e conscientização dos consumidores sobre a eficiência energética dos produtos ao proporcionar informações harmonizadas sobre o consumo de energia de todos os modelos disponíveis no mercado, pois o estudo do PROCEL [1] revelou um déficit na conscientização e entendimento dos usuários finais sobre os benefícios da eficiência energética nos refrigeradores comerciais. No caso da indústria, ações como benefícios fiscais podem ser consideradas para manter seu engajamento. No entanto, é necessário levar em consideração alguns aspectos mencionados na **Seção 4** para evitar os efeitos negativos deste tipo de políticas.

Este estudo não considerou recomendações para os níveis mínimos requeridos para à implementação do selo de endosso PROCEL, já que este selo identifica os equipamentos mais amigáveis com o meio ambiente, e deve ser atualizado frequentemente para acompanhar os avanços tecnológicos no mercado. Neste sentido, é recomendado revisar a distribuição de eficiência no mercado no prazo de 01 (um) ano após a adoção da etiqueta comparativa, de forma a dispor de dados mais confiáveis. O Selo PROCEL pode ser extremamente útil identificar os equipamentos mais eficientes de uma forma fácil e rápida, especialmente para os usuários que não estão familiarizados com cálculos mais complexos, como os custos de operação, e durante as compras públicas sustentáveis.

Na Parte 2 do relatório, a Seção 5 e 6 fornecem detalhes sobre o escopo do projeto e definições básicas necessárias para compreender o escopo e outras partes do relatório, respectivamente. **A Seção 7** apresenta recomendações para métricas de cálculo de eficiência energética, consumo padrão, normas de ensaio e outros tópicos a serem considerados no futuro regulamento técnico. A Tabela 1 resume essas recomendações para diferentes tipos de refrigeradores comerciais.

Tabela 1 Resumo recomendações Seção 7

Tipo de refrigerador comercial	Norma de ensaio de referência	Condições (Consumo de Energia)	Consumo Padrão mensal (C_p)
Expositor Frigorífico (EF) Vertical para Resfriados	ISO 23953-2 (nova versão)	25°C e 60% UR	$30 \cdot (9,1 + 9,1 \cdot TDA) \cdot C \cdot CC$
Expositor Frigorífico Horizontal para Resfriados			$30 \cdot (4,4 + 4,2 \cdot TDA) \cdot C \cdot CC$
Expositor Frigorífico Vertical para Congelados			$30 \cdot (7,5 + 19,3 \cdot TDA) \cdot C \cdot CC$
Expositor Frigorífico Horizontal para Congelados			$30 \cdot (4,0 + 10,3 \cdot TDA) \cdot C \cdot CC$
Refrigerador de Bebidas	ISO 22044:2021	32,2°C e 65% UR	$30 \cdot (2,9 + 0,008 \cdot V_b) \cdot C \cdot CC$
Congelador para Sorvetes	ISO 22043:2020	30°C e 55% UR	$30 \cdot (2,0 + 0,009 \cdot V_u) \cdot C \cdot CC$
Congelador Horizontal com Porta Cega (2025 & 2030)	IEC 62552-1-2-3:2020	16°C e 32°C (interpolação a 25°C)	Igual aos Congeladores Residenciais
<ul style="list-style-type: none"> ➤ C faz referência ao coeficiente compensatório para diferentes temperaturas do compartimento (ver Tabela 15) ➤ CC faz referência ao coeficiente compensatório para diferentes classes climáticas (ver Tabela 16) ➤ TDA faz referência a Área de Exposição do equipamento ➤ V_b faz referência ao Volume Bruto 			

Com o objetivo de fornecer uma leitura mais eficiente, as justificativas de algumas recomendações técnicas que exigem uma explicação mais detalhada foram incluídas nos seguintes anexos:

- **Anexo A:** Apresenta o cálculo do Custo de Ciclo de Vida para diferentes tipos de refrigeradores comerciais, com base em um estudo da União Europeia [2]. O custo total do equipamento para o usuário final é influenciado principalmente pelo consumo de energia durante o uso.
- **Anexo B:** Complementa a Seção 1, fornecendo informações mais detalhadas sobre as premissas de melhoria na eficiência utilizadas nos diferentes tipos de refrigeradores comerciais nos cenários de políticas considerados.
- **Anexo C:** Apresenta os pontos mais relevantes que servirão como base para as decisões da Seção 7.
- **Anexo D:** Apresenta o modelo matemático desenvolvido pela equipe do Projeto para estimar a variação do consumo de energia devido a mudanças nas condições ambientais externas e internas do compartimento do refrigerador comercial, como temperatura e umidade relativa.
- **Anexo E:** Apresenta uma proposta de agenda de implementação considerando as diferentes barreiras encontradas durante o projeto (última atualização em junho de 2023).

PARTE 1: APRESENTAÇÃO DOS CENÁRIOS E RECOMENDAÇÕES DE MEPS E ETIQUETAS

A Parte 1 deste relatório vai da Seção 1 até a Seção 4, e apresenta os cenários e metodologia para o cálculo da economia de energia (Seção 1), as recomendações dos níveis de MEPS e etiquetas comparativas de eficiência energética (Seção 2), o impacto na economia de energia e de emissões de CO₂ equivalente para os cenários considerados (Seção 3), e considerações sobre incentivos fiscais para refrigeradores comerciais eficientes (Seção 4).

1 INTRODUÇÃO AOS CENÁRIOS E METODOLOGIA PARA O CÁLCULO NA ECONOMIA DE ENERGIA

Como será demonstrado nas próximas seções, as recomendações de MEPS e etiquetas dependem do tipo de refrigerador comercial. Este relatório propõe a implementação dos MEPS para refrigeradores comerciais em duas etapas, sendo a primeira em 2025 e a segunda mais ambiciosa em 2028, para conceder tempo suficiente à indústria nacional para se preparar para os índices mais ambiciosos, estabelecendo objetivos de médio prazo. A implementação da etiqueta também é considerada em duas etapas, a primeira em 2025, e a segunda mais ambiciosa em 2030.

O ano de implementação dos MEPS e etiquetas de 2025 e 2028 devem ser considerados **apenas como referência para o cálculo de economia de energia**. Por exemplo, se as políticas foram implementadas em 2028 e 2031 (3 anos após os anos utilizados como referência), a economia de energia estimada para 2035 neste relatório seria semelhante à esperada para 2038, ou seja, 10 anos após a implementação das políticas. **O Anexo E apresenta uma proposta de agenda de implementação considerando as diferentes barreiras encontradas durante o projeto (última atualização em junho de 2023).**

Para estimar o impacto da implementação dos níveis de MEPS e etiquetas recomendados de forma separada e combinada, este estudo considera os cenários apresentados na Tabela 2. No cenário combinado de MEPS e etiquetas (C.3), a implementação dos primeiros MEPS e da primeira etiqueta ocorre no mesmo ano (2025). Outra possibilidade é implementar a etiqueta primeiro para obter dados mais confiáveis e, em seguida, revalidar o estudo de impacto da implementação dos MEPS.

Nota: A opção de implementar primeiro a etiqueta e depois os MEPS foi finalmente proposta no final do projeto como indicado no Anexo E. **Os MEPS recomendados neste relatório são baseados nas melhores experiências internacionais e nos estudos realizados com os dados nacionais brasileiros obtidos durante o projeto. No entanto, como será discutido nas próximas seções, existem certas limitações devido à falta de dados e qualidade das informações disponíveis, as quais podem**

ser aprimoradas após a entrada em vigor da etiqueta. É importante ressaltar que a etiqueta não exclui nenhum modelo do mercado, pelo que mesmo sem conhecer com precisão o consumo de energia de todos os modelos de refrigeradores comerciais no mercado, o impacto na indústria é menor que a implementação de MEPS, que de fato indicam o nível mínimo de eficiência que devem cumprir todos os modelos que serão comercializados, eliminando do mercado os dispositivos que não atingem o nível mínimo indicado pelos MEPS.

Cabe salientar que, este estudo não considerou as recomendações para os níveis de eficiência do selo de endosso PROCEL, já que este selo identifica os equipamentos mais amigáveis com o meio ambiente, e deve ser atualizado frequentemente para acompanhar os avanços tecnológicos no mercado, adotando limites de eficiência que podem ser maiores ao nível “A” da etiqueta comparativa. Neste sentido, é recomendado revisar a distribuição de eficiência no mercado no prazo de 01 (um) ano após a adoção da etiqueta comparativa, de forma a dispor de dados mais confiáveis. Outros requisitos, como a utilização de fluidos refrigerantes naturais, podem ser exigidos dos fabricantes para obter o selo PROCEL, mas isto dependerá da disponibilidade de equipamentos no mercado no momento da definição dos requisitos. Por exemplo, para os Refrigeradores de Bebidas, o requisito de fluidos refrigerantes naturais parece já ser viável hoje, visto que a pesquisa de mercado mostrou que mais de 50% dos modelos já utilizam o fluido refrigerante natural R290.

Tabela 2 Cenários de MEPS e etiquetas

Cenário	Código	Explicação
Cenário Base “business as usual”	C.0	Neste cenário não é considerada a implementação de qualquer regulamento de MEPS ou etiquetas de eficiência energética para refrigeradores comerciais. Os únicos ganhos de eficiência energética são aqueles devidos às evoluções tecnológicas que aconteceriam normalmente.
Cenário de MEPS	C.1	Este cenário considera a adoção de MEPS, porém, sem a implementação da etiqueta de eficiência energética. Os MEPS indicam o nível mínimo de eficiência energética que os produtos devem apresentar para que possam ser comercializados, eliminando os dispositivos mais ineficientes do mercado
Cenário de etiqueta	C.2	Este cenário considera a adoção das etiquetas de eficiência energética comparativas, porém, sem a implementação de MEPS. Estas etiquetas servem para informar ao consumidor sobre características de economia no consumo de energia, colaborando para impulsionar as vendas dos produtos mais eficientes
Cenário de MEPS e etiqueta	C.3	Este cenário considera a adoção de MEPS e de etiquetas de eficiência energética comparativas, combinando os efeitos positivos no incremento da eficiência energética destas duas estratégias

A Figura 1 mostra a estimativa da redução no consumo de energia médio unitário acumulado entre 2022 e 2035 para os diferentes cenários contemplados e por tipo de refrigerador comercial e para as recomendações de MEPS e etiquetas mostradas na Seção 2. As subseções a seguir descrevem a metodologia utilizada para estimar a economia de energia decorrente das diferentes políticas de eficiência energética. Além disso, o Anexo B apresenta as estimativas de redução no consumo de energia médio por unidade anualmente, no período de 2022 a 2035, para os diferentes cenários.

Mesmo no Cenário Base é considerado um aumento na eficiência energética dos equipamentos, devido à evolução tecnológica que ocorre naturalmente com o tempo. No entanto, **o aumento da eficiência é claramente maior a partir da implementação de políticas de eficiência energética, MEPS e etiquetas**, sendo maior quando os MEPS e etiquetas de eficiência energética são combinados (Cenário C.3).

1.1 MODELO DA BASE INSTALADA

Para estimar o impacto na economia de energia a partir da implementação de MEPS e de etiquetas de eficiência energética, a equipe do Projeto elaborou um modelo da base instalada de refrigeradores comerciais no Brasil. O modelo da base instalada possibilita que seja estimada a quantidade de refrigeradores comerciais instalados atualmente no Brasil, por idade e tipo de refrigerador, subsidiando projeções para o futuro.

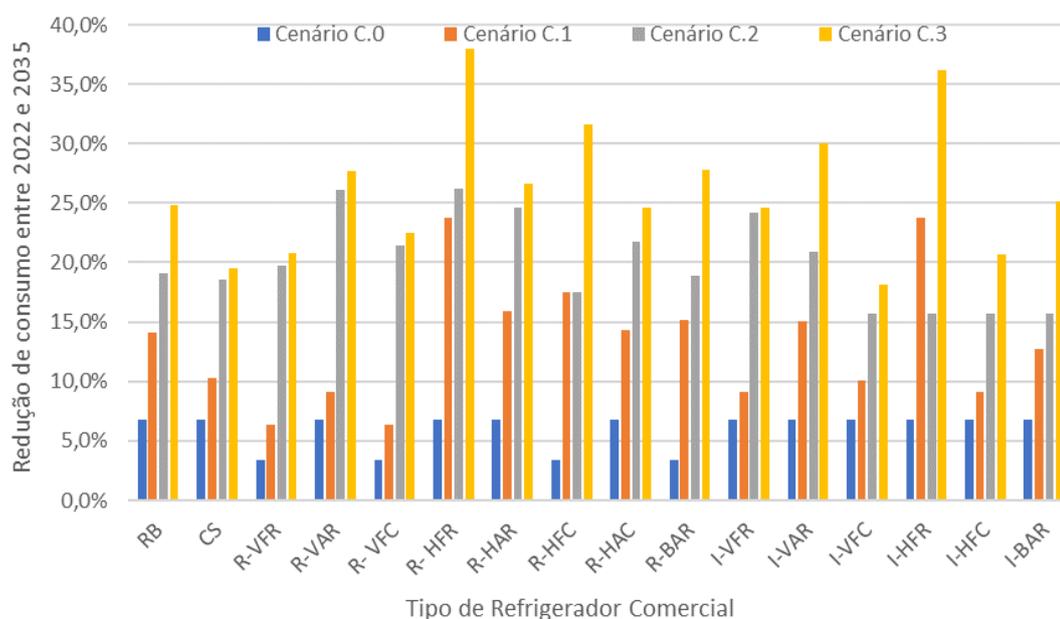


Figura 1 Redução no consumo de energia médio unitário entre o ano 2022 e 2035 para os diferentes tipos de refrigeradores comerciais nos diferentes cenários contemplados (RB=Refrigerador de Bebidas; CS=Conservador para Sorvetes; R-=Remoto; I-=Integral; V=Vertical; H=Horizontal; F=Fechado; A=Aberto; R=Resfriados; C=Congelados; BA=Balcão)

O modelo da base instalada para refrigeradores comerciais foi desenvolvido com base nas informações obtidas na pesquisa de mercado realizada pela equipe do Projeto junto aos fabricantes, além de outras informações como o estudo de mercado realizado pelo PROCEL em 2021, e outras fontes e bases de dados.

Cabe lembrar que, como em qualquer estudo onde se realizam projeções, existem certas limitações devido à falta de dados e qualidade das informações disponíveis. Neste estudo, as principais limitações identificadas são:

- Os dados obtidos durante a pesquisa de mercado com os fabricantes não correspondem à totalidade dos refrigeradores comercializados no Brasil. Estima-se que os modelos utilizados no estudo possuem participação de mercado em torno de 30% a 70% do mercado total, dependendo do tipo de refrigerador comercial.
- Para as estimativas de participação no mercado por tipo de refrigerador comercial e o consumo médio de cada tipo de refrigerador foram utilizados os resultados do estudo PROCEL e as características dos modelos coletados com a Pesquisa de Mercado realizada com os fabricantes, a qual possui informação de modelos de refrigeradores comerciais, mas não do número de vendas de cada modelo (para mais informações, ver o relatório “Pesquisa de Mercado de Refrigeradores Comerciais”).
- Por não existir ainda um regulamento técnico para refrigeradores comerciais no Brasil, não existe padronização nas medições que os fabricantes realizam para conhecer o consumo de energia, dificultando a comparação entre os modelos cujos dados foram disponibilizados, e as comparações da eficiência dos modelos nacionais com os níveis de MEPS propostos e os internacionais, os quais podem estar baseados em condições diferentes as utilizadas pelos fabricantes para as medições. Assim, para que fosse possível comparar os dados de consumo de energia obtidos em diferentes condições ambientais, foi utilizado um modelo matemático elaborado pela equipe do Projeto (apresentado com detalhe no Anexo D). Outros efeitos, como a diferença de consumo em salas de ensaio de fluxo de ar vertical e horizontal não foram considerados neste estudo.

Para mais informações sobre o modelo da base instalada, ver o relatório do projeto “Pesquisa de Mercado para Refrigeradores Comerciais”.

1.2 METODOLOGIA PARA A ECONOMIA DE ENERGIA DO CENÁRIO BASE (C.0)

No caso do cenário base, os incrementos de eficiência energética são devidos às evoluções tecnológicas que aconteceriam normalmente, mesmo sem a adoção de políticas específicas de MEPS ou etiquetas de eficiência energética. Para efeito deste estudo, a redução do consumo de energia médio unitário oscila entre o 0,25% e 0,50% por ano no período 2021-2035 dependendo do tipo de refrigerador comercial (ver Anexo B).

Estas premissas foram baseadas em estudos conduzidos pela União Europeia [2], com pequenos ajustes para a realidade do Brasil. Para o cenário base da União Europeia foi utilizada uma melhora de eficiência de 0,5% por ano para o período 2017-2021 e de 0,25% para o período 2021-2030.

Aplicando estas premissas de evolução de eficiência energética para os novos refrigeradores comerciais no modelo da base instalada, foi possível estimar a evolução do consumo de energia dos refrigeradores comerciais instalados no Brasil no cenário “sem implementação de políticas de eficiência energética” (cenário base).

A Figura 2 mostra a projeção do consumo de energia anual da base instalada por tipo de refrigerador comercial entre os anos de 2020 e 2035 no cenário base e a projeção do número total de refrigeradores comerciais na base instalada (eixo secundário da Figura). Para 2021, o consumo da base instalada foi estimado em 14,3 TWh, do qual os refrigeradores de bebidas são responsáveis por 30% do consumo, os conservadores para sorvetes por 6%, os expositores frigoríficos integrais por 27%, e os expositores frigoríficos remotos são os que mais consomem, com 37% do total.

Observa-se que, mesmo com o aumento de eficiência no tempo considerado para os diferentes tipos de refrigeradores comerciais (e conseqüente diminuição do consumo médio unitário dos novos equipamentos), o consumo total da base instalada aumenta com o tempo. Este resultado é devido ao aumento na quantidade de refrigeradores existentes na base instalada, que passaria de 6,60 milhões em 2021 para 7,98 milhões em 2035 (a projeção do número de refrigeradores na base instalada é o mesmo para todos os cenários).

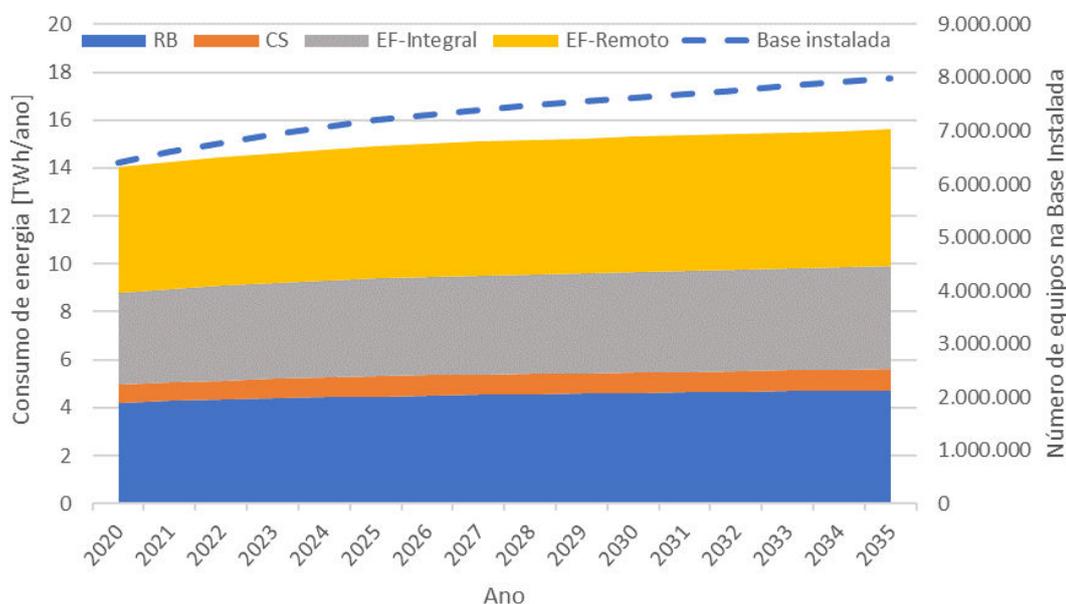


Figura 2 Projeção do consumo de energia anual da base instalada por tipo de refrigerador comercial para o Cenário Base, e o número de equipamentos total da base instalada (eixo direito)

1.3 METODOLOGIA PARA A ECONOMIA DE ENERGIA DOS MEPS

No caso dos cenários que consideram a implementação de MEPS (Cenários C.1 e C.3), **os modelos que não conseguissem atingir o nível mínimo de eficiência energética estabelecido nos MEPS, a partir do ano da adoção destes, não poderiam mais ser comercializados**. Isso faria com que as vendas destes modelos fossem transferidas para modelos mais eficientes, que atendem aos MEPS, aumentando assim a eficiência energética da base instalada como um todo. Aqueles modelos que já atingem os níveis mínimos de eficiência energética estipulados nos MEPS não seriam afetados pela adoção desta política. Assim, MEPS mais rigorosos poderiam ser implementados no futuro, quando o mercado estiver preparado para um aumento no índice mínimo de eficiência energética.

A implementação dos MEPS pode ser feita em várias etapas, e assim podem ser implementadas políticas com níveis mínimos de eficiência energética mais ambiciosos, dando tempo para que a indústria possa se adaptar. Neste sentido, **neste relatório é proposta a implementação de MEPS em duas etapas**, considerando a primeira em 2025 e outra, mais rigorosa, em 2028 (datas de referência aproximadas).

Para o cálculo da economia de energia advinda da implementação de MEPS, foram utilizados neste estudo valores de eficiência dos modelos de refrigeradores comerciais informados pelos fabricantes nacionais durante a pesquisa de mercado realizada pela equipe do Projeto. Para cada tipo de refrigerador comercial, foi calculado o consumo médio unitário, com base nas informações do mercado, antes da implementação dos MEPS. Para estimar o efeito dos índices mínimos de eficiência energética no consumo médio unitário, **os modelos que não atingirem o padrão mínimo no ano anterior à adoção dos MEPS são transferidos para a eficiência limite dos MEPS** (opção conservadora), e o consumo médio unitário é calculado de novo para estimar a redução do consumo de energia por tipo de refrigerador.

A Figura 3 mostra um exemplo de como as melhoras de eficiência energética são estimadas para a implementação de MEPS neste estudo. Neste caso, são mostrados os valores de eficiência energética (I_e) dos refrigeradores de bebidas (obtidos durante a pesquisa de mercado), e os níveis de MEPS recomendados para 2025 ($I_e=100\%$) e para 2028 ($I_e=80\%$).

O índice de eficiência energética I_e é definido pelo consumo de energia medido no laboratório dividido pelo consumo padrão⁴, o qual é definido no regulamento técnico. Quanto maior é o I_e , menor é a eficiência energética do refrigerador (para mais informações sobre o cálculo de I_e , veja a Seção 7.2.).

⁴ Um $I_e=100\%$ significa que o consumo medido no laboratório é o mesmo que o consumo padrão correspondente a esse modelo. Um $I_e=80\%$ significa que o consumo medido no laboratório é 20% menos que o consumo padrão correspondente a esse modelo.

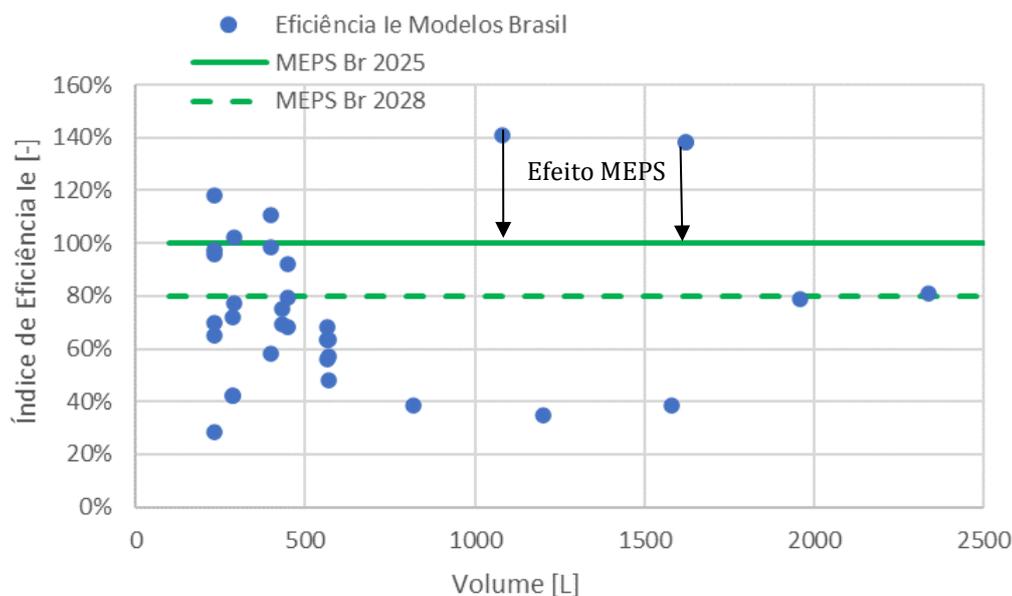


Figura 3 Efeito dos MEPS na melhoria de eficiência dos modelos de refrigeradores comerciais nacionais (exemplo dos Refrigeradores de Bebidas)

Neste sentido, todos os modelos de refrigeradores que apresentem Ie >100% não poderiam mais ser comercializados após a adoção dos MEPS em 2025, e as unidades vendidas serão transferidas para outros modelos com um Ie máximo de 100%. Nos anos posteriores à implementação dos MEPS, as vendas desses modelos podem ser transferidas para modelos mais eficientes, o que dependerá do cenário considerado (Cenário Base ou Etiqueta). Neste sentido, os avanços em eficiência energética entre 2025 e 2028 são considerados, a depender do cenário considerado, antes de se estimar o efeito dos MEPS até 2028.

No ano de 2028, todos os modelos de refrigeradores que apresentem uma eficiência com um Ie >80% não poderão mais ser comercializados, a partir da adoção dos MEPS de 2028, e as vendas serão transferidas para outros modelos com um Ie máximo de 80%. Observa-se, porém, que para se estimar o impacto dos MEPS em 2028, deve ser considerado o avanço da eficiência energética até o ano anterior à implementação dos novos MEPS, seja pela implementação de MEPS anteriores, etiquetas de eficiência energética, ou pela evolução natural da tecnologia, que ocorreria mesmo sem adoção de políticas de eficiência energética.

1.4 METODOLOGIA PARA A ECONOMIA DE ENERGIA DA ETIQUETA

No caso dos cenários com adoção de etiqueta (Cenários C.2 e C.3), **os consumidores são informados** sobre o consumo de energia dos refrigeradores comerciais, e sobre o nível de eficiência energética dos aparelhos, **possibilitando a comparação entre as diversas opções, para que tome uma decisão de compra que considere os custos de operação e não somente o preço inicial do produto**. Isso possibilita um avanço

gradual da eficiência energética no mercado, que será maior que o avanço que seria esperado num cenário sem adoção da etiqueta.

Estimar o impacto de economia da etiqueta de eficiência energética é mais difícil do que no caso dos MEPS, já que a economia de energia final depende do engajamento dos usuários e fabricantes. Porém, **estimativas podem ser feitas considerando os níveis de eficiência dos modelos nacionais, o potencial de evolução tecnológica dos equipamentos e a experiência internacional.**

Por exemplo, o estudo da União Europeia para a atualização do regulamento de refrigeradores residenciais considera que uma etiqueta funcionando eficazmente reduz o consumo médio de energia em 3% ao ano para os refrigeradores novos [3]. Outros estudos, como o do Instituto Escolhas para a nova etiqueta de refrigeradores residências no Brasil [4], utiliza diferentes cenários com premissas de evolução do mercado definidas pelo tempo que demorarão os refrigeradores para chegar em uma classe de eficiência específica da etiqueta, o que também pode ser calculado em base a redução do consumo médio de energia ao ano para os refrigeradores novos, o que dá entono ao 7% para o cenário conservador do estudo do Instituto Escolhas.

Para este estudo foram consideradas premissas na redução do consumo médio unitário anual por tipo de refrigerador comercial no período de implementação da etiqueta (2025-2035), os detalhes destas premissas por tipo de refrigerador são mostrados no Anexo B. A definição destas premissas foi baseada nos níveis de eficiência dos modelos disponíveis no mercado nacional, no potencial de melhoria destes equipamentos e na experiência internacional. Considera-se que uma etiqueta atinge o fim de sua vida útil quando ocorre uma superlotação de modelos nas classes de maior eficiência da etiqueta. Nesse caso, a etiqueta deve ser atualizada, desde que exista potencial de avanço tecnológico dos equipamentos.

2 NÍVEIS DE MEPS E ETIQUETA

Esta seção mostra os níveis de MEPS e etiqueta que serão utilizados para os diferentes cenários de políticas nos diferentes tipos de refrigeradores comerciais. Para as métricas do cálculo de eficiência energética foi utilizado o índice de eficiência energética I_e recomendado na Seção 7.2, o qual é definido pelo consumo de energia medido no laboratório dividido pelo consumo padrão⁵. Conforme citado anteriormente, este Relatório recomenda a implementação de MEPS em duas etapas, sendo uma em 2025, e outra mais rigorosa em 2028 (datas apenas utilizadas como base para o cálculo, não como recomendação de implementação).

Analisando os dados da pesquisa de mercado realizada com os fabricantes, observou-se que níveis de MEPS mais ambiciosos poderiam ser viáveis para alguns tipos de refrigeradores comerciais. No entanto, este estudo não considera cenários de adoção de MEPS mais rigorosos, uma vez que os MEPS recomendados para a maioria dos tipos de refrigeradores comerciais para 2028 já estão alinhados com os níveis de MEPS da União Europeia (UE). Além disso, não se sabe como a adoção de MEPS mais rigorosos poderia afetar os pequenos fabricantes nacionais, que não participaram da pesquisa de mercado.

Os níveis de MEPS recomendados têm como objetivo serem ambiciosos e viáveis, levando em consideração os níveis de eficiência dos modelos nacionais, o potencial de melhoria do equipamento e a experiência internacional. Esses níveis devem servir como guia para o Ministério de Minas e Energia na implementação dos MEPS. No entanto, como mencionado anteriormente, após as discussões com os integrantes do PWG, foi considerado que a melhor abordagem seria implementar primeiro a etiqueta e, após um ano de coleta de dados confiáveis de todo o mercado, revalidar os MEPS (consulte o Anexo E).

Durante a pesquisa de mercado com os fabricantes nacionais não foi possível obter informações sobre o preço dos diferentes modelos de refrigeradores comerciais, que possibilitassem realizar comparações sobre o custo do ciclo de vida (preço inicial + custo de operação). Porém, **estudos internacionais** (ver Anexo A para o estudo da União Europeia [2]) **mostram que o custo total do equipamento para o usuário final está dominado pelo custo advindo do consumo de energia na fase de uso**. Assim, aproximadamente 75% do custo total do equipamento se refere às faturas do consumo de energia e somente 25% se refere ao valor inicial de aquisição somado à manutenção ao longo da vida útil. Desta forma, mesmo investindo em produtos mais eficientes, com maior valor inicial, o usuário terminaria pagando menos ao final da vida útil do produto, devido à economia de energia. Por exemplo, no caso do Refrigerador de Bebidas, o estudo da União Europeia [2] estima que o *Payback* simples por escolher um modelo que consome 44% menos energia (comparado ao equipamento base), seria de menos de um (01) ano.

⁵ Um $I_e=100\%$ significa que o consumo medido no laboratório é o mesmo que o consumo padrão correspondente a esse modelo. Um $I_e=80\%$ significa que o consumo medido no laboratório é 20% menos que o consumo padrão correspondente a esse modelo.

Neste sentido, de forma qualitativa, e considerando que no Brasil o custo de eletricidade é menor que na União Europeia, o tempo de retorno (*payback*) no Brasil seria de menos de dois (02) anos, indicando que o custo para o usuário final continua sendo dominado pelo consumo de energia na fase de uso e, desta forma, a implementação de MEPS poderia ocasionar um impacto econômico positivo para o usuário final ao considerar todo o ciclo de vida do equipamento.

No caso da etiqueta, este Relatório recomenda a adoção de uma etiqueta com 07 classes de eficiência energética, desde “A” (mais eficiente) até “G” (menos eficiente). Considera-se que uma etiqueta com 07 classes de eficiência energética é adequada para os refrigeradores comerciais, visto que existe uma grande variação de eficiência neste segmento, dependendo da tecnologia do equipamento.

A Figura 4 mostra a etiqueta brasileira para refrigeradores residenciais, com suas 06 classes de eficiência (“A” a “F”), e como exemplo de etiqueta para refrigeradores comerciais é mostrada a etiqueta da União Europeia para expositores frigoríficos, que adota 07 classes de eficiência (“A” a “G”). As informações contidas na etiqueta da UE variam, dependendo do tipo de refrigerador comercial, no exemplo da Figura 4, além de indicar o consumo de energia e a classe de eficiência energética, também indica a área de exposição para cada aplicação (resfriados, congelados ou ambos), e a faixa de temperaturas nas quais podem trabalhar em cada função (resfriados e/ou congelados)

As subseções a seguir apresentam os níveis de MEPS e etiquetas recomendados para cada tipo de refrigerador comercial.

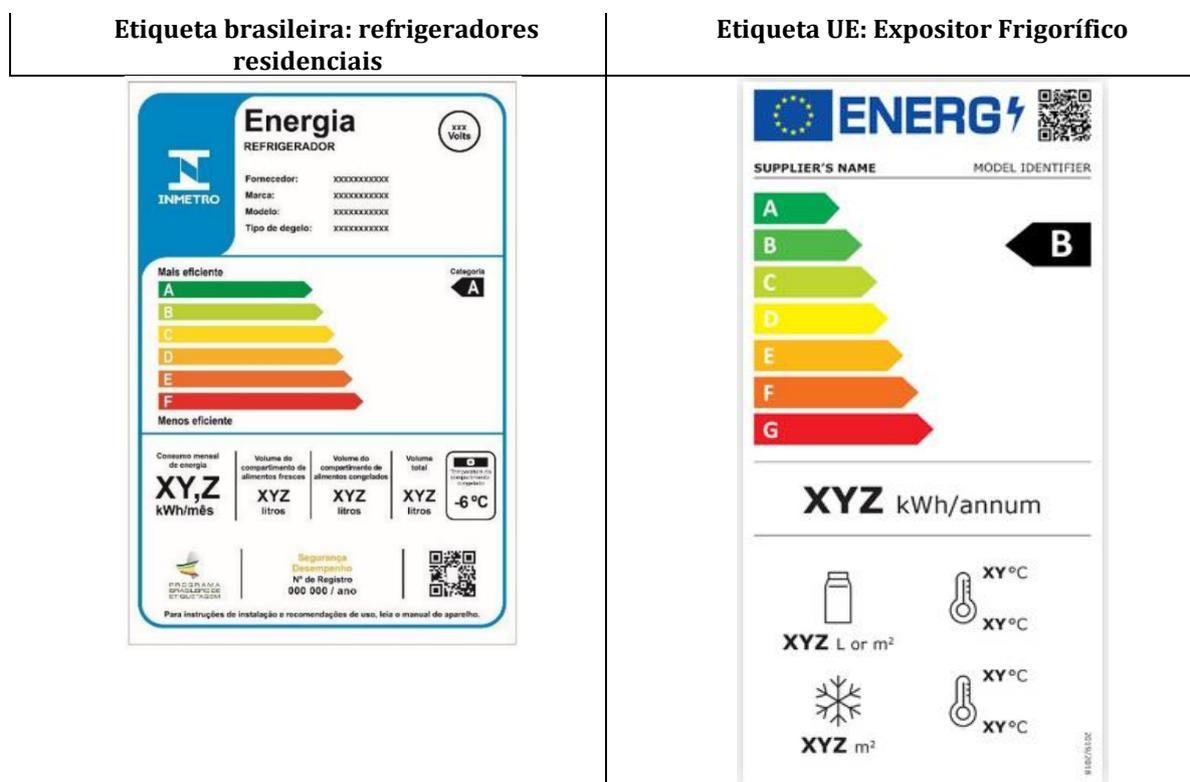


Figura 4 Etiquetas de eficiência energética: Refrigeradores residenciais no Brasil (Portaria N^o 332 de 02 de agosto de 2021) e Expositores Frigoríficos na UE (EU 2019/2018)

2.1 REFRIGERADOR DE BEBIDAS

2.1.1 Níveis dos MEPS

A Tabela 3 mostra os **níveis recomendados para os MEPS dos Refrigeradores de Bebidas no Brasil**, considerando que seriam implementados em **duas etapas, sendo a primeira em 2025 (Ie=100%) e a segunda em 2028 (Ie=80%)**. A Tabela também mostra uma estimativa do percentual de modelos atuais (segundo a pesquisa de mercado realizada em 2022) que ficariam fora dos MEPS em cada uma das etapas, e compara com os níveis de MEPS da União Europeia para 2021 e 2023 e com os MEPS dos regulamentos modelo da U4E. Observa-se que os MEPS recomendados para o Brasil em 2028 são similares⁶ aos da UE em 2023.

Estima-se que 18% dos modelos avaliados durante a pesquisa de mercado do Projeto não conseguiriam atingir os MEPS recomendados para 2025 e 32% não atingiriam os MEPS recomendados para 2028.

Tabela 3 Níveis de MEPS recomendados: Refrigeradores de Bebidas; a percentagem de modelos que ficariam fora dos MEPS; e níveis de MEPS da União Europeia para 2021 e 2023, e com os MEPS das regulações modelo da U4E

Tipo	Brasil MEPS 2025	Não cumprem 2025	Brasil MEPS 2028	Não cumprem 2028	EU 2021	EU 2023	MR U4E
Refrigerador de Bebidas	100%	18%	80%	32%	100%	80%	100%

2.1.2 Níveis da etiqueta

Os níveis das classes de eficiência energética da etiqueta devem considerar a dispersão da eficiência dos equipamentos disponíveis no mercado, os avanços tecnológicos futuros e o tempo esperado para que a maioria de modelos atinjam as classes de maior eficiência, deixando “espaço” nas classes de maior eficiência para os avanços tecnológicos.

⁶ Durante o Projeto foi decidido utilizar a condição de 32,2°C e 65% de umidade relativa (UR) para o ensaio de consumo de energia do Refrigerador de Bebidas, enquanto a União Europeia utiliza 25°C e 60% UR. O consumo padrão recomendado para o Brasil foi ajustado para que o índice de eficiência energética calculado no Brasil (ver Seção 7.2) seja comparável com o índice calculado pela União Europeia, mesmo utilizando condições de ensaio diferentes. Porém, a comparação deve ser feita de forma qualitativa, já que os ajustes do consumo padrão são baseados em premissas para a estimativa na variação do consumo quando um Refrigerador de Bebidas passa da condição 25°C e 60% UR à 32,2°C e 65% UR.

Existem duas estratégias enquanto a escolha do nível das classes de eficiência da etiqueta, sendo que as duas possuem vantagens e desvantagens, a saber:

- As etiquetas com níveis de eficiência menos rigorosos podem ser mais motivadoras para a indústria, já que as classes mais altas de eficiência seriam mais fáceis de serem alcançadas. Porém, neste caso, as etiquetas precisariam ser atualizadas com maior frequência, caso contrário poderiam perder a efetividade, já que os equipamentos atingiriam mais rapidamente as classes de maior eficiência da etiqueta, e não existiria mais motivo para que os fabricantes buscassem se destacar da concorrência neste quesito.
- As etiquetas com níveis de eficiência mais rigorosos, por sua vez, deixariam espaço para que a melhora na eficiência ocorra gradualmente, reduzindo os efeitos negativos da atualização frequente da etiqueta, dentre eles os entraves burocráticos. Porém, dependendo da adaptação do mercado à etiqueta, classes de eficiência muito rigorosas podem ser vistas como “inatingíveis” por alguns fabricantes, diminuindo o engajamento da indústria à etiqueta.

A adoção de uma estratégia ou outra dependerá do objetivo definido pelas autoridades do país, porém o ideal é que exista um compromisso entre as duas. Um exemplo interessante é o Regulamento Técnico para refrigeradores residenciais no Brasil (Portaria Nº 332 de 02 de agosto de 2021), o qual já prevê a atualização da etiqueta no mesmo regulamento. Neste regulamento a etiqueta será atualizada em 2025, mas o regulamento já prevê a revisão da etiqueta em 2030, com adoção de classes de eficiência mais rigorosas. Desta forma, podem ser implementadas etiquetas com classes de eficiência mais acessíveis, por um período mais longo de tempo, sem ter que necessariamente proceder a revisão da primeira etiqueta no ano de 2030, reduzindo assim a burocracia e os riscos advindos da morosidade na revisão da etiqueta.

Considera-se que a estratégia seguida pelo governo brasileiro para refrigeradores residenciais poderia ser replicada com sucesso para os refrigeradores comerciais. A Tabela 4 mostra as duas etiquetas propostas para os refrigeradores de bebidas. Neste caso, a etiqueta E.1 seria utilizada por 05 anos (entre 2025 e 2030) e em 2030 seria atualizada com os níveis da etiqueta E.2.

Quando comparado com a etiqueta da União Europeia, o nível “A” da etiqueta E.1 permite 2,8 vezes mais consumo de energia do que a etiqueta classe “A” da UE e 1,8 vezes mais quando comparado com a classe “B” da UE. Porém, no ano 2022 as classes de eficiência energética “A” e “B” da UE somente incluíram 5% dos modelos nas duas classes, de forma que os níveis da etiqueta europeia foram considerados rigorosos demais para uma primeira implementação de etiqueta para este tipo de equipamento no Brasil. Por outro lado, a etiqueta proposta para o Brasil a partir de 2030 (E.2), se aproxima mais do nível da etiqueta da UE, considerando que o Ie máximo seria de 17% para a etiqueta E.2, comparado ao Ie máximo de 10% na etiqueta europeia.

O Ie máximo para a classe de eficiência “F” é de 80%, para todos os casos. Este nível coincide com os MEPS propostos para 2028 (similares aos MEPS da União Europeia para 2023).

Além dos níveis da etiqueta, outra diferença entre a etiqueta Europeia e a etiqueta proposta para o Brasil é o percentual de evolução na eficiência necessário para o equipamento ser qualificado em uma classe superior. A Figura 5 mostra a redução no consumo energético exigida para que um modelo possa subir para a classe subsequente. Na União Europeia, essa redução no consumo de energia pode variar entre 19% e 50%, dependendo da classe de eficiência, porém, na etiqueta E.1 proposta para o Brasil o percentual de evolução é definido em 19% (27% para a etiqueta E.2). Considerou-se, assim, que a estratégia utilizada pela União Europeia poderia prejudicar a motivação da indústria em buscar atingir a classe mais alta, visto que para atingir à classe “A” o equipamento deveria ter seu consumo reduzido em 50% em relação à classe “B”. A partir do exposto, é proposta a adoção de um percentual fixo de evolução entre classes de eficiência.

Tabela 4 Níveis de eficiência das etiquetas propostos para o Refrigerador de Bebidas

Classe	Etiqueta 1 (2025 – 2030)	Etiqueta 2 (2030 – 2035)	União Europeia (desde 2021)
A	$I_e < 28\%$	$I_e < 17\%$	$I_e < 10\%$
B	$28\% \leq I_e < 35\%$	$17\% \leq I_e < 23\%$	$10\% \leq I_e < 20\%$
C	$35\% \leq I_e < 43\%$	$23\% \leq I_e < 31\%$	$20\% \leq I_e < 35\%$
D	$43\% \leq I_e < 53\%$	$31\% \leq I_e < 42\%$	$35\% \leq I_e < 50\%$
E	$53\% \leq I_e < 65\%$	$42\% \leq I_e < 58\%$	$50\% \leq I_e < 65\%$
F	$65\% \leq I_e < 80\%$	$58\% \leq I_e < 80\%$	$65\% \leq I_e < 80\%$
G	$I_e \geq 80\%$	$I_e \geq 80\%$	$I_e \geq 80\%$
Melhoria por classe	$\approx 19\%$	$\approx 27\%$	Variável

União Europeia:



Proposta para o Brasil (Etiqueta 1 para Refrigeradores de Bebidas):



Figura 5 Redução de consumo necessária para que um modelo consiga atingir de uma classe de eficiência à seguinte na etiqueta Europeia e a etiqueta E.1 proposta para os Refrigeradores de Bebidas no Brasil

A Figura 6 mostra uma estimativa da distribuição de eficiência energética dos modelos de Refrigeradores de Bebidas, obtida durante a pesquisa de mercado com os fabricantes, para as etiquetas propostas E.1 e E.2 e também na etiqueta da UE. Observa-

se que nenhum modelo atual conseguiria se classificar na classe “A” na etiqueta E.1, e aproximadamente 5% conseguiriam se classificar na classe “B”. Na etiqueta E.2, nenhum dos modelos analisados conseguiriam se classificar nas classes “A” e “B”, deixando mais “espaço” para futuros avanços tecnológicos, já que a data de implementação de E.2 foi considerada para 2030. No mercado europeu atual (modelos não mostrados neste gráfico) ainda não existem modelos classificados como “A” na etiqueta da União Europeia, e apenas 5% são classificados com a classe “B” da etiqueta, os quais conseguiriam atingir a classe “A” da etiqueta E.1, e ficariam perto da classe “A” da etiqueta E.2 (precisariam reduzir o consumo 15%).

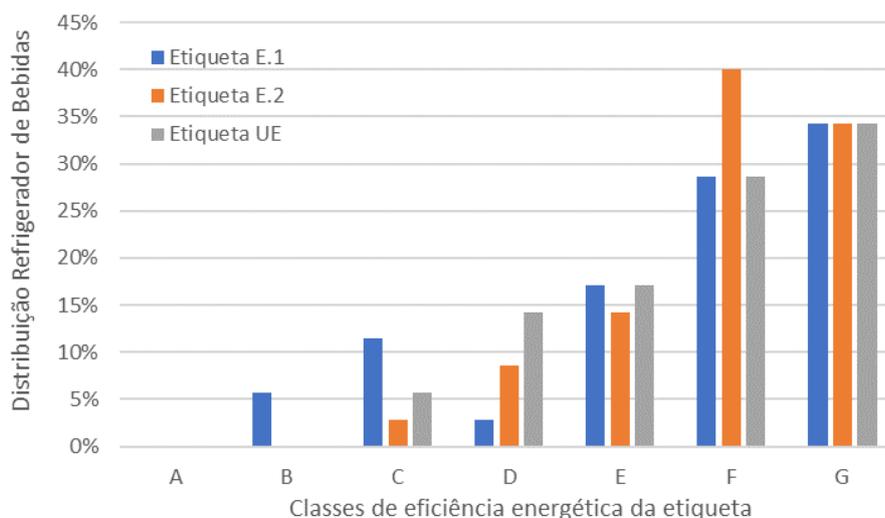


Figura 6 Distribuição de eficiência energética dos modelos de Refrigeradores de Bebidas obtidos durante a pesquisa de mercado com os fabricantes nas etiquetas propostas E.1 e E.2, e na etiqueta da UE

2.2 CONSERVADOR PARA SORVETES

2.2.1 Níveis dos MEPS

Como no caso dos Refrigeradores de Bebidas (Seção 2.1), **os MEPS recomendados para os Conservadores para Sorvetes foram realizados em duas etapas, sendo a primeira em 2025 e a segunda em 2028 (Tabela 5), sendo de $I_e=80\%$ em 2025 (similares aos MEPS da União Europeia para 2021) e de $I_e=60\%$ para 2028 (menos rigorosos do que os MEPS da União Europeia para 2023).**

Com os MEPS propostos, 6% dos modelos atuais analisados durante a pesquisa de mercado não conseguiriam atingir os MEPS propostos para 2025 e 38% não conseguiriam atingir os MEPS propostos para 2028.

Tabela 5 Níveis de MEPS recomendados: Conservador para Sorvetes; a percentagem de modelos que ficariam fora dos MEPS; e níveis de MEPS da União Europeia para 2021 e 2023, e com os MEPS das regulações modelo da U4E

Tipo	Brasil MEPS 2025	Não cumprem 2025	Brasil MEPS 2028	Não cumprem 2028	EU 2021	EU 2023	MR U4E
Conservador Sorvetes	80%	6%	60%	38%	80%	50%	80% (100)

2.2.2 Níveis da etiqueta

Como no caso dos Refrigeradores de Bebidas (Seção 2.1), **as etiquetas recomendadas para os Conservadores para Sorvetes foram realizadas em duas etapas, uma primeira etiqueta E.1 para o período 2025-2030 e uma segunda etiqueta para o período 2030-2035 (Tabela 6).** A etiqueta E.2 poderá ser reavaliada em 2034 para ver se precisará ser atualizada em 2035, ou, caso contrário, se ainda poderá ser utilizada por mais tempo.

A União Europeia utiliza os mesmos níveis da etiqueta para os conservadores de sorvetes e para os refrigeradores de bebidas, porém, por utilizarem MEPS diferentes, as classes “E”, “F”, e “G” na etiqueta Europeia não serão utilizadas após a implementação dos MEPS europeus de 2023 ($I_e=50\%$). Os níveis de eficiência propostos para o Brasil foram ajustados para que os MEPS recomendados para 2025 estejam alinhados com a etiqueta E.1, e os MEPS recomendados para 2028 com a etiqueta E.2. Desta forma existirão mais classes de eficiência ativas na etiqueta.

Mesmo que os MEPS para os conservadores de sorvetes possuam valores de I_e inferiores aos recomendados para Refrigeradores de Bebidas, os índices de eficiência (I_e) para atingir a classe “A” são maiores no caso dos Conservadores para Sorvetes. Isso se dá porque o potencial de economia de energia do Conservador para Sorvetes é menor quando comparado com o Refrigerador de Bebidas.

Tabela 6 Níveis de eficiência das etiquetas propostos para o Conservador de Sorvetes

Classe	Etiqueta 1 (2025 – 2030)	Etiqueta 2 (2030 – 2035)	União Europeia (desde 2021)
A	$I_e < 32\%$	$I_e < 22\%$	$I_e < 10\%$
B	$32\% \leq I_e < 38\%$	$22\% \leq I_e < 27\%$	$10\% \leq I_e < 20\%$
C	$38\% \leq I_e < 46\%$	$27\% \leq I_e < 33\%$	$20\% \leq I_e < 35\%$
D	$46\% \leq I_e < 55\%$	$33\% \leq I_e < 40\%$	$35\% \leq I_e < 50\%$
E	$55\% \leq I_e < 66\%$	$40\% \leq I_e < 49\%$	$50\% \leq I_e < 65\%$
F	$66\% \leq I_e < 80\%$	$49\% \leq I_e < 60\%$	$65\% \leq I_e < 80\%$
G	$I_e \geq 80\%$	$I_e \geq 60\%$	$I_e \geq 80\%$
Melhoria por classe	$\approx 17\%$	$\approx 18\%$	Variável

A Figura 7 mostra uma estimativa da distribuição de eficiência energética dos modelos de Conservadores para Sorvetes obtidos durante a pesquisa de mercado com os fabricantes para as etiquetas propostas E.1 e E.2, e na etiqueta da UE. Nenhum modelo

conseguiria se classificar como classe “A” na etiqueta E.1, e aproximadamente 6% conseguiriam se classificar na classe “B”. Na etiqueta E.2, nenhum modelo conseguiria se classificar nas classes “A”, “B” e nem na “C”, deixando mais “espaço” para futuros avanços tecnológicos, já que a data de implementação de E.2 foi considerada para 2030. No mercado europeu atual (modelos não mostrados neste gráfico) existem poucos modelos classificados na classe “B” da etiqueta europeia (1%) e aproximadamente 15% na classe “C” da etiqueta europeia.

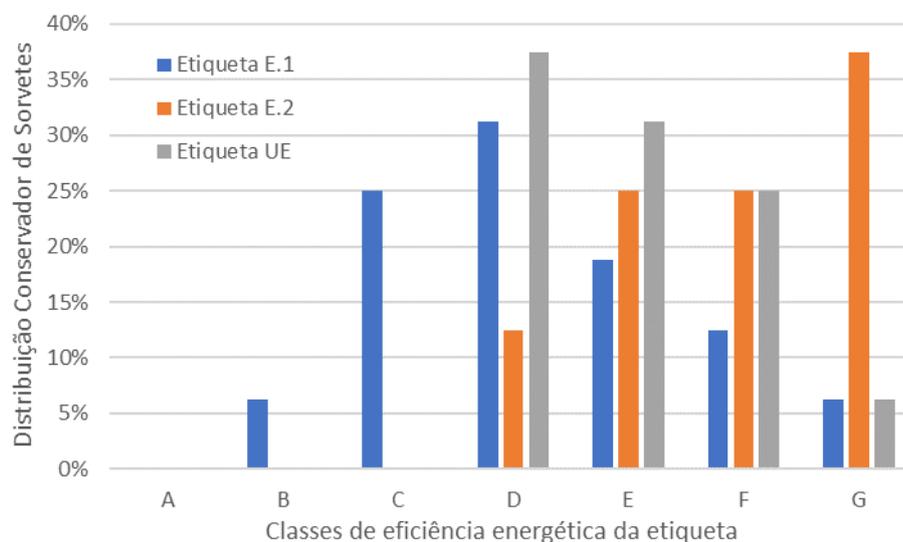


Figura 7 Distribuição de eficiência energética dos modelos de Conservadores para Sorvetes obtidos durante a pesquisa de mercado com os fabricantes nas etiquetas propostas E.1 e E.2, e na etiqueta da UE

2.3 EXPOSITOR FRIGORÍFICO

2.3.1 Níveis dos MEPS

Como no caso dos Refrigeradores de Bebidas (Seção 2.1), os MEPS recomendados para os Expositores Frigoríficos seriam implementados em duas etapas, sendo a primeira em 2025 e a segunda em 2028. **Porém, neste caso, os Expositores Frigoríficos foram divididos em subtipos**, segundo o tipo de acesso (aberto ou fechado), a localização do compressor (se remoto ou integral), a estrutura do expositor (se vertical ou horizontal), e a temperatura alvo (para resfriados ou congelados).

A Tabela 7 mostra os MEPS recomendados para os diferentes subtipos de Expositores Frigoríficos. Assim como nos casos de Refrigeradores de Bebidas e Conservadores para Sorvetes, os níveis de MEPS recomendados pretendem ser ambiciosos, porém viáveis, considerando os níveis de eficiência dos modelos nacionais, o potencial de melhoria do equipamento e a experiência internacional.

Para os remotos verticais fechados para resfriados (R-VFR), os MEPS recomendados são mais ambiciosos que os da UE, já que na UE os fechados utilizam os mesmos MEPS que os abertos (R-VAR), e por isso se tornam fáceis de atingir pelos equipamentos

fechados. Mesmo assim, todos os modelos nacionais analisados na pesquisa de mercado conseguiriam atingir os MEPS recomendados para 2028 (com um I_e máximo de 60%). No caso dos verticais para congelados (R-VFC), foram recomendados os mesmos MEPS para fechados e para abertos (os mesmos que na UE) para garantir que equipamentos abertos para congelados não sejam beneficiados (nenhum modelo vertical para congelados foi informado durante a pesquisa de mercado).

Para os remotos horizontais para resfriados (R- HFR), os MEPS recomendados para o Brasil ($I_e=80\%$ em 2028) são menos ambiciosos em comparação com a União Europeia ($I_e=67\%$ em 2023). Isso ocorre porque os modelos brasileiros estão atualmente distantes de atender aos MEPS da UE. Além disso, estudos indicam que os MEPS da UE tiveram um impacto maior nos R-HFR do que em outros subtipos de expositores frigoríficos, sugerindo que as métricas usadas pela UE são mais rigorosas para esse tipo específico. Neste sentido, as métricas recomendadas para Brasil foram ajustadas para considerar essas diferenças (ver mais detalhes na Seção 7.2.2). Por exemplo, um modelo com um $I_e=80\%$ na UE seria classificado com um $I_e=67\%$, considerando as métricas recomendadas para o Brasil.

Tabela 7 Níveis de MEPS recomendados para os diferentes subtipos de expositores frigoríficos, percentagem de modelos que não cumprem os MEPS, e comparado com os MEPS da UE para 2021 e 2023, e com os MEPS das regulações modelo da U4E (R=Remoto; I=Integral; V=Vertical; H=Horizontal; F=Fechado; A=Aberto; R=Resfriados; C=Congelados; BA=Balcão)

Tipo	Brasil MEPS 2025	Não cumprem 2025	Brasil MEPS 2028	Não cumprem 2028	EU 2021	EU 2023	MR U4E
R-VFR	80%	0%	60%	0%	100%	80%	100%
R-VAR	100%	0%	80%	3%	100%	80%	100%
R- VFC	100%	0%	80%	28%	100%	80%	117% (130)
R- VAC	100%	-	80%	-	100%	80%	117% (130)
R- HFR	110%	80%	80%	100%	83% (100)	67% (80)	108% (130)
R-HAR	110%	22%	80%	39%	83% (100)	67% (80)	108% (130)
R-HFC	110%	38%	80%	85%	100%	80%	105% (130)
R-HAC	110%	8%	80%	67%	100%	80%	105% (130)
R-BAR	110%	31%	80%	87%	83% (100)	67% (80)	108% (130)
R-BAC	110%	-	80%	-	83% (100)	67% (80)	105% (130)
Total R		11%		29%			
I-VFR	80%	3%	60%	20%	110% (100)	88% (80)	130%
I-VAR	100%	33%	80%	67%	110% (100)	88% (80)	130%
I-VFC	100%	13%	80%	25%	110% (100)	88% (80)	98% (130)
I-VAC	100%	-	80%	-	110% (100)	88% (80)	98% (130)
I-HFR	110%	100%	80%	100%	92% (100)	73% (80)	108% (130)
I-HAR	110%	-	80%	-	92% (100)	73% (80)	108% (130)
I-HFC	110%	0%	80%	0%	110% (100)	88% (80)	105% (130)
I-HAC	110%	-	80%	-	110% (100)	88% (80)	105% (130)
I-BAR	110%	0%	80%	0%	92% (100)	73% (80)	108% (130)
I-BAC	110%	-	80%	-	92% (100)	73% (80)	105% (130)
Total I		10%		22%			

No caso dos expositores frigoríficos integrais, foram recomendados os mesmos MEPS dos remotos, porém a comparação com os MEPS da UE é feita de forma diferente, já que

a UE utiliza um coeficiente compensatório, que foi eliminado nas recomendações de métricas para o Brasil (mais detalhes na Seção 7.2.2).

2.3.2 Níveis da etiqueta

Como no caso dos Refrigeradores de Bebidas (Seção 2.1), **as etiquetas recomendadas para os Expositores Frigoríficos foram realizadas em duas etapas, sendo uma primeira etiqueta E.1 para o período 2025-2030, e uma segunda etiqueta para o período 2030-2035 (vide Tabela 8).** Sendo que a etiqueta E.2 deve ser reavaliada em 2034 para saber se precisará ser atualizada em 2035, ou se ainda poderá ser utilizada por mais tempo.

Diferentemente dos MEPS, **a mesma etiqueta é utilizada para todos os subtipos de Expositores Frigoríficos, independentemente de serem abertos ou fechados, verticais ou horizontais.** Desta forma, a comparação entre equipamentos fica mais clara. Por exemplo, se os expositores abertos consomem mais que os fechados, serão classificados em uma classe inferior na etiqueta.

Quando comparados com a etiqueta da União Europeia, o nível da classe “A” da etiqueta E.1 permite um consumo de energia duas vezes maior do que a etiqueta da UE⁷, e a etiqueta E.2 permite um consumo 1,2 vezes maior, se aproximando dos limites da UE, com a etiqueta E.2 sendo adotada em 2030.

As Figuras 8 e 9 mostram o índice de eficiência energética dos modelos de expositores frigoríficos verticais e horizontais (remotos e integrais) em função da área de exposição (TDA) obtidos durante a pesquisa de mercado, mostrando ainda os níveis da etiqueta 1. Por exemplo, no caso dos verticais remotos, a maioria de modelos se enquadrariam nas classes da “C” até “F” e, dependendo do subtipo, poderá ser mais ou menos difícil atingir as classes de maior eficiência.

Tabela 8 Níveis de eficiência da etiqueta proposta para Expositores Frigoríficos (todos tipos)

Classe	Etiqueta 1 (2025 – 2030)	Etiqueta 2 (2030 – 2035)	União Europeia (desde 2021)
A	$I_e < 20\%$	$I_e < 12\%$	$I_e < 10\%$
B	$20\% \leq I_e < 28\%$	$12\% \leq I_e < 18\%$	$10\% \leq I_e < 20\%$
C	$28\% \leq I_e < 39\%$	$18\% \leq I_e < 26\%$	$20\% \leq I_e < 35\%$
D	$39\% \leq I_e < 53\%$	$26\% \leq I_e < 38\%$	$35\% \leq I_e < 50\%$
E	$53\% \leq I_e < 73\%$	$38\% \leq I_e < 55\%$	$50\% \leq I_e < 65\%$
F	$73\% \leq I_e < 100\%$	$55\% \leq I_e < 80\%$	$65\% \leq I_e < 80\%$
G	$I_e \geq 100\%$	$I_e \geq 80\%$	$I_e \geq 80\%$
Melhoria por classe	$\approx 27\%$	$\approx 31\%$	Variável

⁷ Como observado nas recomendações de MEPS, as métricas para o cálculo de eficiência recomendadas para o Brasil não coincidem com as métricas utilizadas pela UE em todos os subtipos de Expositores Frigoríficos, de forma que as comparações dos níveis das etiquetas recomendados para o Brasil com os da UE dependem destas modificações (métricas recomendadas na Seção 7.2.2)

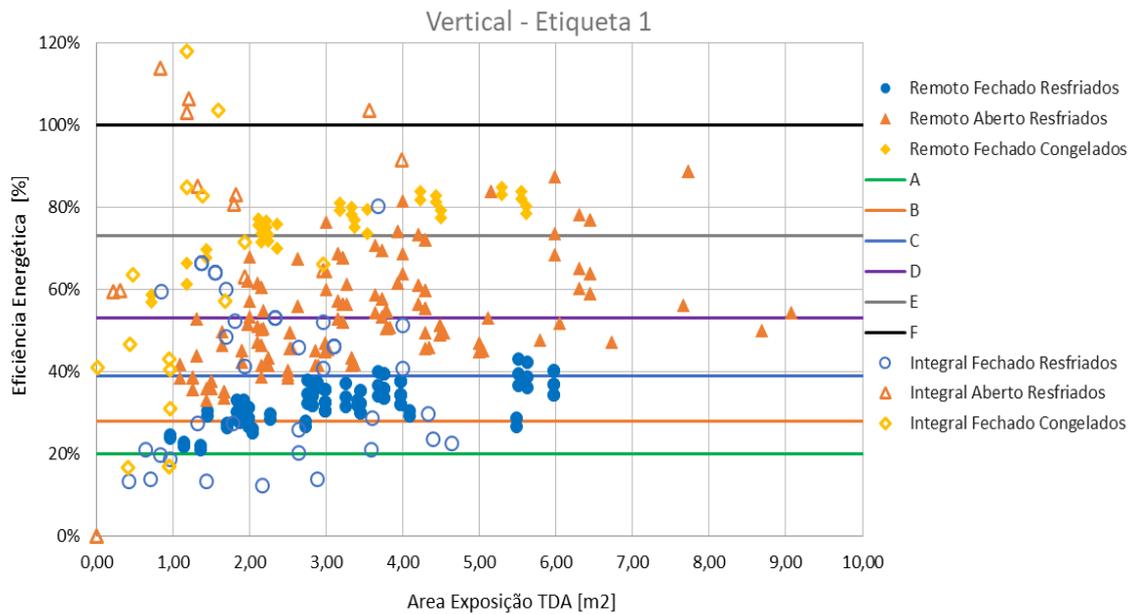


Figura 8 Eficiência energética dos modelos de expositor refrigerífico vertical obtidos durante a pesquisa de mercado com os fabricantes, e limites da etiqueta E.1

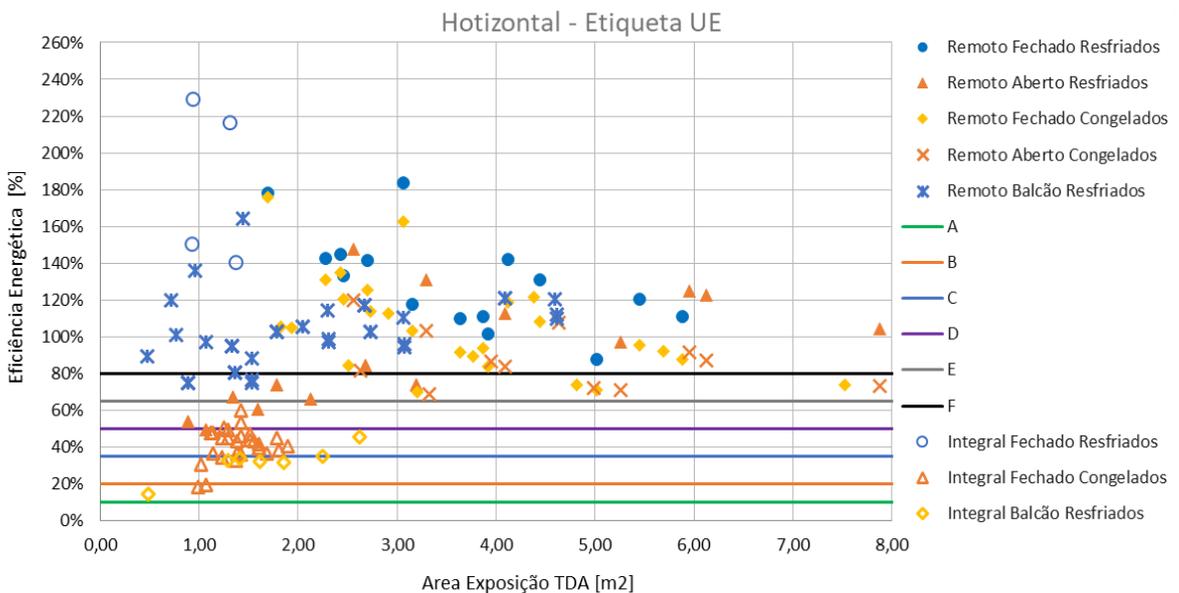


Figura 9 Eficiência energética dos modelos de expositor refrigerífico horizontal obtidos durante a pesquisa de mercado com os fabricantes, e limites da etiqueta E.1

As Tabelas 9 e 10 mostram uma estimativa da distribuição dos modelos de expositores refrigeríficos (divididos por subtipos) nas diferentes classes de eficiência energética para as duas etiquetas recomendadas. Observa-se que dentre os expositores remotos, nenhum conseguiria se classificar na classe “A” da etiqueta E.1 e apenas 3,4% estariam classificados na classe “B”. Porém, para classe “B” só conseguiriam se classificar os verticais fechados para resfriados. No caso dos integrais, as classes “A” e “B” estariam mais repletas de modelos.

O “espaço” deixado propositalmente nas classes de maior eficiência permitirá que novos modelos, à medida em que se tornem mais eficientes, sejam classificados nestas

classes durante os próximos anos. No caso da União Europeia, atualmente existem poucos modelos classificados nas classes “A” e “B” da etiqueta europeia. Porém, é importante observar que os requisitos para se atingir a classe “A” na etiqueta europeia, implementada em 2021, são mais rigorosos que os propostos para o Brasil para 2025 e 2030.

Tabela 9 Distribuição dos modelos de expositores frigoríficos obtidos na pesquisa de mercado com os fabricantes nas classes de eficiência da Etiqueta E.1 (R=Remoto; I=Integral; V=Vertical; H=Horizontal; F=Fechado; A=Aberto; R=Resfriados; C=Congelados; BA=Balcão)

Modelos	Tipo	A	B	C	D	E	F	G
101	R-VFR	0,0%	15,8%	76,2%	7,9%	0,0%	0,0%	0,0%
177	R-VAR	0,0%	0,0%	10,7%	41,2%	39,5%	8,5%	0,0%
36	R- VFC	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	75,0%	0,0%
15	R- HFR	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,7%	93,3%
23	R-HAR	0,0%	0,0%	0,0%	8,7%	34,8%	30,4%	26,1%
26	R-HFC	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	7,7%	38,5%	53,8%
12	R-HAC	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	50,0%	25,0%
78	R-BAR	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	46,2%	53,8%
468	Total R	0,0%	3,4%	20,5%	17,7%	19,7%	21,8%	16,9%
40	I-VFR	17,5%	20,0%	5,0%	27,5%	27,5%	2,5%	0,0%
12	I-VAR	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	33,3%	33,3%	33,3%
16	I-VFC	18,8%	0,0%	6,3%	25,0%	25,0%	12,5%	12,5%
4	I-HFR	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
29	I-HFC	6,9%	0,0%	27,6%	58,6%	6,9%	0,0%	0,0%
7	I-BAR	14,3%	0,0%	71,4%	14,3%	0,0%	0,0%	0,0%
108	Total I	12,0%	7,4%	14,8%	30,6%	19,4%	6,5%	9,3%

Tabela 10 Distribuição dos modelos de expositores frigoríficos obtidos na pesquisa de mercado com os fabricantes nas classes de eficiência da etiqueta E.2 (R=Remoto; I=Integral; V=Vertical; H=Horizontal; F=Fechado; A=Aberto; R=Resfriados; C=Congelados; BA=Balcão)

Modelos	Tipo	A	B	C	D	E	F	G
101	R-VFR	0,0%	0,0%	6,9%	84,2%	8,9%	0,0%	0,0%
177	R-VAR	0,0%	0,0%	0,0%	7,3%	49,7%	39,5%	3,4%
36	R- VFC	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	72,2%	27,8%
15	R- HFR	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
23	R-HAR	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	17,4%	43,5%	39,1%
26	R-HFC	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	15,4%	84,6%
12	R-HAC	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	33,3%	66,7%
78	R-BAR	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	12,8%	87,2%
468	Total R	0,0%	0,0%	1,5%	20,9%	21,6%	26,5%	29,5%
40	I-VFR	0,0%	12,5%	20,0%	10,0%	35,0%	20,0%	2,5%
12	I-VAR	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	33,3%	66,7%
16	I-VFC	0,0%	18,8%	0,0%	6,3%	25,0%	25,0%	25,0%
4	I-HFR	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
29	I-HFC	0,0%	0,0%	6,9%	27,6%	62,1%	3,4%	0,0%
7	I-BAR	0,0%	14,3%	0,0%	71,4%	14,3%	0,0%	0,0%
108	Total I	0,0%	8,3%	9,3%	16,7%	34,3%	15,7%	15,7%

2.4 CONGELADOR HORIZONTAL COM PORTA CEGA:

Como observado em outros relatórios do Projeto e no Anexo C deste relatório, a recomendação é utilizar para o congelador comercial horizontal com porta cega as mesmas métricas, MEPS e níveis da etiqueta adotados para o congelador residencial horizontal com porta cega, similar ao que é feito em outros países, como o Chile e na União Europeia, seja incluindo a versão comercial deste equipamento no escopo da portaria existente dos refrigeradores residenciais ou em um novo regulamento.

As métricas, MEPS e níveis de etiqueta para os congeladores residenciais horizontais com portas cegas podem ser conferidos na Portaria N^o 332 de 02 de agosto de 2021.

3 IMPACTO NA ECONOMIA DE ENERGIA E EMISSÕES DE CO₂ EVITADAS

Tendo em vista as recomendações de MEPS e etiquetas apresentadas neste relatório, foi possível calcular a evolução da eficiência energética para cada cenário e tipo de refrigerador comercial, de acordo a metodologia apresentada na Seção 1.

A Figura 10 mostra a estimativa da evolução no consumo de energia da base instalada no setor de refrigeração comercial (Refrigeradores de Bebidas, Conservadores para Sorvetes e Expositores Frigoríficos) para os diferentes cenários contemplados e a estimativa da evolução do número de Refrigeradores Comerciais da base instalada, que é o mesmo para todos os cenários. No Cenário Base (C.0), mesmo com aumento de eficiência no tempo, o consumo total aumentaria, devido ao aumento na quantidade de refrigeradores existentes na base instalada. Os cenários de “só MEPS” (C.1) e “só etiqueta” (C.2) conseguem reduzir o consumo quando comparados ao cenário base, mas o consumo de energia do setor para 2035 continuaria sendo maior que o consumo para 2022. **O cenário que produz a maior economia de energia é o que combina MEPS e etiqueta (C.3).**

A Tabela 11 mostra com maior detalhe a **economia de energia** dos diferentes cenários em relação ao Cenário Base, com as correspondentes **emissões de CO₂ equivalentes evitadas**⁸, e a **economia nas contas de energia dos usuários**⁹ (valor presente em 2022). A economia de energia anual para 2035, comparada com o Cenário Base C.0, vai de 0,92 TWh/ano para o cenário de “só MEPS” (C.1), até 2,40 TWh/ano para o cenário de “MEPS + etiquetas” (C.3). Esta economia de energia evitaria a emissão entre 0,64 e 1,68 milhões de toneladas de CO₂ equivalentes ao ano para 2035, dependendo do cenário escolhido. A Tabela também mostra o consumo de energia estimada por tipo de refrigerador, sendo os Expositores Frigoríficos Remotos os responsáveis pelo maior consumo, seguidos dos Refrigeradores de Bebidas.

Em alguns países foi levantada a questão sobre a eficácia da etiqueta comparativa de eficiência energética para os refrigeradores comerciais, já que em tese este seria um setor mais consciente dos benefícios da eficiência energética. No entanto, o estudo do PROCEL mostrou que ainda existe um déficit na conscientização dos usuários finais sobre os benefícios da eficiência energética nos refrigeradores comerciais e que, além dos MEPS, é fundamental a implementação de etiquetas comparativas de eficiência energética.

⁸ As premissas utilizadas para o cálculo são: **1)** Fator de emissões de 0,59 kg de CO₂ equivalente por cada kWh produzido (média do ano 2021 <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao>) ; **2)** O fator de perda na transmissão e distribuição da energia elétrica considerado foi de 15,8%, baseado nos estudos da U4E

⁹ As premissas utilizadas para o cálculo são: **1)** O preço do kWh na tarifa comercial considerado foi de 0,98 R\$ (o valor de referência foi tomado da tarifa comercial CPFL Paulista para 2022) ; **2)** Para calcular os custos de eletricidade em 2035 em base ao valor do dinheiro em 2022, foi considerado que o aumento da tarifa elétrica comercial seguirá a curva de inflação prevista até 2035.

Além disso, a mesma avaliação da conformidade que é utilizada na etiquetagem pode ser utilizada para os MEPS, assim considera-se que não existiriam custos extras significativos para os fabricantes, em relação a ensaios de consumo de energia ao se implementarem MEPS e etiquetas ao mesmo tempo. Neste sentido, **é recomendada a adoção de políticas de MEPS e etiquetas, conjuntamente, e não só MEPS ou só etiquetas.**

Nota: O estudo de economia de energia não considerou a implementação de incentivos fiscais para os refrigeradores comerciais mais eficientes, a Seção 4 apresenta uma discussão mais detalhada sobre este assunto.

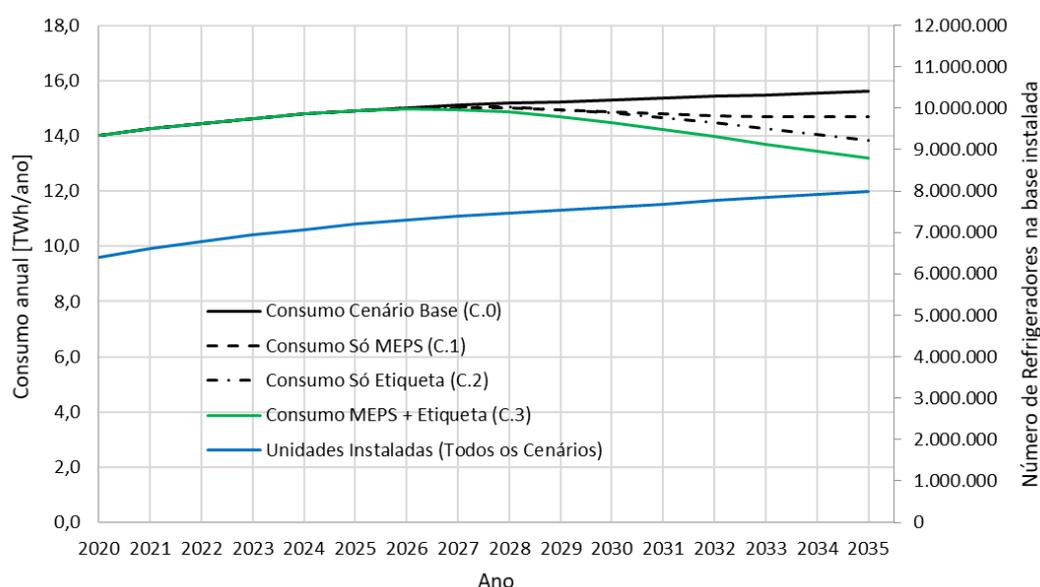


Figura 10 Estimativa da evolução no consumo energia da base instalada no setor de refrigeração comercial para os diferentes cenários contemplados (considera os Refrigeradores de Bebidas, Conservador para Sorvetes e Expositores Frigoríficos)

Tabela 11 Comparação na economia de energia, emissões de CO₂ equivalentes evitadas, e economia nas contas de energia dos consumidores para os diferentes cenários de políticas

Parâmetro	Cenário C.0	Cenário C.1	Cenário C.2	Cenário C.3
Consumo Total em 2035 TWh/ano	15,61	14,69	13,82	13,20
Economia Total de energia em 2035 TWh/ano	-	0,92	1,79	2,40
Emissões em 2035 - Milhões de toneladas de CO₂ equivalente	7,14	6,72	6,32	6,04
Emissões evitadas em 2035 - Milhões de Toneladas de CO₂	-	0,42	0,82	1,10
Gasto em eletricidade em 2035 (bilhões R\$ baseado em 2022)	15,29	14,39	13,54	12,94
Economia nas contas de energia em 2035 (bilhões R\$ baseado em 2022)	-	0,90	1,75	2,35
Consumo por tipo de refrigerador:				
Consumo EF Remoto em 2035 TWh/ano	5,69	5,35	5,02	4,79
Consumo EF Integral em 2035 TWh/ano	4,31	4,13	3,80	3,69
Consumo Ref. Bebidas em 2035 TWh/ano	4,73	4,38	4,19	3,94
Consumo Cons. Sorvete em 2035 TWh/ano	0,87	0,84	0,81	0,78

4 INCENTIVO FISCAL PARA PRODUTOS EFICIENTES

Desde 2009, os refrigeradores domésticos (e outros produtos da chamada linha branca) classificados como nível “A” em eficiência energética pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem do INMETRO, são beneficiados com uma redução no imposto sobre produtos industrializados, IPI, que passa de 15% para 10%.

Essa política de redução do IPI foi bem-sucedida em conseguir, num curto prazo, a adesão da indústria à classificação dos equipamentos quanto a índices de eficiência. **Porém, como indicou o estudo PROCEL, com o passar do tempo houve uma crescente resistência por parte dos fabricantes contra a revisão da classificação dos níveis de eficiência.** Isso porque, com padrões de eficiência mais elevados, muitos equipamentos perderiam a classificação máxima, e conseqüentemente os fabricantes perderiam o benefício fiscal.

Essa resistência foi observada nos fabricantes de refrigeradores domésticos no Brasil, que foram reticentes quanto às atualizações dos parâmetros do nível “A” de eficiência energética do INMETRO, criados em 2006. Isso fez com que durante anos, mais do 95% dos modelos de geladeiras estivessem classificados na classe “A”, o que significa que a etiqueta comparativa de eficiência energética deixou de cumprir sua função principal, que é a de informar os consumidores sobre os modelos mais eficientes. Finalmente, após pressão da sociedade civil, foi anunciado pelo INMETRO um novo regulamento técnico, com a atualização da etiqueta em 2022.

É importante frisar que a etiqueta atinge o final da vida útil quando acontece uma superlotação de equipamentos nas classes de maior eficiência, o que torna inócuo o objetivo que é o de informar os consumidores sobre modelos que se destacam em eficiência energética. Neste sentido, **no caso da implementação de incentivos fiscais para os refrigeradores comerciais, é importante tomar medidas para evitar os efeitos negativos no longo prazo.**

Dentre as medidas complementares que podem ser adotadas estão:

1. Publicar o regulamento técnico definindo a próxima atualização da etiqueta. Por exemplo, o regulamento técnico seria publicado com as duas etiquetas recomendadas na Seção 2, sendo que o regulamento poderia definir que a primeira estaria vigente entre 2025 e 2030, e a segunda entre 2030 e o final da vida útil da etiqueta. Esta metodologia já é utilizada no novo regulamento para refrigeradores residenciais (Portaria Nº 332 de 02 de agosto de 2021).
2. Para evitar resistências à atualização quando a última etiqueta publicada no regulamento técnico atingir o final da vida útil é proposta a adoção de “gatilhos” de atualização, que seriam ativados quando a etiqueta atingir o final da sua vida útil. Esses “gatilhos” devem ser definidos e publicados junto com o regulamento técnico, ou mesmo serem estabelecidos em outros documentos oficiais, para que se tornem obrigatórios e não possam ser contestados posteriormente pela indústria.

Podem ser utilizados “gatilhos” parecidos aos que são utilizados na União Europeia, conforme definidos no regulamento EU 2017/1369, que diz que a **revisão da etiqueta com vista ao seu reescalonamento deve acontecer quando:**

- a) 30% das unidades vendidas de modelos pertencentes a um grupo de produtos pertencerem à classe de maior eficiência energética “A” e sejam previstos novos desenvolvimentos tecnológicos; ou
- b) 50% das unidades vendidas de modelos pertencentes a um grupo de produtos pertencem às duas classes de maior eficiência energética “A” e “B” e sejam previstos novos desenvolvimentos tecnológicos.

No caso de não serem previstos novos desenvolvimentos tecnológicos no mercado nacional e internacional, por exemplo porque o nível de eficiência energética da classe “A” está próximo ao máximo teórico do produto considerado, a atualização da etiqueta poderia ser adiada.

É importante salientar que, quanto aos novos desenvolvimentos tecnológicos, não devem ser considerados somente os modelos disponíveis no mercado nacional, mas também os modelos mais eficientes disponíveis no mercado internacional, mesmo que estes não estejam ainda presentes no mercado nacional, já que a etiqueta de eficiência energética é planejada para que os modelos nacionais possam se destacar com melhorias futuras de eficiência energética.

PARTE 2: REGULAMENTO TÉCNICO

Esta parte traz recomendações sobre as métricas, normas de ensaio, e outros aspectos relacionados com o Regulamento Técnico, tais como o âmbito de aplicação (escopo) e definições importantes.

5 ÂMBITO DE APLICAÇÃO

Com base nos argumentos expostos nos relatórios de “Melhores Práticas Internacionais” e “Pesquisa de Mercado para Refrigeradores Comerciais” realizados como parte deste Projeto, assim como as diversas discussões e consultas realizadas com as partes interessadas durante as reuniões do Grupo de Trabalho (PWG), a proposta de Âmbito de Aplicação para o futuro Regulamento Técnico é apresentada abaixo.

Os refrigeradores comerciais contemplados no escopo são:

- Refrigerador para Bebidas¹⁰
- Expositor Frigorífico Integral (para resfriados e congelados)
- Expositor Frigorífico Semi-Integral (para resfriados e congelados)
- Expositor Frigorífico Remoto (para resfriados e congelados)
- Congelador para Sorvetes¹¹
- Congelador Horizontal com Porta Cega

O setor de refrigeração comercial é muito variado, com dezenas de tipos e subtipos de refrigeradores que poderiam ser considerados refrigeradores comerciais, por isso é importante detalhar quais são as exceções, listando os tipos de equipamentos que **não seriam considerados no alcance do regulamento técnico**, sendo estes:

- a. Refrigeradores alimentados por fontes de energia que não seja a eletricidade ou que estejam fora da rede elétrica (por exemplo, com sistema por absorção e solar).
- b. Refrigeradores que não utilizem um ciclo de refrigeração por compressão de vapor.

¹⁰ Só serão considerados Refrigeradores de Bebidas aqueles que cumpram com a definição da ISO 22044:2021. Outros refrigeradores que não cumpram com esta definição, mesmo que indicados para bebidas pelo fabricante, deverão ser classificados na categoria a que correspondam, por exemplo, como expositor frigorífico (deverá cumprir com os requisitos do expositor).

¹¹ Só serão considerados Conservadores para Sorvetes aqueles que cumpram com a definição da ISO 22043:2020. Outros refrigeradores que não cumpram com esta definição, mesmo que sejam indicados para sorvetes pelo fabricante, deverão ser classificados nas categorias a que correspondam, por exemplo, como expositores frigoríficos (deverá cumprir com os requisitos do expositor).

- c. Refrigeradores para a venda e exposição de gêneros alimentícios vivos, tais como aparelhos para venda e exposição de peixes e mariscos vivos, aquários refrigerados e tanques de água;
- d. Balcões conservadores para peixes, com gelo em flocos.
- e. Bancadas tipo buffet, refrigeradas com expositor (saladettes);
- f. Balcões de serviço horizontais com armazenamento integrado¹² projetados para trabalhar em temperaturas de operação refrigeradas;
- g. Refrigerador comercial de canto (ver definições na Seção 6);
- h. Máquinas automáticas de gelo,
- i. Máquinas de venda automática refrigeradas
- j. Expositores de sorvetes artesanais
- k. Equipamentos projetados tanto para o processamento quanto o armazenamento de alimentos, independentemente do equipamento incluir ou não uma unidade de armazenamento integral,
- l. Refrigeradores comerciais projetados somente para armazenamento, com exceção do Congelador Horizontal com Porta Cega. Por exemplo, os refrigeradores de armazenamento (com porta cega) utilizados em ambientes profissionais, como nas cozinhas industriais,
- m. Refrigeradores especificamente testados e aprovados para o armazenamento de medicamentos ou amostras científicas,
- n. Resfriadores ultra-rápidos (*blast*),
- o. Equipamentos de armazenamento de vinho e minibares,
- p. Câmaras frigoríficas (câmaras frias),
- q. Equipamentos de transporte refrigerado
- r. Refrigeradores industriais
- s. Refrigeradores e assemelhados abrangidos pela Portaria Nº 332, DE 2 de agosto de 2021 do INMETRO.
- t. Componentes remotos, como unidades condensadoras e compressores, aos quais um expositor frigorífico remoto ou semi-integral deve ser conectado para funcionar¹³

¹² Considera-se um balcão de serviço horizontal com armazenamento integrado se incluir armazenamento refrigerado de pelo menos 100 litros (L) por metro (m) de comprimento, normalmente colocado na base do balcão.

¹³ O consumo de energia em componentes remotos está incluído no consumo total de energia em Expositores Frigoríficos Remotos de acordo com as estimações feitas pelas normas de ensaio de referência (ISO 23953-2).

6 DEFINIÇÕES

As definições são importantes para reduzir as chances de enganos na interpretação do futuro regulamento. Esta seção apresenta, assim, apenas as definições mais importantes para o entendimento das recomendações deste relatório, sem pretender englobar todas as definições que deveriam ser incorporadas em um regulamento técnico final.

Tipos de Refrigeradores:

- **Refrigerador comercial para venda direta:** gabinete com isolamento térmico, equipado com um ou mais compartimentos de temperatura controlada inferior à temperatura ambiente, refrigerado por convecção natural ou forçada, destinado à exposição e venda, com ou sem serviço assistido, a clientes, de produtos alimentícios e outros artigos, acessível diretamente, seja pelos lados abertos, ou pela abertura de uma ou mais portas ou gavetas, ou por ambos os meios, incluindo aparelhos de refrigeração com função de venda direta ao consumidor, com zonas utilizadas para a conservação de produtos alimentícios e de outros artigos, aos quais os clientes podem ou não ter acesso, excluídos os minibares e os aparelhos de armazenagem de vinhos;
- **Refrigerador comercial para armazenamento:** gabinete com isolamento térmico, equipado com um ou mais compartimentos de temperatura controlada, inferior à temperatura ambiente, acessíveis por meio da abertura de uma ou mais portas ou gavetas, e destinado à armazenagem de gêneros alimentícios em ambientes não domésticos, mas não à exposição dos produtos aos consumidores, sem acesso direto pelo cliente;
- **Expositor Frigorífico:** refrigerador comercial para venda direta, destinado à exposição de gêneros alimentícios e outros artigos em um ambiente de varejo, tal como em supermercados. Pode ser do tipo Integral, Remoto ou Semi-Integral. Deve possuir área de exposição, seja aberta ou transparente. Não são considerados expositores frigoríficos os refrigeradores de bebidas, os conservadores para sorvetes, as máquinas de venda automática refrigeradas, e os expositores de sorvetes artesanais;
- **Refrigerador de Bebidas:** refrigerador comercial integral para venda direta destinado à venda e exposição de bebidas pré-embaladas não-perecíveis, definido na ISO 22044:2021, projetado para resfriar produtos carregados à temperatura ambiente até a classe de temperatura de armazenagem definida, dentro de um tempo especificado, nos quais o cliente tem acesso direto aos produtos. Pode ser aberto ou com porta ou uma tampa (transparente ou cega).
- **Conservador para Sorvetes:** um refrigerador comercial integral horizontal para venda direta destinado a conservar e/ou vender e expor sorvetes pré-embalados, conforme definido na ISO 22043:2020, aos quais o consumidor pode aceder abrindo uma tampa transparente ou cega situada na parte superior do gabinete; tem um volume líquido não superior a 600 litros (l) e, somente no caso dos conservadores para sorvetes com tampa transparente, um volume líquido dividido pela área de exposição total não inferior a 0,35 metros (m);

- **Congelador Horizontal com Porta Cega:** refrigerador comercial para armazenamento integral, horizontal, para congelados, e com porta cega;
- **Expositor de sorvetes artesanais:** refrigerador comercial para venda direta destinado a conservar, expor e servir sorvetes artesanais contidos em potes, dentro dos limites de temperatura prescritos;
- **Máquinas de venda automática refrigeradas:** refrigerador comercial para venda direta projetado para aceitar pagamentos de consumidores ou tokens para dispensar alimentos refrigerados ou outros itens sem intervenção de mão de obra no local;
- **Refrigerador comercial de canto:** expositores frigoríficos utilizados para estabelecer continuidade geométrica entre dois gabinetes lineares que fazem um ângulo entre eles e/ou que formam uma curva. Os refrigeradores comerciais de canto não possuem eixo longitudinal nem comprimento identificáveis, uma vez que consistem apenas numa forma de enchimento (em cunha ou semelhante), e não são concebidos para funcionar como unidades refrigeradas de instalação livre. O ângulo entre as duas extremidades laterais do refrigerador comercial de canto varia entre 30° e 90°;

Classificação segundo características construtivas:

- **Refrigerador integral:** o que dispõe de um sistema de refrigeração integrado, com compressor e unidade de condensação próprios;
- **Refrigerador remoto:** consiste num refrigerador que, para funcionar como aparelho de refrigeração, precisa ser conectado a componentes separados como o compressor e o condensador, não integrados ao gabinete;
- **Refrigerador semi-integral com unidade de condensação refrigerada a líquido:** que possui um condensador parcial ou totalmente resfriado por um circuito fechado de líquido;
- **Refrigerador Horizontal:** refrigerador equipado com uma abertura (aberto ou com porta ou tampa) horizontal na parte superior, acessível por cima;
- **Refrigerador Vertical:** refrigerador equipado com uma abertura (aberto ou com porta ou tampa) vertical ou inclinada frontal;
- **Refrigerador comercial para resfriados:** mantém continuamente a temperatura dos produtos armazenados à temperatura de funcionamento para alimentos não congelados.
- **Refrigerador comercial para congelados (Congelador):** mantém continuamente a temperatura dos produtos armazenados no refrigerador na temperatura de operação congelada.

7 CÁLCULO DO ÍNDICE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Para o cálculo de eficiência energética recomenda-se adotar o conceito de **Índice de Eficiência Energética (I_e)** como mostrado na Equação 1, o qual é definido como a razão entre o consumo de energia mensal (CE_M) declarado e o consumo padrão mensal (C_p).

O I_e é comumente utilizado para o cálculo de eficiência nos regulamentos de refrigeradores comerciais e residenciais, como é o caso da Portaria Nº 332, de 2 de agosto de 2021 para refrigeradores residenciais no Brasil. O valor de I_e é representado em porcentagem, e quanto maior, menor a eficiência do modelo avaliado. Por exemplo, o valor de 100% significa que o consumo de energia do refrigerador é igual ao do consumo padrão. Se o valor da eficiência I_e for de 60%, significa que o consumo de energia do refrigerador é de 60% do consumo padrão (ou seja, consome 40% a menos que o consumo padrão).

$$I_e = \frac{CE_M}{C_p} \cdot 100 \quad [\%] \quad \text{Eq. 1}$$

7.1 CONSUMO MENSAL DE ENERGIA (CE_M)

O consumo mensal de energia (CE_M) depende dos valores de consumo de energia medidos no laboratório segundo a norma de referência e as condições de ensaio especificadas no regulamento técnico. Alguns países preferem indicar o consumo de energia anual, porém, para outros equipamentos com etiqueta, o Brasil utiliza normalmente o consumo mensal como parâmetro de informação ao consumidor (30 dias). Esta preferência também foi constatada para os refrigeradores comerciais durante uma enquête realizada com os participantes do Grupo de Trabalho (PWG) do Projeto onde 8 votos foram a favor de utilizar o consumo de energia mensal e apenas 1 voto a favor de utilizar o consumo anual.

A Tabela 12 mostra as normas de referência, as condições de ensaio, e as recomendações para as equações do cálculo do consumo mensal de energia para os diferentes tipos de refrigeradores comerciais.

Para mais detalhes sobre condições de ensaio, ver o Anexo C, Seção C.2.

No caso do Congelador Horizontal com Porta Cega, a equação e os ensaios são os mesmos que no caso dos refrigeradores residenciais a partir de 2025, conforme indicado na Portaria Nº 332, de 2 de agosto de 2021 do INMETRO.

Tabela 12 Condições de ensaio, normas de referência, e consumo mensal para os diferentes tipos de refrigeradores comerciais

Tipo de refrigerador comercial	Norma de ensaio de referência	Temperatura de bulbo seco [°C]	Umidade relativa [%]	Consumo de Energia mensal (CE _M)
Expositor Frigorífico	ISO 23953-2	25	60	$CE_M = TEC \cdot 30$
Refrigerador de Bebidas	ISO 22044:2021	32,2	65	$CE_M = TEC \cdot 30$
Congelador para Sorvetes	ISO 22043:2020	30	55	$CE_M = TEC \cdot 30$
Congelador Horizontal com Porta Cega	IEC 62552-1-2-3:2020	Duas temperaturas: 16 e 32	Não especificada	$CE_M = (CE_{16} \cdot 0,5 + CE_{32} \cdot 0,5) \cdot 30$
TEC: Consumo de energia total em 24 horas (TEC do inglês, Total Energy Consumption) CE ₁₆ : Consumo de energia a 16°C em 24 horas CE ₃₂ : Consumo de energia a 32°C em 24 horas				

7.2 CONSUMO PADRÃO (C_p)

O consumo padrão pretende fixar um consumo de referência dependendo das características do refrigerador como: tipo, subtipo, tamanho, ou temperatura alvo. Normalmente, as equações básicas do consumo padrão são construídas a partir de dados de consumo no mercado e/ou modelos matemáticos que simulam a eficiência dependendo das características técnicas dos refrigeradores.

A Tabela 13 mostra as equações do consumo padrão para os diferentes tipos de refrigeradores comerciais.

Tabela 13 Equações para o Consumo Padrão dos diferentes tipos de refrigeradores comerciais

Tipo de refrigerador comercial	Consumo padrão anual C _p
Expositor Frigorífico	$C_p = 30 \cdot (M + N \cdot TDA) \cdot C \cdot CC$
Refrigerador de Bebidas	$C_p = 30 \cdot (M + N \cdot V_b) \cdot C \cdot CC$
Congelador para Sorvetes	$C_p = 30 \cdot (M + N \cdot V_u) \cdot C \cdot CC$
Congelador Horizontal com Porta Cega*	$C_p = (M + N \cdot FF \cdot \sum_{co}^n [f \cdot V_c]) \cdot CC$
<p>*Aqui foi utilizada a mesma equação que na portaria para Refrigeradores e Assemelhados (residencial), mas foi adicionado o coeficiente CC. Ver a Portaria nº 332, de 2 de agosto de 2021 para mais detalhes.</p> <ul style="list-style-type: none"> Os parâmetros M e N são mostrados na Tabela 14 e definem a equação do consumo C faz referência ao coeficiente compensatório para diferentes temperaturas do compartimento (ver Tabela 15) CC faz referência ao coeficiente compensatório para diferentes classes climáticas (ver Tabela 16) TDA faz referência a Área de Exposição do equipamento V_b faz referência ao Volume Bruto calculado segundo a ISO 22044:2021 V_u faz referência ao Volume Útil calculado segundo ISO a 22043:2020 V_c faz referência ao Volume do Compartimento calculado segundo a IEC 62552-3 f faz referência ao coeficiente compensatório da temperatura do compartimento para Congeladores Horizontais com porta Cega (Portaria nº 332, de 2 de agosto de 2021 do INMETRO) FF faz referência ao coeficiente compensatório para congeladores frost-free (FF=1,2), sendo FF=1 para modelos que não são frost-free 	

A estrutura das equações e parecida com as utilizadas no regulamento da União Europeia, com uma reta em função da Área Total de Exposição (TDA), ou Volume, caracterizada pelos parâmetros M e N, e com coeficientes compensatórios para variações de desenho, por exemplo o coeficiente C para diferentes temperaturas do compartimento. Outros países, como Austrália e Estados Unidos, também utilizam equações parecidas, mas sem adotar coeficientes compensatórios.

Nas Subseções a seguir se especificam os valores dos parâmetros e coeficientes compensatórios utilizados nas equações do consumo padrão, e as principais modificações em relação aos regulamentos da União Europeia.

7.2.1 Estrutura das equações do consumo padrão

As principais diferenças estruturais entre as equações da União Europeia e as recomendadas para o Brasil são:

- 1 **Eliminação do coeficiente compensatório para expositores frigoríficos integrais:** A união Europeia adota um coeficiente que acrescenta o consumo padrão em 10% para os expositores integrais, para considerar diferenças nos ensaios de consumo entre integrais e remotos. Porém, como se demonstrou no relatório “Pesquisa de Mercado para Refrigeradores Comerciais”, normalmente os modelos brasileiros integrais são classificados em classes de maior eficiência. Esta tendência também foi observada nas análises dos modelos Europeus da base de dados EPREL. Por esses motivos, e para simplificar a equação do consumo padrão, foi eliminado o coeficiente compensatório utilizado na UE.
- 2 **Modificação na estrutura da equação do consumo padrão para os refrigeradores de bebidas e Conservador para Sorvetes:** A União Europeia utiliza o coeficiente compensatório para temperatura do compartimento dentro do cálculo do volume equivalente, porém a equação proposta neste relatório utiliza o coeficiente compensatório (C) e (CC) multiplicando toda a equação, para não diferir das equações do expositor frigorífico, e para que seja mais transparente o impacto da adoção do coeficiente compensatório no consumo padrão e no cálculo de eficiência energética.
- 3 **Áreas de exposição diferentes para MEPS e etiquetas:** Como na maioria dos países, a Área de Exposição Total (TDA) foi proposta como parâmetro de tamanho do expositor frigorífico. Porém, observamos que esta abordagem gera uma vantagem para os refrigeradores com laterais transparentes. Uma possível alternativa para esta questão é apresentada na Seção 7.2.5, para a definição de área de exposição, com o objetivo de que os refrigeradores com laterais transparentes não sejam beneficiados na etiqueta de eficiência energética.

7.2.2 Parâmetros M e N

A Tabela 14 mostra os parâmetros M e N recomendados. Na maioria dos casos foram tomados como referência os valores utilizados na União Europeia, já que estes foram elaborados a partir das informações de milhares de modelos [2] e também foram

adotados na Austrália (com poucas modificações), tendo também sido escolhidos pela U4E nas suas guias de regulações modelo.

Porém, alguns parâmetros foram ajustados com base nos resultados da pesquisa de mercado realizada no Brasil, e na análise de dados de modelos existentes na União Europeia em 2022.

Refrigerador de Bebidas:

No caso do refrigerador de bebidas, os valores de M e N pretendem ser os mesmos que na UE, porém foram ajustados para as condições ambientais que serão utilizadas no Brasil (32,2°C e 65% UR), já que na UE são utilizadas condições diferentes (25°C e 60% UR). Para o ajuste, foi utilizado um modelo matemático elaborado pela equipe do Projeto, e apresentado com mais detalhe no Anexo D, acrescentando o valor de M e N com a diferença teórica no consumo de energia para passar de uma condição a outra, cujo resultado chega a um valor estimado de 36% (M arredondado a um decimal e N a três).

Todos os tipos de Refrigeradores de Bebidas (vertical vs. Horizontal, aberto vs. Porta transparente vs. Porta Cega) utilizam os mesmos valores de M e N por uma questão de simplificação. Como se mostrou na Pesquisa de Mercado realizada com os fabricantes, a maioria dos refrigeradores para bebidas é vertical e fechado (porta transparente ou cega).

Tabela 14 Parâmetros M e N para o cálculo do consumo padrão

Tipo de refrigerador comercial	Valor de M	Valor de N
Expositor Frigorífico Vertical e Combinado para Resfriados	9,1	9,100
Expositor Frigorífico Horizontal para Resfriados	4,4	4,200
Expositor Frigorífico Vertical e Combinado para Congelados	7,5	19,300
Expositor Frigorífico Horizontal para Congelados	4,0	10,300
Refrigerador de Bebidas	2,9	0,008
Congelador para Sorvetes	2,0	0,009
Congelador Horizontal com Porta Cega (2025)	0,325	298,6
Congelador Horizontal com Porta Cega (2030)	0,209	192,6

Expositores Frigoríficos:

Para o cálculo de consumo padrão, os expositores frigoríficos foram divididos¹⁴ em 4 subtipos: Horizontal vs. Vertical e combinado, e Resfriados vs. Congelados, mas não foram divididos conforme o tipo de abertura (transparente vs. Aberto) por dois motivos principais: por uma questão de simplificação, e porque utilizar o mesmo consumo padrão (C_p) no cálculo do índice de eficiência energética (I_e) permite comparar de forma mais transparente a eficiência entre abertos e fechados na etiqueta de eficiência

¹⁴ Na Seção 6 aparecem as definições dos diferentes subtipos de expositores frigoríficos.

energética. No caso dos MEPS, podem ser ajustados de forma diferente para abertos e fechados como foi visto na Seção 2.3.1.

Os valores recomendados para M e N dependem do tipo de Expositor Frigorífico:

- Para os expositores frigoríficos verticais (todos os tipos: abertos, fechados, remotos, integrais, congelados e resfriados), os parâmetros de M e N da União Europeia encaixam razoavelmente com os dados de modelos nacionais, de forma que não foi realizada nenhuma modificação nas recomendações.
- No caso dos expositores frigoríficos horizontais os valores de M e N da União Europeia não se encaixam bem com os dados de modelos nacionais. A Figura 11 mostra o valor de eficiência dos modelos Brasileiros de expositores horizontais, calculado com os M e N da União Europeia e comparado com a etiqueta da UE. A maioria dos modelos remotos ficariam fora dos MEPS da UE ($I_e=80\%$ em 2023), especialmente os fechados para resfriados (os horizontais integrais ficam melhor posicionados). Além disso, as análises dos dados de modelos da União Europeia em 2022 (não mostrados nesta Figura) também revelaram que os modelos remotos horizontais da União Europeia apresentam pior eficiência que os remotos verticais, especialmente para resfriados. Essa tendência, ao contrário dos modelos nacionais, também foi observada nos modelos horizontais integrais da União Europeia.

Portanto, baseado nos dados de modelos remotos brasileiros, e nos dados de modelos remotos e integrais da União Europeia, os valores de M e N recomendados para os expositores frigoríficos horizontais para resfriados foram acrescentados em cerca de 20% em comparação aos da União Europeia. Esse ajuste foi feito para que os valores dos MEPS e níveis da etiqueta sejam parecidos aos dos outros tipos de expositores frigoríficos (ver Seção 2.3). Os valores de M e N para os expositores frigoríficos horizontais para congelados permaneceram como os da UE.

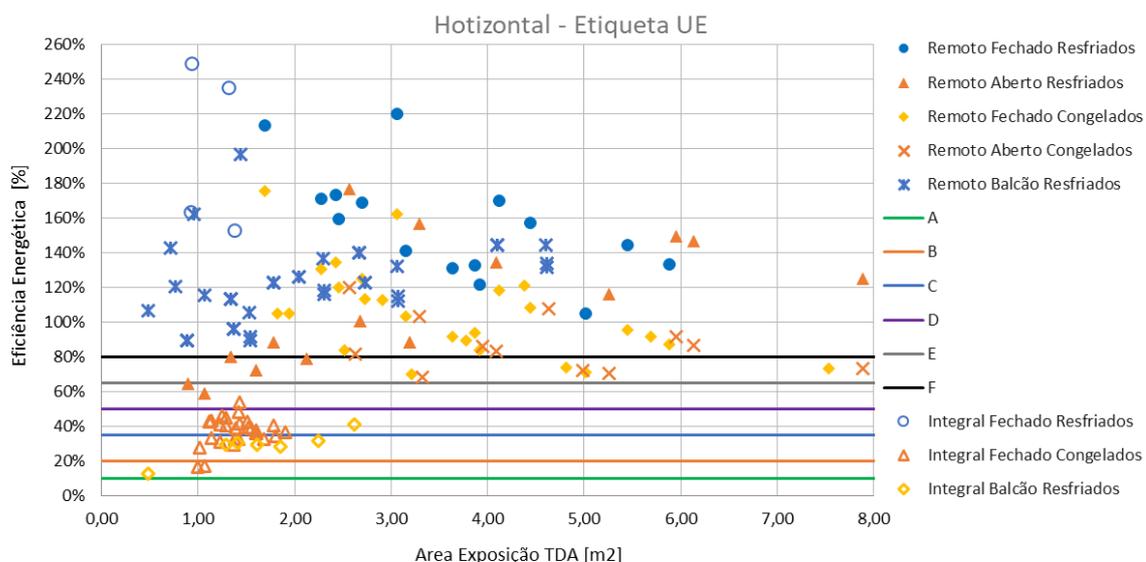


Figura 11 Modelos de Expositores Frigoríficos nacionais (remotos e integrais) e limites da etiqueta da União Europeia

Cabe lembrar que, devido à falta de uma regulamentação sobre os refrigeradores comerciais no Brasil, os fabricantes acabam realizando os ensaios de consumo de energia de seus equipamentos em condições distintas, o que tornou necessária a realização de ajustes nos dados e a adoção de fatores de correção, de forma a possibilitar a comparação entre os diferentes tipos de equipamentos.

Neste sentido, os resultados obtidos durante a pesquisa realizada no mercado da União Europeia foram particularmente úteis, possibilitando se entender melhor este setor no âmbito internacional, especialmente dos países que possuem um regulamento técnico em vigor, visando assim realizar melhores recomendações para a realidade do Brasil, ao se analisar e comparar com os dados dos modelos nacionais.

Conservador para Sorvetes:

Os valores de M e N para os conservadores para sorvetes permaneceram como os da União Europeia.

Todos os tipos de Conservadores para Sorvetes (Porta transparente vs. Porta Cega) utilizam os mesmos valores de M e N por uma questão de simplificação, e para possibilitar uma melhor comparação da etiqueta de eficiência energética.

Congelador Comercial Horizontal com Porta Cega:

No caso do Congelador Horizontal com Porta Cega, foram utilizados os mesmos parâmetros que o Congelador Horizontal, com base na Portaria de refrigeradores residenciais no Brasil (um para 2025 e outro para 2030). Este tipo de congelador (ou conservador), mesmo que seja identificado como comercial, tem características construtivas muito similares às dos Congeladores Horizontais declarados como domésticos. No Chile e na União Europeia os congeladores horizontais com porta cega são tratados no mesmo regulamento técnico, com as mesmas normas de ensaio, equações de consumo padrão, níveis de MEPS e etiquetas, independentemente de serem declarados como domésticos ou comerciais.

7.2.3 Classe de temperatura e coeficiente compensatório C

A classe de temperatura faz referência às temperaturas alvo dos compartimentos. Para ser classificado em uma ou outra classe de temperatura, o refrigerador deve ser capaz de manter as temperaturas dentro de uma determinada faixa, nas condições ambientais mais rigorosas declaradas (classe climática).

O parâmetro C das equações de consumo padrão é utilizado como coeficiente compensatório para as diferentes classes de temperatura no compartimento dos refrigeradores comerciais. **A Tabela 15 mostra os valores de C propostos para o regulamento brasileiro.**

No caso dos **expositores frigoríficos e refrigeradores de bebidas, os valores propostos diferem dos adotados pela União Europeia (no caso dos conservadores para sorvetes são os mesmos valores de C)**. A equipe do Projeto considerou os valores da UE superdimensionados no caso dos expositores frigoríficos, e subdimensionados no caso dos refrigeradores de bebidas. O Anexo D apresenta com

detalhe a metodologia utilizada para determinar os valores de C propostos para o mercado Brasileiro e a comparação com os valores da União Europeia. Por uma questão de simplificação e transparência, os coeficientes compensatórios C para expositores frigoríficos não foram subdivididos em verticais e horizontais, nem em abertos e fechados.

Tabela 15 Coeficiente compensatório para Classe de Temperatura C

Tipo de refrigerador	Classe de Temp.	Coeficiente C proposto Brasil
Refrigerador de Bebidas (fechado sem abertura de portas) Classe de temperatura: ISO 22044:2021	K5**	1,25
	K3	1,20
	K2	1,08
	K1	1,04
	K4*	1,00
Expositor Frigorífico para resfriados (horizontal e vertical; aberto e fechado) Classe de temperatura: ISO 23953-2	M0	1,15
	M1	1,10
	M	1,05
	M2*	1,00
	H2	0,92
	H1	0,85
Expositor Frigorífico para congelados (horizontal e vertical; aberto e fechado) Classe de temperatura: ISO 23953-2	L1*	1,00
	L2	0,92
	L3	0,92
Congelador para sorvetes Classe de temperatura: ISO 22043:2020	C1*	1,00
	C2	0,70

*Classe de temperatura de referência

**Classe climática especial (adicionada, não aparece na ISO nem no regulamento da UE)

Cabe lembrar que existem países, como Austrália, que não adotam coeficientes compensatórios para as diferentes temperaturas dos compartimentos, de modo a simplificar os cálculos do consumo padrão. Porém, isso deve ser considerado nos MEPS, para não banir equipamentos que foram ensaiados em temperaturas mais baixas. Outros países, como os EUA, adotam apenas uma temperatura para resfriados e outra para congelados (sem classes de temperatura nos ensaios).

Além das modificações nos valores de C em comparação com a União Europeia, também **foi adicionada uma classe climática, para o caso dos refrigeradores para bebidas**. Este ponto foi levantado pelos fabricantes durante as reuniões com o grupo de trabalho (PWG), sendo argumentado que no Brasil os clientes demandam uma classe de temperatura mais baixa do que as que constam na ISO 22044:2021, e isso implica em mudanças significativas no desenho e no consumo do refrigerador, como por exemplo o degelo e as resistências anti-condensação.

Durante uma das reuniões do PWG foi realizada uma enquete, com os seguintes resultados: de 11 respostas, 9 foram a favor de incluir uma nova classe de temperatura para os refrigeradores de bebidas, 1 foi contra, e 1 não soube responder. Das 9 respostas a favor de incluir uma classe de temperatura mais baixa, 3 também deram informações

sobre os limites de temperatura que deveriam ser considerados, sendo que as três respostas coincidem em que os limites devem ser:

- Temperatura mínima = -6°C
- Temperatura máxima = $+1^{\circ}\text{C}$
- Temperatura média = $-2,4^{\circ}\text{C}$

A ISO 22044:2021 deixa aberta a possibilidade de uma classe de temperatura especial, onde os fabricantes podem realizar os ensaios em condições diferentes das 4 classes de temperatura indicadas na norma. Recomenda-se, assim, que a nova classe seja especificada no regulamento técnico, para que todos os fabricantes que hoje utilizam uma temperatura mais baixa utilizem as mesmas condições.

Se o refrigerador é classificado em mais de uma classe de temperatura para o compartimento, a classe de menor temperatura será utilizada para o consumo de energia e o cálculo do consumo padrão.

No caso do congelador comercial horizontal com porta cega, foram recomendados os mesmos valores para os coeficientes de compensação de classe de temperatura do que no regulamento para os refrigeradores residenciais.

7.2.4 Classe climática e coeficiente compensatório CC

Cabe ressaltar que, para um mesmo tipo de refrigerador comercial, todos os modelos devem ser ensaiados nas mesmas condições ambientais para o ensaio de consumo de energia, mas o equipamento pode ser planejado para suportar condições climáticas mais rigorosas do que as utilizadas para o consumo de energia (mantendo o refrigerador na classe de temperatura do compartimento declarada).

Mesmo sendo testados nas mesmas condições climáticas para o ensaio de consumo de energia, os refrigeradores planejados para condições mais rigorosas costumam consumir um pouco mais de energia elétrica, já que precisam de compressores maiores para resistir às condições mais rigorosas.

A União Europeia utiliza coeficientes compensatórios de forma a não penalizar os refrigeradores que conseguem trabalhar em condições mais rigorosas. Os coeficientes só são utilizados nos refrigeradores de bebidas e congeladores para sorvetes (não são adotados coeficientes para os expositores frigoríficos). Outros países, como Austrália ou os Estados Unidos, não utilizam coeficientes compensatórios, dependendo da classe climática, por uma questão de simplificação.

A Tabela 16 mostra os coeficientes compensatórios CC recomendados para o Brasil, para as diferentes classes climáticas. Em seguida são apresentadas as justificativas das recomendações para o coeficiente compensatório de classe climática CC para os diferentes tipos de refrigeradores comerciais.

Tabela 16 Coeficiente compensatório para Classe Climática CC

Tipos de equipamento	Classe climática segundo a norma de ensaio	Coeficiente CC proposto Brasil
Expositor Frigorífico Classe climática: ISO 23953-2	3* (25°C ; 60%)	1,000
	4 (30°C ; 55%)	1,000
	6 (27°C ; 70%)	1,000
	5 (40°C ; 40%)	1,000
	7 (35°C ; 75%)	1,000
Refrigerador de Bebidas Classe climática: ISO 22044:2021	CC2* (32,2°C ; 65%)	1,000
	CC3 (40,6°C ; 75%)	1,030
Congelador para Sorvetes Classe climática: ISO 22043:2020	A* (Min (16°C; 80 %) <> Max (30°C; 55 %))	1,000
	B (Min (16°C; 80 %) <> Max (35°C; 75 %))	1,025
	C (Min (16°C; 80 %) <> Max (40°C; 40 %))	1,060
Congelador Horizontal com Porta Cega Classe climática: IEC 62552-1-2-3:2020	ST (Min=16°C <> Max=38°C)	1,000
	T (Min=16°C <> Max=43°C)	1,000

*Classe climática de referência

Expositores Frigoríficos:

Durante as primeiras reuniões do Grupo de Trabalho (PWG) foi notado interesse para se saber mais sobre os coeficientes compensatórios, e sobre a possibilidade de serem implementados também nos expositores frigoríficos. A equipe do Projeto preparou uma proposta de coeficientes para os expositores frigoríficos, a qual foi apresentada durante uma das reuniões do PWG. Porém, uma enquete realizada com o grupo de trabalho mostrou que 62% dos participantes são contra a adoção deste tipo de coeficiente para os expositores frigoríficos.

O resultado da enquete foi considerado pela equipe técnica do Projeto e assim não estão sendo recomendados coeficientes compensatórios de classe climática para os expositores frigoríficos. Os principais motivos sendo:

- Simplicidade na aplicação das equações de consumo padrão.
- O fato de que expositores frigoríficos são instalados normalmente em ambientes climatizados
- Os expositores remotos não possuem compressor incorporado, e as modificações necessárias para fazê-lo trabalhar em condições mais rigorosas não provocariam um aumento no consumo de energia na condição ambiental do ensaio de consumo (não é o caso dos expositores integrais)

Cabe salientar que na norma ISO 23953-2:2015 constam classes climáticas menos rigorosas que 25°C e 60% de Umidade Relativa (UR), porém recomenda-se utilizar esta condição como requisito mínimo, já que esta é utilizada para o ensaio de consumo de energia.

Refrigerador de Bebidas:

Conforme citado anteriormente, a União Europeia utiliza um coeficiente compensatório (CC) no cálculo de volume equivalente, o que faz com que o impacto do coeficiente dependa do tamanho do refrigerador. As recomendações para o Brasil colocam os coeficientes compensatórios fora do cálculo do volume equivalente, para uma maior transparência no impacto destes (na UE o cálculo depende do tamanho do refrigerador, mas nas recomendações para o Brasil não). Por isso, o valor dos coeficientes compensatórios dos refrigeradores de bebidas recomendado para o Brasil não são os mesmos que o da União Europeia, mas foram definidos de forma a terem um impacto parecido no cálculo do consumo padrão.

Outra diferença com relação à União Europeia é o valor de CC recomendado para o Brasil, na condição de 32,2°C e 1,00, já que esta é a condição para o ensaio de consumo de energia, e portanto, a mínima condição climática possível no caso do Brasil. Na União Europeia, a condição do ensaio de consumo e mínima classe climática permitida é a de 25°C, de forma que o valor de CC=1,00 é considerado nesta condição.

Conservador para Sorvetes:

Como no caso dos Refrigeradores de Bebidas, a União Europeia utiliza o coeficiente compensatório (CC) dentro do cálculo de volume equivalente, o que faz que o impacto do coeficiente dependa do tamanho do conservador. As recomendações para o Brasil colocam os coeficientes compensatórios fora do cálculo do volume equivalente para proporcionar maior transparência no impacto destes (na UE dependerá do tamanho do conservador, e no Brasil não).

Em conclusão, os valores recomendados para o coeficiente compensatório dos conservadores para sorvetes recomendados para o Brasil foram escolhidos para terem um impacto parecido ao da União Europeia no cálculo do consumo padrão, mas são diferentes por serem considerados fora do cálculo do volume equivalente.

Cabe salientar que, no caso do conservador para sorvetes, o aparelho deve ser ensaiado a duas temperaturas, uma temperatura mínima e outra máxima.

Congelador Horizontal com Porta Cega

No caso do Congelador Horizontal com Porta Cega não foi proposto nenhum coeficiente compensatório de classe climática, para se alinhar à portaria de refrigeradores residenciais (Portaria Nº 332, de 2 e agosto de 2021 do INMETRO).

O novo regulamento técnico brasileiro para refrigeradores residenciais (Portaria Nº 332 de 02 de agosto de 2021 do INMETRO) especifica que só poderão ser comercializados os congeladores com classe climática Tropical T, com uma temperatura de operação máxima de 43°C. Durante as reuniões com o grupo de trabalho do Projeto GCF, um fabricante comentou que a classe climática Tropical faz que tenha casos em que os refrigeradores sejam superdimensionados, levando a um maior consumo de energia.

Portanto, recomendamos que também sejam aceitos os congeladores com a classe climática Sub-Tropical ST, com uma temperatura de operação máxima de 38°C, já que

esta temperatura pode ser suficiente para a maioria dos locais onde este equipamento é instalado no Brasil. Assim, o fabricante decidirá se prefere planejar o congelador para classe ST ou T, dependendo do seu público-alvo.

7.3 ÁREA DE EXPOSIÇÃO E VOLUME

No caso dos **Refrigeradores de Bebidas**, o parâmetro recomendado para definição da capacidade será o de **Volume**, já que este é adotado normalmente nos refrigeradores para bebidas no Brasil, e a ISO 22044:2021 incorpora um anexo para o cálculo.

No caso dos **Conservadores para Sorvetes**, o parâmetro recomendado para definição da capacidade será o **Volume**, já que este é usado normalmente no Brasil e a ISO 22043:2020 incorpora um anexo para o cálculo. Porém, nos conservadores para sorvetes com porta transparente, também deverá ser calculada a Área Total de Exposição (TDA), para comprovar que o aparelho cumpre com a definição de congelador para sorvetes da ISO 22043:2020.

No caso do **Congelador Horizontal com Porta Cega**, o parâmetro recomendado para definição da capacidade será o **Volume**, nas mesmas condições que na portaria de refrigeradores residenciais (Portaria Nº 332, de 02 de agosto de 2021 do INMETRO).

Nos dados obtidos durante a pesquisa de mercado no Brasil, todos os modelos de **expositores frigoríficos** remotos informaram a Área Total de Exposição (TDA) e o Volume, porém, no caso dos integrais, a maioria informou volume e uns poucos informaram os dois, volume e TDA.

Na maioria de países que regulamentam os expositores frigoríficos é utilizada a Área Total de Exposição (TDA) como parâmetro de medida de tamanho, já que este é um parâmetro útil para os usuários deste tipo de expositores. A TDA pode ser calculada com base na ISO 23953-2.

Durante as reuniões do grupo de trabalho (PWG), o representante de um dos fabricantes indicou preferência por se utilizar como parâmetro de referência a área de exposição nos dois tipos de expositores, remotos e integrais. Isso faz sentido, já que em muitos casos os modelos remotos podem competir com os integrais e, portanto, deveriam utilizar as mesmas equações no cálculo de eficiência energética, sendo a área de exposição uma boa opção, pela importância para o consumidor e por uma questão de harmonização com outros países (o fabricante pode decidir informar também o volume).

Neste sentido o parâmetro recomendado para definição da capacidade do Expositor Frigorífico é o da Área Total de Exposição (TDA) visando a simplicidade e harmonização com outros países. No entanto, é importante ressaltar que o uso da TDA pode beneficiar expositores frigoríficos com laterais transparentes (ou abertos), uma vez que um maior TDA resultará em um consumo padrão maior, o que pode levar a melhores resultados no cálculo de eficiência energética utilizando as equações atuais que consideram a TDA.

A Figura 12 ilustra um caso real de dois modelos da União Europeia, onde o modelo com laterais transparentes consegue obter uma classificação de eficiência mais alta (classe "A"), apesar de consumir mais energia e ter um volume menor do que o expositor com laterais cegas, que é classificado apenas na classe "B".

Esse efeito no cálculo do índice de eficiência pode confundir os usuários de expositores frigoríficos e incentivar o uso de modelos com laterais transparentes por parte dos fabricantes, especialmente se houver incentivos fiscais para os modelos que alcançarem as classes de eficiência mais altas da etiqueta. No entanto, esse não é um resultado desejado em termos de eficiência energética.

A União Europeia já recebeu comentários de associações, como a TOPTEN, expressando preocupação sobre esse tema no regulamento técnico da UE. No entanto, até o momento, nenhuma ação foi anunciada para resolver o problema, e o rascunho da nova ISO 23953 continua calculando a TDA sem nenhuma modificação.

Portanto, embora seja recomendado utilizar a TDA para o cálculo da eficiência energética devido à simplicidade e harmonização com outros países, é recomendável acompanhar de perto essa questão para verificar se há necessidade de atualizações futuras no regulamento técnico.

A seguir se mostram algumas possíveis soluções que poderiam ser consideradas para uma futura atualização dos regulamentos técnicos.

A organização TOPTEN [5] propôs, em um documento com recomendações para o regulamento da UE, que seja monitorado o impacto dos equipamentos com laterais transparentes no cálculo de eficiência energética, para verificar se o mesmo deve ser redefinido. Duas opções são consideradas pela TOPTEN: usar a área de exposição principal (área de acesso) para o cálculo do consumo padrão ao invés da área total de exposição, ou utilizar diretamente o volume.

Uma alternativa, que poderia resolver o problema sem banir do mercado aqueles equipamentos que devem ter as laterais transparentes, seja por motivo de funcionalidade ou exigência dos clientes, seria utilizar dois tipos de área de exposição para o cálculo da eficiência energética, dependendo apenas de identificar se será utilizada para o índice mínimo de eficiência energética (MEPS) ou para a etiqueta de eficiência:

- Para MEPS: a área de exposição utilizada seria a TDA, calculada segundo a ISO 23953-2, ou seja, incluindo todos os lados transparentes e abertos (Área Total de Exposição). Desta forma, não serão banidos do mercado produtos com laterais transparentes.
- Para etiquetagem: a área de exposição utilizada seria a Área de Exposição de Acesso (AEA), quer dizer, a área da parte frontal no caso dos expositores verticais ou a parte superior nos horizontais, com exceção dos balcões de atendimento, para os quais será utilizada a TDA



- Volume: 914 L
- TDA: 1,38 m²
- Consumo: 1450 kWh/a
- Norm: 10000 kWh/a

- Volume: 793 L
- TDA: 3,01 m²
- Consumo: 1478 kWh/a
- Norm: 16795 kWh/a

*Figura 12 Comparação de dois modelos da União Europeia com e sem lateral transparente
(Fonte: TopTen)*

A vantagem de se utilizar a TDA para MEPS e a AEA para a etiqueta, é que a etiqueta continua desempenhando a função de promover os produtos mais eficientes, sem isenções criadas por uma questão de desenho nas equações do consumo padrão, porém os MEPS deixam de atingir esses produtos, por enquanto, até que se tenha maior informação do mercado.

O maior problema do uso da Área de Exposição de Acesso (AEA), é que esta não vem definida na norma de ensaio, e o regulamento deveria incluir todas as definições e explicações necessárias, o que poderia levar a erros no entendimento da aplicação do regulamento e da norma de ensaio. Por exemplo, existem equipamentos onde é difícil definir qual seria a AEA, como no caso dos balcões de serviço, onde o acesso é feito pela parte traseira, mas no qual os produtos são expostos pela parte frontal.

Referências

[1] PROCEL (2021), Mapeamento do Mercado de Refrigeradores Comerciais; Produto 1, 2, 3 e 4. <http://www.procelinfo.com.br/main.asp>

[2] European Commission (2014), Review study ecodesign & energy labelling for Commercial Refrigeration

[3] European Commission (2016), Preparatory/review study: Commission Regulation (EC) No. 643/2009 with regard to ecodesign requirements for household refrigeration appliances and Commission Delegated Regulation (EU) No. 1060/2010 with regard to energy labelling of household refrigeration appliances FINAL REPORT

[4] Instituto Escolhas (2021), O impacto econômico da eficiência energética no Brasil: refrigeradores. https://www.escolhas.org/wp-content/uploads/Relatorio_geladeiras.pdf

[5] TOPTEN (2018), Policy Recommendations on Commercial Refrigerated Display Cabinets

[6] Gustavo G. HEIDINGER, (2018), Estudos experimentais de análise do desempenho termodinâmico e eficiência energética de equipamentos de refrigeração em climas tropicais. Tese para obtenção do Grau de Doutor em Engenharia Mecânica

[7] Gustavo G. HEIDINGER, Samuel M. NASCIMENTO, Pedro D. GASPAR, Pedro D. SILVA, (2019), Comparing open and closed vertical refrigerated display cabinets at mild and tropical external environments. 25th IIR International Congress of Refrigeration, Montreal, Canada.

[8] Orlandi M., Visconi, F.M., Zampini S., (2013), CFD assisted design of closed display cabinets. Conference: 2nd IIR International Conference on Sustainability and the Cold Chain

[9] LINDBERG U., AXELL M., FAHLÉN P., (2010), Vertical display cabinets without and with doors: a comparison of measurements in a laboratory and in supermarket. 1st IIR International Conference on Sustainability and the Cold Chain

[10] Ahmad Ali Al-Sahhaf, (2011), investigation of the entrainment and infiltration rates through air curtains of open low-front refrigerated display cabinets. PhD Thesis, School of Engineering and Design, Brunel University

[11] EU (2019), Impact Assessment for the Review Study Ecodesign & Energy Labelling on Commercial Refrigeration

[12] REGULATION (EU) 2019/2018, supplementing Regulation (EU) 2017/1369 of the European Parliament and of the Council with regard to energy labelling of refrigerating appliances with a direct sales function.

[13] UNEP's United for Efficiency (2021). Model Regulation Guidelines for Commercial Refrigeration Equipment. Nairobi

<https://united4efficiency.org/resources/model-regulation-guidelines-for-energy-efficient-and-climate-friendly-commercial-refrigeration-equipment/>

[14] MCTI (2022). Fator médio - Inventários corporativos. https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao_1

[15] IEMA (2020). As emissões brasileiras de gases de efeito estufa nos setores de Energia e de Processos Industriais em 2019. <https://energiaeambiente.org.br/as-emissoes-brasileiras-de-gases-de-efeito-estufa-nos-setores-de-energia-e-de-processos-industriais-em-2019-20201201>

Anexo A Custo do Ciclo de Vida

Este Anexo apresenta o custo do ciclo de vida para 4 tipos de refrigeradores comerciais (Tabelas 17, 18, 19 e 20). O custo do ciclo de vida considera o custo total do equipamento: custo inicial, manutenção, instalação e custo de eletricidade durante a sua vida útil.

Devido à falta de acesso a dados sobre custos iniciais e custos associados a melhorias em eficiência dos equipamentos, estes resultados estão baseados nos relatórios de atualização do regulamento da União Europeia, elaborados no ano 2014 [2]. Os resultados correspondem a modelos de tamanho médio para cada um dos tipos de refrigeradores comerciais considerados. Para considerar os custos de eletricidade em anos futuros, o aumento no preço da energia elétrica foi considerado igual à inflação.

Em todos os casos, o equipamento com maior eficiência é o que tem o menor custo do ciclo de vida. Isso deve-se a que o custo do ciclo de vida dos aparelhos de refrigeração comercial está dominado pelo custo do consumo de energia na fase de uso. Neste sentido, mesmo que o estudo seja para os equipamentos da União Europeia do ano 2014, e que no caso do Brasil poderiam diferir quantitativamente, de forma qualitativa também se espera que o custo para os usuários de refrigeradores comerciais no Brasil também esteja dominado pelo consumo na fase de uso.

Cabe salientar que as opções de melhoria apresentadas para os diferentes tipos de refrigeradores comerciais não incluem todas as possibilidades, apenas dos que a equipe que realizou o estudo da União Europeia conhecia os custos associados, de forma que existem outras melhorias que poderiam reduzir ainda mais o consumo de energia, e poderiam levar os custos mínimos do ciclo de vida para equipamentos ainda mais eficientes dos que são mostrados aqui.

Tabela 17 Custo do ciclo de vida para um Expositor Frigorífico Remoto Vertical Aberto (Multi-prateleira) para resfriados (TDA=7 m²) com diferentes opções de melhoria. Adaptado do estudo da UE [2]

Opção de melhoria	Tipo de melhoria	Economia de energia	Consumo diário TEC (kWh/dia)	Custo (inclui manutenção) EUR	Custo do Ciclo de Vida EUR
Caso base	Nenhuma	0	73,1	5.983	32.878
Opção 1	LED	-5%	69,4	6.018	31.552
Opção 2	ventilador eletrônico	-8%	67,3	6.118	30.879
Opção 3	otimização cortina de ar	-10%	65,8	6.183	30.392
Opção 4	Cortina noturna	-26%	54,1	6.123	26.027
Opção 5	Portas	-40%	43,9	7.733	23.885
Opção 1+2		-13%	63,6	6.153	29.553
Opção 1+2+3		-21%	57,8	6.353	27.619
Opção 1+2+3+4		-42%	42,4	6.493	22.093
Opção 1+2+5		-48%	38,0	7.903	21.884

Tabela 18 Custo do ciclo de vida para um Expositor Frigorífico Remoto Horizontal Aberto (ilha) para congelados (TDA=7 m²) para diferentes opções de melhoria. Adaptado de UE [2]

Opção de melhoria	Tipo de melhoria	Economia de energia	Consumo diário TEC (kWh/dia)	Índice de eficiência	Custo (inclui manutenção) EUR	Custo do Ciclo de Vida EUR
Caso base	Nenhuma	0	79,4	104%	6.680	35.893
Opção 1	ventilador eletrônico	-5%	75,4	104%	6.845	34.586
Opção 2	Controlador anti-condensação	-6%	74,6	103%	6.905	34.352
Opção 3	Cortina noturna	-18%	65,1	89%	7.080	31.032
Opção 4	Tampa de vidro	-37%	50,0	69%	8.930	27.326
Opção 1+2+3	-	-27%	58,0	80%	7.790	29.129
Opção 1+2+4	-	-44%	44,5	61%	9.320	25.692

Tabela 19 Custo do ciclo de vida para um Refrigerador de Bebidas com porta transparente (V=500 Litros) para diferentes opções de melhoria. Adaptado do estudo da UE [2]

Opção de melhoria	Tipo de melhoria	Economia de energia	Consumo diário TEC (kWh/dia)	Custo (inclui manutenção) EUR	Custo do Ciclo de Vida EUR
Caso base	Nenhuma	0	7,3	1.055	4.892
Opção 1	LED	-20%	5,8	1.090	4.160
Opção 2	Termostato eletrônico	-6%	6,9	1.080	4.687
Opção 3	Ventiladores eletrônicos (ECM)	-20%	5,8	1.105	4.175
Opção 4	Dispositivos de Gerenciamento de Energia (EMD)	-26%	5,4	1.095	3.934
Opção 1+2+3		-40%	4,4	1.165	3.473
Opção 1+2+3+4		-44%	4,1	1.205	2.913

Tabela 20 Custo do ciclo de vida para um Conservador para sorvetes com porta transparente (V=291 Litros) para diferentes opções de melhoria. Adaptado do estudo da UE [2]

Opção de melhoria	Tipo de melhoria	Economia de energia	Consumo diário TEC (kWh/dia)	Custo (inclui manutenção) EUR	Custo do Ciclo de Vida EUR
Caso base	Nenhuma	0	3,6	964	2.856
Opção 1	Compressor eficiente	-5%	3,4	972	2.759
Opção 2	Aumentar tamanho trocador de calor	-4%	3,5	977	2.817
Opção 3	Ventiladores eletrônicos (ECM)	-5%	3,4	989	2.776
Opção 1+2+3		-13%	3,1	1.010	2.639

Anexo B Redução do consumo médio unitário

A Tabela 21 mostra as premissas da redução do consumo médio unitário (por modelo) por ano estimadas para cada cenário em base à metodologia apresentada na Seção 1 deste relatório.

Tabela 21 Premissas de melhoria de eficiência (redução no consumo médio unitário) para cada tipo de refrigerador comercial em diferentes períodos para o Cenário Base (C.0), Cenário de só MEPS (C.1), Cenário de só Etiqueta (C.2), e Cenário de MEPS + Etiqueta (C.3) (R-=Remoto; I-=Integral; V=Vertical; H=Horizontal; F=Fechado; A=Aberto; R=Resfriados; C=Congelados; BA=Balcão)

Tipo de Refrigerador	Entre 2022 e 2024	Ano 2025			Em 2026 e 2027			Em 2028 (MEPS)			Entre 2029 e 2035	
	Todos os Cenários	Cenário C.0	Cenário C.1 e C.3	Cenário C.2	Cenário C.0 e C.1	Cenário C.2 e C.3	Cenário C.0	Cenário C.1	Cenário C.2	Cenário C.3	Cenário C.0 e C.1	Cenário C.2 e C.3
Refrig. de Bebidas	0,50%	0,50%	3,6%	0,50%	0,50%	2,5%	0,50%	5,9%	2,5%	5,9%	0,50%	2,5%
Conserv. Sorvetes	0,50%	0,50%	1,5%	0,50%	0,50%	1,8%	0,50%	4,1%	1,8%	4,1%	0,50%	1,8%
EF Remotos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R-VFR	0,25%	0,25%	1,0%	0,25%	0,25%	2,0%	0,25%	2,0%	2,0%	2,0%	0,25%	2,0%
R-VAR	0,50%	0,50%	1,5%	0,50%	0,50%	3,0%	0,50%	3,0%	3,0%	3,0%	0,50%	3,0%
R- VFC	0,25%	0,25%	1,0%	0,25%	0,25%	2,0%	0,25%	2,0%	2,0%	2,0%	0,25%	2,0%
R- HFR	0,50%	0,50%	10,0%	0,50%	0,50%	3,0%	0,50%	10,0%	3,0%	10,0%	0,50%	3,0%
R-HAR	0,50%	0,50%	3,0%	0,50%	0,50%	3,0%	0,50%	8,3%	3,0%	8,3%	0,50%	3,0%
R-HFC	0,25%	0,25%	5,6%	0,25%	0,25%	2,0%	0,25%	10,0%	2,0%	10,0%	0,25%	2,0%
R-HAC	0,50%	0,50%	1,1%	0,50%	0,50%	3,0%	0,50%	6,9%	3,0%	6,9%	0,50%	3,0%
R-BAR	0,25%	0,25%	2,9%	0,25%	0,25%	2,0%	0,25%	10,0%	2,0%	10,0%	0,25%	2,0%
EF Integrais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I-VFR	0,50%	0,50%	1,0%	0,50%	0,50%	2,5%	0,50%	2,9%	2,5%	2,9%	0,50%	2,5%
I-VAR	0,50%	0,50%	2,0%	0,50%	0,50%	3,0%	0,50%	7,2%	3,0%	7,2%	0,50%	3,0%
I-VFC	0,50%	0,50%	1,5%	0,50%	0,50%	2,5%	0,50%	4,2%	2,5%	4,2%	0,50%	2,5%
I-HFR	0,50%	0,50%	10,0%	0,50%	0,50%	2,5%	0,50%	10,0%	2,5%	10,0%	0,50%	2,5%
I-HFC	0,50%	0,50%	2,0%	0,50%	0,50%	2,5%	0,50%	2,5%	2,5%	2,5%	0,50%	2,5%
I-BAR	0,50%	0,50%	2,0%	0,50%	0,50%	3,0%	0,50%	3,0%	3,0%	3,0%	0,50%	3,0%

Anexo C Discussão para Tomada de Decisões

Este Anexo acrescenta informações importantes que foram utilizadas para a tomada de decisões, mas que não foram incorporadas no corpo principal do relatório para propiciar uma maior clareza e leitura do relatório.

C.1 Norma de ensaio

C.1.1 Refrigerador de Bebidas

Conforme comentado na Seção 4.2 do relatório de “Melhores Práticas Internacionais”, a nova ISO 22044:2021 é específica para refrigeradores de bebidas e resolve algumas deficiências da ISO 23953-2:2015 quando aplicada a refrigeradores para bebidas (norma de referência até agora no Brasil). Cabe ressaltar que as duas normas foram desenvolvidas pelo mesmo comitê técnico (ISO/TC 86/SC 7), de forma que não deveria haver sobreposição entre elas. Além disso, o rascunho da nova ISO 23953-2, cuja versão final era aguardada para o final de 2022, exclui do escopo os refrigeradores para bebidas, por estes terem sido contemplados em uma norma específica, a ISO 22044:2021.

A ISO 22044:2021 ainda não é muito conhecida pelos fabricantes brasileiros. Segundo a Pesquisa de Mercado realizada com os fabricantes, a maioria indicou a ISO 23953-2:2015 como norma de referência nos ensaios que realizam, porém, com modificações que se assemelham aos requisitos da nova norma ISO 22044:2021. Por exemplo, o ensaio de consumo de energia é feito sem abertura de portas, e muitos ensaios foram feitos nas condições de 32°C e 65% UR (condição não disponível na ISO 23953-2). Além disso, durante a Reunião do Grupo de Trabalho (PWG) do dia 28 de abril de 2022 foi realizada uma enquete onde 100% dos respondentes votaram a favor de se adotar a ISO 22041:2021 (foram 10 votos a favor e 0 contra).

Por este motivo, recomenda-se usar a **ISO 22044:2021** para os refrigeradores de bebidas que entram na definição¹⁵ da própria norma. Cabe ressaltar que aqueles refrigeradores que não cumprem com essa definição devem ser considerados como expositores frigoríficos (ou outros tipos) e utilizar a norma correspondente.

A equipe do Projeto contatou a ABNT para transmitir o interesse da indústria pela nova norma ISO 22044:2021 e informar sobre a possível regulamentação do setor de refrigeração comercial no futuro. A ABNT respondeu positivamente, sendo que já se encontram avançados os trabalhos de tradução e nacionalização desta norma, contando

¹⁵ Integral e projetado para armazenar e exibir apenas bebidas não perecíveis e com capacidade de abatimento de temperatura (pull-down)

com a coordenação da equipe do Projeto e participação de outros integrantes do PWG no comitê técnico ABNT-CE055.

C.1.2 Expositor Frigorífico

Para os expositores frigoríficos, recomenda-se adotar a ISO 23953-2, já que esta norma é utilizada atualmente pelos fabricantes brasileiros e já foi nacionalizada pela ABNT. Porém, é recomendada a utilização da última versão, que havia sido prevista para ser publicada no final de 2022, sendo que no momento de finalização deste relatório já existia um rascunho para análise dos interessados. O relatório de “Melhores Práticas Internacionais” apresenta as principais mudanças entre a versão atual (de 2015) e o rascunho da nova versão. A principal novidade da nova versão é que, além dos expositores integrais e remotos, são incluídos procedimentos de ensaio para unidades condensadoras refrigeradas a líquido (semi-integrais).

C.1.3 Conservadores para Sorvetes

Conforme citado na Seção 4.3 do relatório de “Melhores Práticas Internacionais”, a nova ISO 22043:2021 é específica para conservadores para sorvetes e resolve algumas deficiências da ISO 23953-2:2015 (quando esta é aplicada a conservadores para sorvetes) que é a norma de referência até agora no Brasil. Cabe ressaltar que as duas normas foram desenvolvidas pelo mesmo comitê técnico (ISO/TC 86/SC 7), de forma que não deveria haver sobreposição entre elas. Além disso, o rascunho da nova ISO 23953-2, cuja versão final era aguardada para o final de 2022, exclui do escopo os conservadores para sorvetes, que agora são tratados na norma específica ISO 22043:2021.

A ISO 22043:2021 ainda não é muito conhecida pelos fabricantes brasileiros. Dos três fabricantes que enviaram informações sobre Conservadores para Sorvete, só um utilizou a ISO 22043:2021 como norma de referência, enquanto dois fabricantes utilizaram a ISO 23953-2:2015. Porém, durante a Reunião do Grupo de Trabalho do dia 30 de junho de 2022 foi realizada uma enquete sobre este assunto, que apontou a ISO 22043:2021 como a norma preferencial, com 12 votos a favor, e apenas 01 voto a favor da utilização da ISO 23953-2.

Por este motivo, recomenda-se a adoção da ISO 22043:2021 como norma de referência para os Conservadores para Sorvetes, sendo estes definidos conforme a própria norma.

Cabe ressaltar que aqueles conservadores que não cumprirem com essa definição devem ser considerados como expositores frigoríficos (ou outros tipos), utilizando a norma correspondente.

C.1.4 Congeladores Comerciais Horizontais com Porta Cega

Diferentemente dos outros refrigeradores comerciais, os congeladores horizontais com porta cega normalmente não possibilitam acesso direto pelos consumidores, mas são considerados comerciais porque são utilizados em ambientes profissionais.

Na União Europeia e em outros países, como o Chile, o congelador horizontal com porta cega declarado como comercial pelos fabricantes está incluído na regulamentação para refrigeração residencial, já que muitas vezes é difícil diferenciar entre equipamentos domésticos e comerciais em termos de tecnologia e aparência do equipamento, e a definição de “Doméstico” ou “Comercial” depende principalmente da declaração do fabricante (ou seja, o objetivo de mercado do equipamento). Nestes países, o congelador horizontal com porta cega comercial é ensaiado com a norma de teste para refrigeradores residenciais e assemelhados IEC 62552-1-2-3: 2015.

Porém, o novo regulamento técnico brasileiro para refrigeradores residenciais (Portaria Nº 332 de 02 de agosto de 2021 do INMETRO) indica claramente que os congeladores declarados como comerciais não estão incluídos no escopo, mesmo que tenham portas cegas. Neste sentido, duas possibilidades poderiam ser contempladas:

- Modificar a portaria de refrigeradores residenciais, para que inclua o congelador horizontal com porta cega declarado como comercial
- Incluir o congelador horizontal com porta cega declarado como comercial no regulamento de comercial com os expositores frigoríficos, refrigeradores de bebidas e conservadores para sorvetes.

Durante a Reunião do Grupo de Trabalho do dia 30 de junho de 2022 foi realizada uma enquete na qual 11 votos, de um total de 13, foram a favor da incluir o congelador horizontal com porta cega (declarado como comercial) no regulamento técnico específico para equipamento comercial.

Seja qual for a decisão de como será feita a regulação do congelador horizontal com porta cega declarado como comercial, e com base na experiência internacional, a equipe técnica do Projeto recomenda que sejam utilizadas as mesmas métricas e normas de ensaio dos congeladores horizontais declarados como residenciais. Neste sentido, a norma de referência recomendada é a IEC 62552-1-2-3:2015+AMD1:2020.

C.2 Condição ambiental para o consumo de energia

C.2.1 Refrigerador de Bebidas

A pesquisa de mercado realizada com os fabricantes durante o Projeto mostrou que atualmente 74% dos modelos são ensaiados nas condições de 32°C de temperatura e 65% de umidade relativa. Além disso, como pode ser observado na Figura 13, durante a Reunião do Grupo de Trabalho do dia 28 de abril de 2022 foi realizada uma enquete onde 77% dos participantes votaram a favor de utilizar as condições de 32,2°C e 65% (10 votos de 13).

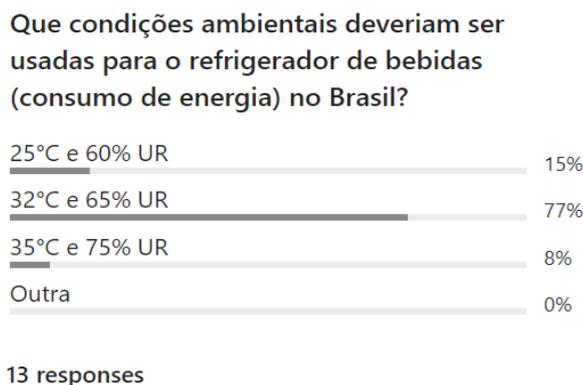


Figura 13 Enquete sobre condições de ensaio para Refrigeradores de Bebidas

Durante outras reuniões do Grupo de Trabalho também houve quem opinou por se utilizar as condições 25°C e 60% UR, por serem mais representativas (em média) do Brasil, levando a resultados do consumo de energia em condições ambientais mais comuns. Porém, ensaiar o refrigerador a uma temperatura mais alta da média, ajudaria a compensar¹⁶ o consumo de energia por abertura de portas e processamento de carga, que não é considerado no ensaio de consumo de energia com a ISO 22044:2021, levando o consumo medido em laboratório, e que será usado na etiqueta do produto, para um resultado mais próximo da realidade. Este tipo de “ajuste”, apesar de não ser ideal, é utilizado por outros países para simplificar os ensaios de consumo de energia. É o caso da União Europeia, com os refrigeradores residenciais, que não realiza o ensaio de processamento de carga e justifica a decisão porque realiza o ensaio de consumo a uma temperatura ambiente maior do que a temperatura média nas residências europeias.

Por estes motivos, recomenda-se adotar as condições de 32,2°C e 65% (classe CC2 na ISO 22044:2021). O único inconveniente é que, ao adotar estas condições para o ensaio de consumo de energia, não haveria harmonia com os países que utilizam a condição de 25°C e 60% UR. Cabe ressaltar ainda que à ISO 22044:2021 adota como condições de referência 25°C e 60% UR, de forma que o regulamento técnico deve deixar bem claro que o ensaio de energia é feito a 32,2°C e 65%.

C.2.2 Expositores Frigoríficos

A Pesquisa de Mercado realizada com os fabricantes durante o Projeto mostrou uma grande variedade nas condições ambientais utilizadas para o consumo de energia, já que quatro fabricantes que enviaram informações com condições diferentes: (27°C e 70% UR), (30°C e 55% UR), e (35°C e 75% UR). Para os expositores remotos, só um fabricante informou realizar os ensaios a 27°C e 70% UR.

¹⁶ Segundo o modelo matemático apresentado no Anexo D, um Refrigerador de Bebidas ensaiado no laboratório de acordo com a ISO 22044:2021 nas condições de 32,2°C e 65% consumiria aproximadamente de 36% a mais do que o mesmo aparelho ensaiado nas condições de 25°C e 60% (sem abertura de portas nem carga à temperatura ambiente).

Durante a Reunião do Grupo de Trabalho do dia 28 de abril de 2022, vários fabricantes defenderam a adoção da condição de 25°C e 60% UR, principalmente porque esta é a condição utilizada fora do Brasil. Na enquete da reunião realizada, 04 instituições votaram a favor da condição 25°C e 60% UR (03 fabricantes de refrigeradores e 01 de compressores), outras 03 votaram a favor da condição 32°C e 65% UR (02 deles, fabricantes de refrigeradores), e apenas uma votou a favor de 30°C e 55% UR. Porém, a condição de 32°C e 65% UR não aparece na ISO 23953-2.

Considerando as condições reais de funcionamento, as condições 25°C e 60% UR são representativas (em média) dos locais onde geralmente são instalados os expositores frigoríficos no Brasil, especialmente para os supermercados e outras lojas que em geral são climatizadas. Além disso, diferentemente da ISO 22044:2021 para Refrigeradores de Bebidas, a ISO 23953-2 para Expositores Frigoríficos considera a abertura de portas durante o consumo de energia, de forma que não é necessário realizar nenhum “ajuste”, como foi recomendado para os refrigeradores de bebidas.

Neste sentido, recomenda-se adotar 25°C e 60% como condições de referência para o consumo de energia dos expositores frigoríficos. Neste caso, aqueles fabricantes que desejem classificar o expositor para condições mais adversas podem fazer o ensaio específico de classe climática em uma classe mais rigorosa.

C.2.3 Conservadores para sorvetes

A Pesquisa de Mercado realizada com os fabricantes durante o Projeto mostrou que atualmente são utilizadas as condições de 32°C e 65% UR e 35°C 75% UR. Porém, durante a reunião do Grupo de Trabalho do dia 30 de junho de 2022 foi realizada uma enquete onde 71% votaram a favor de utilizar as condições de 30°C e 55% (12 votos de um total de 17), 24% escolheram 25°C e 60% UR, e 6% escolheram 35°C 75% UR.

Estas condições estão alinhadas com as condições utilizadas na União Europeia e Austrália, e também com as condições de referência para consumo de energia indicadas na norma ISO 22043:2020. A UE escolheu estas condições mais rigorosas que no caso dos expositores frigoríficos porque este tipo de conservador para sorvetes é usado normalmente em pequenas lojas, por vezes sem climatização, ou até na área externa destas.

Por estes motivos, recomenda-se utilizar as condições de 30°C e 55% como indicado na ISO 22043:2020. O fabricante, se assim quiser, pode decidir classificar o refrigerador para classe climática em condições ambientais mais adversas que as utilizadas no consumo de energia com o ensaio específico.

C.2.4 Congeladores Horizontais com Porta Cega

Até 2025 o novo regulamento técnico brasileiro para refrigeradores residenciais (Portaria Nº 332 de 02 de agosto de 2021) especifica a temperatura de ensaio para o consumo de energia a 32°C com a norma IEC 62552:2007. A partir de 2025, com a implementação da nova norma IEC 62552-1-2-3:2015+AMD1:2020, o ensaio de consumo de energia será realizado em duas temperaturas: 16°C e 32°C, para depois se

realizar uma interpolação e obter o consumo de energia na temperatura de referência, que será de 25°C.

Neste sentido, recomenda-se seguir os passos do congelador residencial a partir de 2025 e ensaiar a 16°C e 32°C. Cabe salientar que a umidade relativa não é especificada para o consumo de energia na IEC 62552-1-2-3:2015+AMD1:2020.

C.3 Classe de temperatura dos Congeladores Horizontais com Porta Cega

A IEC 62552-1-2-3:2015+AMD1:2020 contempla diferentes classes de temperatura para o compartimento de congelados, de 1 estrela (-6°C), 2 estrelas (-12°C), 3 estrelas (-18°C) ou 4 estrelas (-18°C). A diferença entre os compartimentos de 3 e 4 estrelas, é que o compartimento de 4 estrelas, além de garantir a temperatura de -18°C, também garante uma capacidade mínima de congelamento ensaiada segundo a norma IEC. Já, o compartimento de 3 estrelas, garante a temperatura de -18°C, mas não consegue chegar na capacidade de congelamento mínima indicada pela IEC. Segundo as definições da IEC, compartimentos de 3 e 4 estrelas podem ser chamados de compartimentos congeladores.

No caso do Brasil, o termo “Congelador” é adotado apenas para os compartimentos de 4 estrelas, enquanto os compartimentos de 3 estrelas ou inferior, são chamados de conservadores, já que não cumprem a função de “congelar” a uma velocidade mínima.

Neste caso, os congeladores comerciais horizontais contemplados para regulamento neste estudo, seriam aqueles que possuem todos os compartimentos para congelados (de 1 a 4 estrelas), dos quais pelo menos deve ser um compartimento de 3 ou 4 estrelas.

A equação de consumo padrão para este tipo de refrigerador, que é o mesmo que os congeladores residenciais, inclui um coeficiente compensatório que depende da temperatura dos compartimentos e sub-compartimentos, e que está dentro do cálculo do volume ajustado. Os valores deste coeficiente podem ser consultados na Portaria Nº 332, de 2 de agosto de 2021 do INMETRO.

Anexo D Variação do consumo de energia devido a mudanças nas condições ambientais

Este anexo apresenta o modelo matemático desenvolvido pela equipe do Projeto para quantificar as variações no consumo de energia quando há variações nas condições ambientais externas e internas do refrigerador comercial. Como todo modelo matemático, este modelo está baseado em premissas e, portanto, os resultados devem ser considerados como valores aproximados e não como valores exatos, que aconteceriam em uma mudança real das condições ambientais.

As seções D.1 e D.2 apresentam os resultados para a variação do consumo de energia devido a mudanças nas condições ambientais externas, e no compartimento (internas). Enquanto as seções D.3 e D.4 apresentam os detalhes do modelo matemático.

D.1 Variação do consumo por mudanças ambientais externas

Estes resultados são utilizados para se comparar dados de ensaio de laboratório a condições externas diferentes, e extrapolar MEPS que foram desenvolvidos para condições externas diferentes.

A variação do consumo depende da temperatura e da umidade relativa das duas condições sendo comparadas, além do tipo de refrigerador. A Tabela 22 mostra o aumento no consumo de energia para diferentes tipos de refrigeradores comerciais. A condição de referência é 25°C e 60% de umidade relativa.

Os dados foram comparados com os resultados experimentais da Tese de Doutorado de Gustavo [6], na qual os expositores frigoríficos verticais para resfriados fechados apresentaram um aumento no consumo de +11% quando passavam de 25°C e 60% UR à 27°C e 65% UR, e os expositores frigoríficos verticais para resfriados abertos, que têm um aumento no consumo de energia de +25% para as mesmas variações de condições externas. De forma que os resultados teóricos batem razoavelmente bem com os resultados experimentais de [6].

*Tabela 22 Variação no consumo de energia devido a mudanças nas condições externas
(Condição referência Condição 25°C e 60%)*

Tipo de refrigerador	Condição 27°C e 70%	Condição 30°C e 55%	Condição 32,2°C e 65%	Condição 35°C e 75%
Refrigerador de Bebidas (fechado sem abertura de portas)	+ 10%	+ 24%	+ 36%	+ 54%
Expositor Frigorífico Vertical para resfriados com porta transparente (abertura)	+11%	+ 26%	+ 40%	+ 61%
Expositor Frigorífico Vertical para congelados com porta transparente (abertura)	+ 7%	+ 15%	+ 23%	+ 35%
Expositor Frigorífico Vertical para resfriados aberto (sem cobertura noturna)	+ 25%	+ 36%	+ 69%	+ 127%
Expositor Frigorífico Vertical congelados aberto (sem cobertura noturna)	+ 15%	+ 22%	+ 43%	+ 73%
Expositor Frigorífico Horizontal para resfriados com porta transparente (abertura)	+ 11%	+ 25%	+ 40%	+ 61%
Expositor Frigorífico Horizontal para congelados com porta transparente (abertura)	+ 7%	+ 15%	+ 23%	+ 35%
Expositor Frigorífico Horizontal para resfriados aberto (sem cobertura noturna)	+ 21%	+ 34%	+ 63%	+ 106%
Expositor Frigorífico Horizontal congelados aberto (sem cobertura noturna)	+ 12%	+ 20%	+ 37%	+ 61%

D.2 Variação do consumo por mudanças de temperatura no compartimento

Estes resultados são utilizados para se analisar as variações no consumo de energia a diferentes temperaturas no compartimento e avaliar os valores utilizados pela União Europeia para os coeficientes compensatórios das classes de temperatura, fazendo recomendações para o Brasil, caso sejam necessárias.

Resultados do modelo matemático:

A variação do consumo entre duas condições no compartimento depende da temperatura e da umidade relativa das duas condições sendo comparadas, do tipo de refrigerador e das condições externas.

A Tabela 23 mostra o aumento no consumo de energia para diferentes tipos de refrigeradores comerciais em diferentes condições. Por exemplo, o refrigerador de bebidas apresenta uma variação de até + 34% no consumo de energia quando o compartimento passa de 5°C (condição de referência) a -1°C nas condições externas de 25°C e 60% UR, e de + 26% nas condições externas de 32,2°C e 65%.

Tabela 23 Variação no consumo de energia devido a mudanças nas condições de temperatura do compartimento

Tipo de refrigerador	Classe de Temp.	Temp. Média °C	Modelo 25°C e 60%	Modelo 32,2°C e 65%
Refrigerador de Bebidas (fechado sem abertura de portas)	K5**	-2,4	+ 43%	+ 33%
	K3	-1	+ 34%	+ 26%
	K2	2.5	+ 13%	+ 10%
	K1	3.5	+ 8%	+ 6%
	K4*	5	0%	0%
Expositor Frigorífico para resfriados com porta transparente (abertura)	M0	1.5	+ 7,9%	-
	M1	2	+ 5,2%	-
	M	2.5	+ 2,6%	-
	M2*	3	0,0%	-
	H2	4.5	- 7,5%	-
Expositor Frigorífico para congelados com porta transparente (abertura)	H1	5.5	- 12,3%	-
	L1*	-18	0,0%	-
	L2	-16	- 5,9%	-
Expositor Frigorífico para resfriados aberto (sem cobertura noturna)	L3	-15	- 8,8%	-
	M0	1.5	9,5%	-
	M1	2	+ 6,3%	-
	M	2.5	+ 3,1%	-
	M2*	3	0,0%	-
	H2	4.5	- 9,2%	-
Expositor Frigorífico para congelados aberto (sem cobertura noturna)	H1	5.5	- 15,3%	-
	L1*	-18	0,0%	-
	L2	-16	-6,6%	-
	L3	-15	-9,8%	-

*Classe de temperatura de referência

**Classe climática especial (adicionada, não aparece na ISO nem no regulamento da UE)

No caso dos expositores frigoríficos para resfriados, a temperatura de referência para o compartimento é de 3°C. As variações são maiores para os expositores abertos, que têm um aumento de + 29% no consumo quando passam da classe H1 (5.5°C) à M0 (1.5°C), enquanto os expositores fechados apresentam uma variação de + 23%. Estes resultados batem com os dados fornecidos pelos fabricantes durante a pesquisa de mercado, onde os expositores abertos apresentavam um aumento no consumo de energia de +30% quando passavam de 6°C a 0°C, e de +18% para os expositores fechados (condições de 27°C e 70%).

Proposta para os valores de coeficiente compensatório C no Brasil:

Os coeficientes compensatórios são utilizados para considerar as diferentes temperaturas do compartimento no cálculo do consumo padrão, e assim permitir um maior consumo nos MEPS e etiquetas de eficiência para temperaturas mais baixas no compartimento. Alguns países, como Austrália, não utilizam coeficientes compensatórios para simplificar, porém as variações no consumo devem ser consideradas para não limitar a entrada no mercado de refrigeradores com baixas temperaturas. Outros países, como os da União Europeia, utilizam coeficientes compensatórios.

Porém, a análise feita pela equipe do Projeto mostrou que os coeficientes da União Europeia estão subestimados no caso dos refrigeradores de bebidas, e superestimados no caso dos expositores frigoríficos verticais (ver Tabela 24).

Por exemplo, no expositor frigorífico vertical a EU aplica uma compensação de + 59% no consumo padrão quando passa da classe H1 (5.5°C) à M0 (1.5°C) (a UE não faz diferença entre aberto e fechado). Este valor é muito superior aos encontrados na análise feita pela equipe do Projeto e observados na pesquisa de mercado realizada com os fabricantes. A equipe do Projeto não encontrou nenhuma justificativa sobre o tratamento diferente dado aos expositores frigoríficos e os refrigeradores de bebidas nos estudos da União Europeia. Esta pergunta também foi enviada a um laboratório da União Europeia, que também não soube explicar o motivo da diferença.

Neste sentido, é proposto o uso de coeficientes diferentes dos da União Europeia, como indicado na Tabela 24.

Tabela 24 Variação no consumo de energia devido a mudanças nas condições de temperatura do compartimento

Tipo de refrigerador	Classe de Temp.	Temp. Média °C	Resultado Modelo	Coeficiente proposto Brasil	União Europeia Vert./Horiz. 25°C e 60%
Refrigerador de Bebidas (fechado sem abertura de portas) Cond: 32,2°C e 65%	K5**	-2,4	+ 33%	+ 25%	-
	K3	-1	+ 26%	+ 20%	+13%
	K2	2.5	+ 10%	+ 8%	+5%
	K1	3.5	+ 6%	+ 4%	+3%
	K4*	5	0%	0%	0%
Expositor Frigorífico para resfriados com porta transparente (abertura) Cond: 25°C e 60%	M0	1.5	+ 7,9%	+ 15%	+ 30% / +13%
	M1	2	+ 5,2%	+ 10%	+ 15% / +8%
	M	2.5	+ 2,6%	+ 5%	-
	M2*	3	0,0%	0,0%	0%
	H2	4.5	- 7,5%	- 8%	- 18% / -8%
Expositor Frigorífico para congelados com porta transparente (abertura) Cond: 25°C e 60%	H1	5.5	- 12,3%	- 15%	- 18% / -8%
	L1*	-18	0,0%	0,0%	0%
	L2	-16	- 5,9%	- 8%	- 10% / -8%
Expositor Frigorífico para resfriados aberto (sem cobertura noturna) Cond: 25°C e 60%	L3	-15	- 8,8%	- 8%	- 10% / -8%
	M0	1.5	+ 9,5%	+ 15%	+ 30% / +13%
	M1	2	+ 6,3%	+ 10%	+ 15% / +8%
	M	2.5	+ 3,1%	+ 5%	-
	M2*	3	0,0%	0,0%	0%
	H2	4.5	- 9,2%	- 8%	- 18% / -8%
Expositor Frigorífico para congelados aberto (sem cobertura noturna) Cond: 25°C e 60%	H1	5.5	- 15,3%	- 15%	- 18% / -8%
	L1*	-18	0,0%	0,0%	0%
	L2	-16	-6,6%	- 8%	- 10% / -8%
	L3	-15	-9,8%	- 8%	- 10% / -8%

*Classe de temperatura de referência

**Classe climática especial (adicionada, não aparece na ISO nem no regulamento da UE)

No caso dos refrigeradores de bebidas, os valores propostos são um pouco inferiores do que os calculados com o modelo matemático, para não se promover refrigeradores com temperaturas baixas. Mesmo assim, esses valores são maiores que na União Europeia. No caso dos expositores frigoríficos, os valores propostos são um pouco maiores do que os calculados com o modelo matemático, mas são maiores que na União Europeia. Além disso, os valores propostos são os mesmos para os verticais e horizontais, para simplificar o cálculo do consumo padrão.

Caso sejam realizados ensaios no futuro, para a ampliação do estudo, recomenda-se que também seja considerada a realização de ensaios em temperaturas diferentes do compartimento, para ajustar os coeficientes compensatórios, caso seja necessário.

D.3 Modelo: Consumo total de energia

O consumo total de energia de um refrigerador (W) pode ser dividido entre o consumo de energia que depende das condições ambientais, principalmente o consumo de energia devido ao sistema de refrigeração (W_{ref}), e o consumo de outros componentes que tem pouca variação no consumo com mudanças ambientais, como o consumo da iluminação (W_{fixo}). Nas equações abaixo, β refere-se à percentagem de consumo total devido ao sistema de refrigeração, e ε refere-se à percentagem do consumo total devido aos componentes que não tem variação no consumo com mudanças ambientais (ou que pode ser depreciado).

$$W = W_{ref} + W_{fixo}$$

$$W = (\beta + \varepsilon) \cdot W$$

As principais causas para o aumento do consumo de energia devido à mudança nas condições ambientais são:

- Aumento da temperatura de condensação
- Aumento da transferência de calor através da parede
- Aumento da transferência de calor por radiação
- Resfriamento extra por infiltração de ar

A Tabela 25 mostra os valores assumidos para β e ε . Estes valores foram baseados nos estudos de [6, 7, 8, 9 e 10]¹⁷. Para as diferentes configurações foi considerado o refrigerador com porta transparente e sem abertura de portas para o Refrigerador de Bebidas (a ISO 22044:2021 não considera abertura de portas), e para o Expositor Frigorífico tem a possibilidade de porta transparente com abertura de portas (abertura só durante 12 horas diurnas), e os abertos sem cobertura noturna. Os abertos possuem maior valor de consumo de refrigeração (β), devido à maior infiltração de ar.

¹⁷ Os valores dos estudos analisados são diferentes entre si, já que pode depender muito das características de cada refrigerador, como tipo de iluminação, degelo, etc. Além disso, é difícil considerar que percentagem de consumo de energia não será afetado por variações nas condições ambientais.

Tabela 25 Valores para o parâmetro do consumo fixo com mudanças nas condições ambientais (ϵ), e para o parâmetro do consumo variável com mudanças nas condições ambientais (β)

Tipo de refrigerador	Valor de β	Valor de ϵ
Refrigerador de Bebidas (fechado sem abertura de portas)	70%	30%
Expositor Frigorífico Vertical para resfriados com porta transparente (abertura)	75%	25%
Expositor Frigorífico Vertical para resfriados aberto (sem cobertura noturna)	93%	7%
Expositor Frigorífico Horizontal para resfriados com porta transparente (abertura)	80%	20%
Expositor Frigorífico Horizontal para resfriados aberto (sem cobertura noturna)	91%	9%

D.4 Modelo: Variação no consumo de energia por mudanças nas condições ambientais

Levando em consideração a premissa de que as mudanças ambientais afetam principalmente a W_{ref} , a relação do consumo de energia nas condições ambientais A com respeito ao consumo de energia em nas condições ambientais B, pode escrever-se como:

$$W_A = \alpha \cdot \beta \cdot W_B + \epsilon \cdot W_B = (\alpha \cdot \beta + \epsilon) \cdot W_B$$

Onde α é a variação no consumo de energia de refrigeração devido à variação das condições ambientais.

O consumo de energia (W_{ref}) em um sistema de refrigeração considerando uma eficiência de Carnnot entre as temperaturas de evaporação (T_{evap}) e condensação (T_{cond}) pode ser escrito como

$$W_{ref} = \frac{Q \cdot (T_{cond} - T_{evap})}{T_{evap}}$$

Considerando também as seguintes premissas quando há mudanças nas condições ambientais:

- ΔT entre temperatura ambiente e condensação = 15 K
- ΔT entre temperatura do compartimento e temperatura de evaporação = 15K
- A variação da temperatura ambiental externa induz a mesma variação na temperatura de condensação
- A variação da temperatura ambiental interna (no compartimento) induz a mesma variação na temperatura de evaporação

Considerando estas premissas, a mudança teórica do consumo de energia (W_{ref}) quando há uma mudança das condições ambientais B a outras condições A, pode ser calculada como:

$$W_{ref,A} = \alpha \cdot W_{ref,B} = \frac{Q_A}{Q_B} \cdot \frac{T_{evap,B} \times (T_{cond,A} - T_{evap,A})}{T_{evap,A} \times (T_{cond,B} - T_{evap,B})} \cdot W_{ref,B}$$

As temperaturas de evaporação e condensação dependem das condições e das premissas adotadas. Enquanto a capacidade de resfriamento (Q) depende principalmente¹⁸ das perdas de calor através das paredes e portas (Q_{par}), e da infiltração de ar (Q_{ar}).

$$Q = Q_{par} + Q_{ar}$$

$$Q_{par,B} = \theta \cdot Q_B ; Q_{air,B} = \varphi \cdot Q_B$$

Onde θ e φ representam a porção dos diferentes componentes de demanda de resfriamento (parede e ar) nas condições de referência B. Os valores para estes parâmetros foram baseados na literatura [6, 7, 8, 9 e 10]. A Tabela 26 mostra os valores assumidos para θ e φ . De acordo com a literatura, a infiltração de ar em expositores abertos é responsável por 67% a 81% da carga térmica, sendo que para este estudo é assumido um valor de 75%. Para unidades fechadas, a abertura da porta é considerada a responsável por 6% da carga térmica (permanecendo fechada durante a noite) e outros 6% são considerados para a infiltração através das aberturas das portas.

Nesse sentido, a capacidade de resfriamento nas condições A em função da capacidade de resfriamento nas condições B pode ser escrita como:

$$Q_A = (\delta \cdot \theta + \sigma \cdot \varphi) \cdot Q_B$$

Onde os parâmetros δ e σ representam o aumento da demanda ao atingir da condição B (referência) para a condição A pelo aumento de perdas de calor através das paredes e portas e infiltração de ar respectivamente.

Tabela 26 Valores para o parâmetro da carga nas paredes e porta (θ), e o parâmetro da carga por infiltração de ar (φ)

Tipo de refrigerador	Valor de θ	Valor de φ
Refrigerador de Bebidas (fechado sem abertura de portas)	94%	6%
Expositor Frigorífico para resfriados com porta transparente (abertura)	88%	12%
Expositor Frigorífico para resfriados aberto (sem cobertura noturna)	25%	75%
Expositor Frigorífico Horizontal para resfriados com porta transparente (abertura)	85%	15%
Expositor Frigorífico Horizontal para resfriados aberto (sem cobertura noturna)	50%	50%

¹⁸ Existem outros fenômenos que também afetam a capacidade de resfriamento (Q), como o calor por radiação, que não é considerado no cálculo de .

As perdas pelas paredes podem ser calculadas como:

$$Q_{par} = \frac{(T_{amb} - T_{comp})}{R}$$

Onde R é a resistência térmica devido à convecção e condução, T_{amb} é a temperatura do ambiente fora do refrigerador, e T_{comp} é a temperatura do compartimento (dentro do refrigerador).

Se assumimos que a resistência térmica (R) não muda com a variação de temperaturas, podemos escrever:

$$Q_{par,A} = \delta \cdot Q_{par,B} = \frac{(T_{amb,A} - T_{comp,A})}{(T_{amb,B} - T_{comp,B})} \cdot Q_{par,B}$$

No caso da infiltração de ar, o principal motivo pela demanda de resfriamento é devido às aberturas de portas ou a perda de ar nos expositores abertos. Nesse sentido, a mudança na demanda de resfriamento (sensível e latente) dependerá da mudança da entalpia (h) entre as condições A e B da seguinte forma:

$$Q_{ar,A} = \sigma \cdot Q_{ar,B} = \frac{(h_{ar,amb,A} - h_{ar,comp,A})}{(h_{ar,amb,B} - h_{ar,comp,B})} \cdot Q_{ar,B}$$

Aplicando as equações e suposições, pode-se calcular o efeito das mudanças nas condições ambientais, e mudanças nas temperaturas do compartimento.

Anexo E Proposta de Agenda para Implementação

Este anexo apresenta uma proposta de agenda para a implementação de MEPS e etiquetas para os refrigeradores comerciais, com base nos estudos e discussões realizados durante o projeto GCF, sendo a última atualização após a reunião presencial do Grupo de Trabalho (PWG) em junho de 2023.

Durante a reunião presencial realizada em junho de 2023, todos os participantes, incluindo representantes de instituições governamentais e da indústria, manifestaram interesse em aproveitar o trabalho realizado durante este projeto preparatório, e concordaram que é importante definir os próximos passos necessários para iniciar o processo regulatório dos refrigeradores comerciais, levando em consideração o tempo necessário para que a indústria se prepare adequadamente para a implementação das políticas.

Observa-se, no entanto, que, a despeito do interesse das diferentes partes interessadas, a regulamentação dos refrigeradores comerciais ainda não está inserida na agenda regulatória do INMETRO para os próximos anos (informação de junho de 2023). Apesar de ser o Ministério de Minas e Energia o órgão encarregado da implementação dos MEPS, são os regulamentos técnicos estabelecidos pelo INMETRO que fornecem os parâmetros para os cálculos de eficiência energética e os requisitos da avaliação da conformidade, essenciais para garantir o cumprimento dos MEPS. Assim, os regulamentos técnicos do INMETRO são imprescindíveis para a correta implementação das etiquetas de eficiência energética, os MEPS e o Selo PROCEL.

Durante a reunião, este assunto foi debatido e foi unânime a visão do PWG de que o momento é o mais adequado para que o INMETRO considere colocar a regulamentação dos refrigeradores comerciais em sua agenda regulatória, de forma a aproveitar o engajamento das diferentes partes interessadas, alcançado durante o projeto. O objetivo é se beneficiar do impacto dos regulamentos técnicos o mais brevemente possível, porém deixando o tempo necessário para que a indústria se prepare para a implementação.

Os representantes da indústria que participaram do PWG destacaram mais uma vez a necessidade de o governo definir a agenda regulatória de forma bem transparente, e dar a conhecer os requisitos técnicos do regulamento o mais breve possível, visto que não poderão realizar investimentos para se preparar para cumprir o regulamento até conhecer de fato os seus requisitos.

A Figura 1 mostra uma proposta de agenda de implementação dos regulamentos técnicos de eficiência energética de Refrigeradores Comerciais, considerando no escopo os tipos de refrigeradores comerciais que foram discutidos durante o projeto: Refrigeradores de Bebidas, Expositores Frigoríficos (remotos e integrais) e os Conservadores para Sorvetes (as datas são orientativas, e dependeram do andamento

da regulamentação). Propõe-se que as métricas de cálculo e condições de ensaio do rascunho do regulamento técnico estejam baseadas nas discussões e recomendações do projeto. Para o caso do fluxo de ar da sala de ensaios, a decisão para os Refrigeradores de Bebidas dependerá dos resultados dos ensaios no CEPTEL. Para os Expositores Frigoríficos, fluxo horizontal), porém se recomenda que a consulta pública seja de no mínimo 6 meses, ou de até 12 meses, para que os fabricantes possam argumentar sobre alterações no rascunho do regulamento técnico, com a realização de ensaios caso necessário.

Após o tempo de consulta pública, e uma vez aprovado o regulamento final, recomenda-se um período de no mínimo 2 anos até a entrada em vigor do regulamento técnico, para dar tempo suficiente aos fabricantes para preparar os laboratórios e realizar os ensaios necessários (durante a reunião foi indicado que só para os tramites de acreditação de laboratório, o tempo médio é de 6 meses).

Recomenda-se ainda que o regulamento técnico inclua os requisitos da etiqueta, já que mesmo não conhecendo com precisão como serão classificados todos os modelos brasileiros, poder-se-á ter uma ideia a partir dos resultados do projeto, e o impacto na indústria da etiqueta é menor que o dos MEPS, já que nenhum modelo é retirado do mercado pela etiqueta. Uma alternativa seria implementar o regulamento técnico com o requisito único de informar sobre o consumo de energia e nível de eficiência energética, e definir os níveis da etiqueta um ano após a obtenção de mais dados de qualidade.

No caso dos MEPS, recomenda-se que sejam estipulados a partir dos dados do primeiro ano do regulamento técnico. Deste modo, os MEPS podem ser ajustados com base em dados de qualidade, conhecendo com maior precisão o impacto real dos MEPS na indústria nacional, os quais recomenda-se que sejam implementados em duas etapas para poder marcar objetivos ambiciosos, porém deixando tempo suficiente à indústria para se preparar. Deste modo, os fabricantes terão mais de 7 anos desde a publicação do regulamento até a efetiva implementação de MEPS mais ambiciosos. Mesmo que os MEPS sejam publicados depois da entrada em vigor do regulamento técnico, recomenda-se que o MME emita uma nota informativa sobre a intenção de implementar MEPS nos próximos anos, assim os fabricantes podem começar a se preparar desde já.

	Ano 2023				Ano 2024				Ano 2025				Ano 2026				Ano 2027				Ano 2028				Ano 2029				Ano 2030				Ano 2032							
	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04				
Regulamento Técnico INMETRO																																								
Inclusão do regulamento técnico na agenda regulatória do INMETRO																																								
Elaboração da proposta do regulamento técnico com o correspondente AIR																																								
Consulta Pública do Regulamento Técnico																																								
Publicação do Regulamento Técnico																																								
Tempo para que a indústria e os laboratórios se preparem para a implementação																																								
Entrada em vigor do Regulamento Técnico																																								
Implementação dos MEPS pelo MME																																								
Nota informativa sobre a intenção de regulamentar os MEPS (linha de tempo aproximada)																																								
Elaboração do AIR com base nos dados coletados durante o primeiro ano de implementação do RT																																								
Consulta Pública dos MEPS																																								
Publicação dos MEPS (duas etapas)																																								
Entrada em vigor da etapa 1																																								
Entrada em vigor da etapa 2																																								
Implementação do Selo PROCEL																																								
Estudo de mercado com base nos dados coletados durante o primeiro ano de implementação do RT																																								
Elaboração dos Requisitos para a obtenção do Selo PROCEL e publicação																																								
Implementação do Selo PROCEL																																								

Figura 14 Proposta de agenda de implementação dos regulamentos técnicos de eficiência energética para Refrigeradores Comerciais